Future Energy Lab

klimakommune.digital

KLIMAKOMMUNE.DIGITAL

Abschlussbericht 2025

Ein Projekt der

dena

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 30 66 777-0
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de
www.future-energy-lab.de

Autorinnen und Autoren:
Benedikt Pulvermüller
Anna Poblocka-Diraks
Anika Lange
Maximilian Scholz
Simon Kieweg
Felina Wittmaack Chantarakiri

Erstellt mit freundlicher Unterstützung der Deloitte Consulting GmbH.

Konzeption & Gestaltung:
Heimrich & Hannot GmbH

Bildnachweise:
S. 11 – dena, eigene Darstellung; S. 14 – dena, eigene Darstellung; S. 15 – dena, eigene Darstellung; S. 18 – dena, eigene Darstellung; S. 20 – Stadt Hagen; S. 23 – Smart City Solutions GmbH; S. 24 – Vilisto GmbH; S. 24 – Smart City Solutions GmbH; S. 29 – Agvolution GmbH; S. 29 – Breeze Technologies UG; S. 31 – Screenshot: dashboard.udp.hagen.de; S. 31 – Screenshot: dashboard.udp.hagen.de; S. 32 – Screenshot: dashboard.udp.hagen.de; S. 34 – dena, eigene Darstellung

Stand:
04/2026

KI-Hinweis:
Die Inhalte dieser Publikation wurden von Menschen ausgearbeitet und geprüft. Bei der Erstellung wurde für die folgenden Anwendungen KI verwendet: Kürzen und Zusammenfassen von Inhalten, sprachliches Optimieren, Formulieren von Alternativtexten.

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Zitierhinweis:
Deutsche Energie-Agentur (dena, 2026): Abschlussbericht 2025 – klimakommune.digital. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Executive Summary

Das Projekt klimakommune.digital der dena – Deutsche Energie-Agentur im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) hat sich zum Ziel gesetzt, die Messung und Bereitstellung kommunaler Energieverbräuche und CO_2-Emissionsdaten durch Digitalisierung zu verbessern und so Klimaschutzmaßnahmen gezielter planen und umsetzen zu können. In einem mehrstufigen Wettbewerb wurde die Stadt Hagen ausgewählt, um zu zeigen, wie dies konkret umgesetzt werden kann.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden zusammen mit der Stadt Hagen unterschiedliche Sektoren und Bereiche ermittelt, in denen Sensoren zur Datenerhebung eingesetzt wie auch Maßnahmen zur Reduktion von CO_2 evaluiert wurden. Der Fokus lag dabei auf den Sektoren Verkehr, Gebäude, Industrie und Wärme sowie in dem Bereich Klimafolgenanpassung.

Das Projekt hat gezeigt, dass Einsparpotenziale sehr individuell sind. Dies gilt insbesondere für die teilnehmenden Industrieunternehmen, aber auch für die Bereiche Gebäude und Verkehr der Stadt Hagen. Im Projekt konnten jedoch in allen Sektoren wesentliche Einsparpotenziale durch die Digitalisierung identifiziert werden.

Bei den Industrieunternehmen konnte gezeigt werden, dass beispielsweise allein durch eine gezielte Einsatzplanung von Maschinen bei einem Unternehmen eine Kosteneinsparung von bis zu 82.000 Euro bzw. 179,53 t CO_2 pro Jahr möglich ist. Weitere Einsparpotenziale konnten hier im Bereich der Prozessoptimierung und der Spitzenlastverschiebung bzw. -vermeidung ausgemacht werden.

Im Bereich Verkehr wurde durch eine Modellierung gezeigt, dass durch eine optimierte Verkehrsflusssteuerung 84,15 t CO_2/a eingespart werden können. Weitere Einsparpotenziale wurden hier durch die Stärkung des Umweltverbundes, ein verbessertes Parkleitsystem und eine intelligente Routenplanung der Abfallentsorgung erkannt.

Im Bereich Gebäude wurde ein Einsparpotenzial von ca. 25 % der benötigten Heizenergie durch intelligente Raumtemperaturregelung identifiziert. Auch ohne Raumtemperaturregelung können durch die Digitalisierung Hausverbräuche optimiert und so Einsparpotenziale gehoben werden. Weitere Einsparmöglichkeiten liegen in zielgenauer energetischer Gebäudesanierung, Reduktion von Zählerablesungen sowie Vermeidung von Leckagen und illegalen Entnahmen. Im vorliegenden Fall lassen sich beispielsweise ca. 1.000 Euro pro Schacht und Jahr durch entfallende manuelle Ablesung durch externe Firmen einsparen.

Um dies zu erreichen, wurde im Rahmen des Projekts Sensorik installiert und die gewonnenen Daten in einer Urban Data Platform zusammengeführt, um sie zu evaluieren.

Im Sektor Verkehr werden auf einer Kernverkehrsstrecke in Hagen der Verkehr und die CO_2-Konzentration gemessen, die Belegung mehrerer Parkplätze wird detektiert und Füllstände von Abfallbehältern und Depotcontainern werden überwacht. Dazu wurden 350 Sensoren installiert. Zudem wurde auf Basis der Verkehrsmessdaten eine Verkehrssimulation entwickelt, mit der szenarienbasierte Auskünfte über CO_2-Einsparpotenziale abgeleitet und wichtige Erkenntnisse für eine intelligente Verkehrssteuerung gewonnen werden können.

Im Sektor Gebäude wurden die Messung der Energieverbräuche (Gas, Wasser, Wärme, Strom) aller kommunalen Gebäude der Stadt Hagen sowie ein Teil der städtischen Schachtwasserzähler digitalisiert und es wurde ein Energiemanagementsystem (EMS) zur Überwachung der Daten eingeführt. Zudem wurde das Rathaus Hohenlimburg mit Smart-Building-Sensorik ausgestattet und die Zähler der Fachhochschule Südwestfalen wurden digitalisiert. Insgesamt wurden hierzu über 2.000 Sensoren installiert.

Im Sektor Industrie war das Ziel, energieintensive Unternehmen dafür zu gewinnen, ihre großen Energieverbraucher zu identifizieren und sie mit digitalen Messungen auszustatten. Insgesamt wurden 158 Sensoren bei drei lokalen, energieintensiven Industrieunternehmen installiert und jeweils eine Energiemanagementsoftware eingerichtet. Im Anschluss wurden die Unternehmen im Rahmen von Schulungen in die Software eingeführt und für Dekarbonisierungs- und Einsparmaßnahmen sensibilisiert.

Im Projektverlauf wurde zusätzlich der Bereich Klimafolgenanpassung in das Projekt mit einbezogen, unter anderem auch durch den Austausch mit Bürgerinnen und Bürgern. Damit betrachtet das Projekt auch die Herausforderungen, die durch den Klimawandel und die damit verbundene Zunahme von Naturkatastrophen entstehen, um diesen wirksam zu begegnen. Hier wurden 31 Waldbrandsensoren zur Überwachung von ca. 13 Quadratkilometern Wald/Forstfläche installiert und 9 Pegelmesssensoren für das Monitoring von Fließgewässern eingerichtet. Zudem wurden insgesamt 30 Stadtbäume mit Bodenfeuchtesensoren ausgestattet.

Ein weiterer zentraler Bestandteil des Projekts ist die Entwicklung einer für die Öffentlichkeit zugänglichen kommunalen Datenplattform. Die sogenannte Urban Data Platform (UDP) wurde im Rahmen des Projekts aufgebaut und greift auf die in diesem erhobenen Daten, aber auch viele weitere Daten der Stadt zu. Bürgerinnen und Bürger können nun über unterschiedliche Dashboards Datenerhebungen und Datenvisualisierungen aus den verschiedenen Sektoren betrachten. Für die Stadt bietet sich so die Möglichkeit, sukzessive alle städtischen Daten in die UDP einzubinden und diese miteinander zu verknüpfen und auszuwerten.

Um die Übertragbarkeit der Projektergebnisse und -erkenntnisse sicherzustellen, wurde zum einen ein Schwerpunkt auf die Kommunikation gelegt wie auch eine wissenschaftliche Begleitforschung beauftragt. Im Rahmen des entwickelten Kommunikationskonzeptes wurden das Projekt und die Marke klimakommune.digital auf Messen und Events mit Vorträgen und Diskussionen sowie in direkten Austauschen insbesondere Städten und Kommunen vorgestellt. Die wissenschaftliche Begleitforschung entwickelte u. a. Handlungsempfehlungen für nachnutzende Kommunen, die sich in die folgenden Themenfelder unterteilen: Projektentwicklung und Zielerreichung, Ausstattung in den Sektoren, Datenmessung und Ausblick, Herausforderungen und Erkenntnisse, Übertragbarkeit, Akzeptanz und Wahrnehmung, Maßnahmen zur Senkung der CO_2-Emissionen sowie weitere Anmerkungen zur Projektumsetzung.

Dieser Abschlussbericht zeigt, welche Ziele mit dem Projekt in den einzelnen Sektoren erreicht wurden, sowie die identifizierten Handlungsempfehlungen für interessierte nachnutzende Kommunen. Insgesamt hat die klimakommune.digital wichtige Impulse für die praktische Umsetzung von Energie- und Klimapolitik gesetzt. Die Projektergebnisse zeigen, wie sich Digitalisierung, Energiewende und Klimaschutz miteinander verzahnen und dadurch beschleunigen lassen. Am Beispiel der Stadt Hagen hat das Projekt exemplarisch gezeigt, welche Potenziale die Digitalisierung für den Klimaschutz, aber auch die Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern bietet. Gleichzeitig macht es deutlich, welche Voraussetzungen in Kommunen erfüllt werden müssen, um datenbasierte Innovationen effizient einzuführen und sinnvoll sowie nachhaltig zu nutzen. Damit kann das Projekt als Orientierungspunkt und Modell für andere Kommunen dienen und unterstützt mit seinem Baukasten den Weg hin zu widerstandsfähigen und klimaneutralen Kommunen in Deutschland. Der Baukasten ist eine Sammlung von Lessons Learned, Best und Worst Practices, die im Rahmen des Projekts zusammengetragen und aufbereitet wurden. Die Inhalte werden Interessierten kostenfrei auf der Seite der klimakommune.digital zur Verfügung gestellt.

Die wichtigsten Erkenntnisse des Projekts sind:

1. Die Nutzung digitaler Werkzeuge wie moderner Messeinrichtungen und Sensorik, EMS und einer kommunalen Datenplattform (UDP) stellt für Kommunen einen entscheidenden Hebel dar. Sie ermöglicht die Erhebung, anschließende Analyse und zuletzt Visualisierung sektorenübergreifender Daten und schafft damit die Grundlage für die datengestützte Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen. So konnten durch die aus den Projektergebnissen abgeleiteten Maßnahmen in allen Sektoren wesentliche individuelle Einspar- und Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Im Sektor Verkehr ermöglicht beispielsweise die Verkehrsflusssteuerung eine Reduktion der CO_2-Emissionen durch an Ampeln haltende Autos. Im Sektor Gebäude können erhebliche Energiekosten und CO_2-Emissionen u. a. durch die Einführung einer intelligenten, anwesenheitsbasierten Raumtemperatursteuerung erzielt werden. Die bei verschiedenen lokalen Unternehmen installierten Sensoren im Sektor Industrie erlauben z. B. Emissionsreduktionen durch Spitzenlastverschiebungen oder -vermeidungen.

2. Das Projekt hat für die Digitalisierung der Energieverbräuche umfangreiche Erfahrungswerte gesammelt, analysiert und aufbereitet. Der daraus erstellte Baukasten ermöglicht es anderen Kommunen, dieses Potenzial zu nutzen und die Digitalisierung von Energieverbräuchen, die Verknüpfung der Daten mit anderen Sektoren und die Einsparmaßnahmen umzusetzen. Die dena hat nun die Herausforderung, dieses Potenzial zu nutzen, indem im Folgeprojekt Plattform klimakommune.digital das aufgebaute Wissen in die Breite gebracht wird. Dazu wird die dena die Ergebnisse und den Baukasten weiter breit präsentieren, aktiv auf Kommunen zugehen und diese beraten sowie Multiplikatoren wie beispielsweise Landesenergieagenturen nutzen, um kommunale Akteure anzusprechen.

3. Das Projekt hat gezeigt, dass neben der reinen Implementierung von Technologien die Organisation und Zusammenarbeit beim Aufbau und Einsatz digitaler Lösungen zur Verbesserung des Klimaschutzes von großer Bedeutung sind. Eine enge Koordination zwischen Verwaltung, Stadtwerken, regionaler Wirtschaft und Dienstleistern – wie sie in Hagen umgesetzt wurde – ist anspruchsvoll, aber entscheidend für nachhaltige und zukunftsfähige Ergebnisse. Die eingeführten Formate wie thematische Arbeitsgruppen und separate Workstreams sowie feste Ansprechpartner sind eine wichtige Grundlage für einen erfolgreichen Rollout von Digitalisierungsmaßnahmen.

4. Eine wichtige Rolle für die nachhaltige Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen spielt die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung. Die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern im Projekt im Rahmen der Durchführung der drei Bürgerbefragungen hat gezeigt, dass es ein ausgeprägtes Bewusstsein für einzelne Themen, wie beispielsweise Verkehr und Mobilität, innerhalb der Bevölkerung gibt. Diese Sensitivität gilt es bei der Projektumsetzung zu beachten, um eine breite Zustimmung der Bevölkerung für Klimaschutzmaßnahmen zu erhalten. Die transparente Bereitstellung stärkt dabei die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger.

5. Nach Projektabschluss besteht die Aufgabe der Stadt Hagen nun darin, die über die Projektlaufzeit erzielten CO_2-Einsparungen langfristig zu erhalten und weitere durch die aufgebaute Dateninfrastruktur identifizierte Potenziale durch zusätzliche Dekarbonisierungsmaßnahmen zu heben. Dazu gehört, die entwickelten Ansätze und eingeführten Technologien dauerhaft zu etablieren, organisatorisch zu verankern und in bestehende Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren.

Inhalt

Impressum **2**

Executive Summary **3**

1. Einleitung **7**

2. Projektaufbau und -entwicklung **10**

2.1 Strategischer Rahmen 10

2.2 Projektstruktur und -organisation 12

2.3 Projektentwicklung 16

3. Angewandte Methoden zur Zielerreichung **18**

3.1 Interne Perspektiven 18

3.2 Externe Perspektiven 19

4. Zielerreichung in den Projektbereichen **21**

4.1 Sektor Verkehr 21

4.2 Sektor Gebäude 23

4.3 Sektor Industrie 27

4.4 Sektor Wärme 30

4.5 Klimafolgenanpassung 31

4.6 Urban Data Platform (UDP) 33

4.7 Kommunikation 36

5. Handlungsempfehlungen **39**

6. Ausblick **42**

7. Fazit **43**

8. Anhang **45**

8.1 Abkürzungsverzeichnis 45

8.2 Abbildungsverzeichnis 46

8.3 Tabellenverzeichnis 47

1. Einleitung

Mit der klimakommune.digital hat die dena – Deutsche Energie-Agentur, beauftragt und finanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), ein Projekt ausgerufen, das die automatisierte Erhebung von Energie- und Kohlenstoffdioxid-Daten (CO_2) in Kommunen zum zentralen Betrachtungsgegenstand macht. Mit einer besseren, verlässlicheren Datengrundlage können Kommunen effizientere und zielgerichtete Klimaschutzmaßnahmen ergreifen und so einen wichtigen Beitrag zum Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels leisten. Gleichzeitig erfordert dies eine entsprechende Dateninfrastruktur, die in vielen Kommunen aufgebaut werden muss. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse bieten somit eine wichtige Grundlage für weitere Kommunen, wie Datenerhebungen auf kommunaler Ebene implementiert und datengestützte Dekarbonisierungsmaßnahmen ergriffen werden können. Die klimakommune.digital und die Übertragbarkeit ihrer Projektergebnisse dienen somit für andere Kommunen als deutschlandweiter Leuchtturm. Das Vorhaben wurde zusammen mit einem von der Stadt Hagen angeführten Projektkonsortium in Hagen durchgeführt.

Vision, Ausgangslage und Ziele

Die Vision des Projekts „klimakommune.digital – Der Baukasten für Stadt, Daten und Klima“ war es, durch digitale Technologien und datenbasierte Ansätze die kommunale Klimapolitik nachhaltig zu stärken. Mit einem übertragbaren, modularen Baukasten ist mit dem Projekt eine Grundlage geschaffen worden, die es Kommunen ermöglicht, ihre CO_2-Emissionen transparent und effizient zu erfassen, datenbasierte Entscheidungen zu treffen und somit die Energiewende aktiv mitzugestalten. Auf der Basis der Erfahrungen dieses Projekts sollen andere Kommunen dazu befähigt werden, als zentrale Akteure bei der Erreichung nationaler Klimaschutzziele zu agieren, datengetriebene Lösungen eigenständig umzusetzen und so einen messbaren Beitrag zur Dekarbonisierung zu leisten.

Bislang verfügen Städte und Kommunen über eine weitgehend unzureichende Datenbasis hinsichtlich der Energieverbräuche und CO_2-Emissionen. Sie haben meist weder standardisierte Software noch ausreichende personelle Ressourcen zur Erfassung, Analyse und Bereitstellung von Verbrauchs- und Emissionsdaten. Die COVID-19-Pandemie hat zudem verdeutlicht, wie essenziell verlässliche und verständlich aufbereitete Daten für politische Entscheidungen und gesellschaftliche Akzeptanz sind. Gleichzeitig fehlen Anreizmechanismen zur Verbesserung der Datenqualität und -verfügbarkeit. Dies war die Ausgangslage zum Projektstart. Vor diesem Hintergrund hat das Projekt einen datengetriebenen Ansatz entwickelt, der Kommunen befähigt, ihre Klimaschutzmaßnahmen auf eine solide Datenbasis als Bewertungs- und Entscheidungsgrundlage zu stellen.

Das BMWE hat die dena mit der Umsetzung des Projekts beauftragt. Ursprünglich für den Zeitraum 2021 bis 2024 geplant, wurde das Projekt insbesondere aufgrund von Verzögerungen durch die Coronapandemie in das Jahr 2025 verlängert. Im Rahmen des Projekts wurden Mittel zur Verfügung gestellt, um die Stadt Hagen und beteiligte Partner mit Hard- und Software auszustatten. Das Projekt ist Teil des **Future Energy Lab** der dena, der zentralen Anlaufstelle, um die Digitalisierung des Energiesektors als wichtigen Pfeiler der Transformation des Energiesystems durch Pilotprojekte, Wissensaustausch und Vernetzung voranzubringen.

Projektkontext

Das Projekt klimakommune.digital knüpft unmittelbar an die Erkenntnisse des Vorprojekts CO_2-Datendemonstrator des Future Energy Lab an. Dieses Projekt hatte empirisch gezeigt, dass die kommunale Datenlage zu CO_2-Emissionen unzureichend ist: Daten sind oft lückenhaft und schwer vergleichbar und ihre Erhebung verursacht einen hohen Aufwand. Gleichzeitig wurde deutlich, dass eine fehlende digitale Infrastruktur, eine geringe Datenkompetenz und komplexe Akteursstrukturen die Umsetzung wirksamer Klimaschutzmaßnahmen hemmen. Aus diesen Befunden ergab sich die Notwendigkeit, einen übertragbaren Ansatz zu entwickeln, der Datenverfügbarkeit, -qualität und -nutzung verbessert. Die klimakommune.digital adressiert diese Herausforderungen durch das Zusammenspiel sektorenübergreifender Sensorik und einer kommunalen Datenplattform.

Das Projekt ist ein Pionierprojekt im Energiesektor für die Digitalisierung in Kommunen. Gleichzeitig ist es Teil einer Reihe von Digitalisierungsprojekten für Kommunen in anderen Sektoren ein, wie z. B. die Modellprojekte Smart Cities (MPSC) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen im Gebäudesektor, das Programm zur Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme (DkV) des Bundesverkehrsministeriums im Sektor Verkehr oder das Onlinezugangsgesetz (OZG) des Bundes im Bereich Verwaltung. Dies zeigt, dass der Digitalisierung im kommunalen Umfeld nicht nur im Energiesektor, sondern insgesamt eine große Bedeutung beigemessen wird.

Auswahl der Kommune

Zu Projektbeginn konnten sich Städte und Kommunen als Modellkommune bewerben. Die Auswahl der Stadt Hagen erfolgte in einem mehrstufigen Verfahren im Zuge einer bundesweiten Ausschreibung. Aus der Vorauswahl wurden drei Kommunen in Vor-Ort-Begutachtungen geprüft, eine Begutachtung wurde pandemiebedingt virtuell durchgeführt. Ausschlaggebend für die Entscheidung zugunsten der Stadt Hagen waren mehrere Gründe: Die bestehende mustergültige technische Infrastruktur und Expertise boten eine gute Grundlage für die Ableitung von Use Cases. Ein ganzheitlicher Ansatz zur Projektumsetzung und das große Engagement der Stadtverwaltung sowie die bereits zugesagte breite Einbindung von Projektpartnern in das Projektkonsortium waren weitere überzeugende Argumente. Zuletzt bot die Stadt Hagen eine gute Repräsentativität für potenzielle nachnutzende Kommunen.

Ziel und Zweck der wissenschaftlichen Begleitung

Die Umsetzung der Projektziele wurde parallel flankiert von der wissenschaftlichen Begleitforschung. Die wissenschaftliche Begleitung des Projekts stellte sicher, dass die entwickelten Lösungen methodisch fundiert sind und die Ergebnisse auf andere Kommunen übertragen werden können. Sie umfasste die Erstellung von jährlichen Zwischenberichten, die Durchführung von Bürgerbefragungen und die beratende Unterstützung bei der technischen Implementierung. Zudem wurden in regelmäßigen Abständen interne Lessons Learned und externe Handlungsempfehlungen abgeleitet, die den weiteren Projektverlauf prägten und in Zukunft interessierten Kommunen als Orientierung dienen können.

Die final zusammengefassten Erkenntnisse aus dem Projekt werden in den folgenden Dokumenten dargestellt:

1. Die Auswertung des Verlaufs und der Ergebnisse zum Ende des Projekts in diesem Abschlussbericht

2. Eine umfangreiche Zusammenstellung aller Erfahrungen, Ergebnisse und Handlungsempfehlungen in einem für andere Kommunen modular nutzbaren Baukastenformat (ein zentrales Baukastendokument mit sektoralen Leitfäden)

Dabei befruchten sich die beiden Ergebnisdokumente gegenseitig, sodass der vorliegende Abschlussbericht an vereinzelten Stellen die Baukastendokumente referenziert. Gleichzeitig werden die im Folgenden erarbeiteten Handlungsempfehlungen als weitere Grundlage für die wirtschaftlich sinnvolle Übertragbarkeit der Ergebnisse in den Baukastendokumenten aufgegriffen.

Fragestellung des Abschlussberichts

Der vorliegende Abschlussbericht stellt und beantwortet die folgende zentrale Frage:

„Wie kann eine Kommune dazu befähigt werden, ihre Entscheidungsgrundlage in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen und Klimafolgenanpassung durch den sektorenübergreifenden Einsatz digitaler Technologien zu verbessern?“

Bei der Auswertung der Projektergebnisse wurde der Fokus darauf gelegt, die zentralen Ziele der klimakommune.digital qualitativ zu bewerten. Dazu wurde durch die wissenschaftliche Begleitung eine Analyse der wesentlichen Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Projekt durchgeführt. Der abschließende Projektstand dient als Basis, um die erreichten Erfolge und die Herausforderungen festzuhalten, ergänzt durch die wissenschaftliche Perspektive zur Übertragbarkeit der Erfahrungen des Projekts auf andere deutsche Kommunen.

Dieses Vorgehen entspricht der wesentlichen Vision des Projekts, das langfristig eine breitflächige Etablierung von datengetriebenen Klimaschutzmaßnahmen zum Ziel hat.

Berichtsaufbau

Um die entwickelte Fragestellung in diesem Dokument zu beantworten, wird zunächst im folgenden Kapitel 2 der initiale Projektaufbau dargestellt sowie untersucht und die wesentliche Projektentwicklung von 2021 bis 2025 resümiert. Die Analyse der strategischen Projektausrichtung und der Projektorganisation sowie die Vorstellung der Struktur und der wichtigsten Meilensteine schaffen den Rahmen für die folgenden Erkenntnisse. So lassen sich die Ergebnisse in einen klaren konzeptionellen Zusammenhang einordnen. Zudem bietet dies die Grundlage dafür, das Projektumfeld bei der Beantwortung der Berichtsfrage hinsichtlich der Übertragbarkeit der Projektergebnisse ausreichend zu beachten.

Für die Ableitung von zentralen Handlungsempfehlungen und Lessons Learned wird auf die während der Projektlaufzeit bereits erfolgten Untersuchungen der wissenschaftlichen Begleitforschung eingegangen. In Kapitel 3 werden daher die angewandten Methodiken vorgestellt, um die Relevanz der durch sie erarbeiteten (Zwischen-)Ergebnisse für die Beantwortung der Berichtsfrage zu evaluieren.

Anschließend wird in Kapitel 4 die Projektumsetzung, d. h. die Schaffung einer Datengrundlage für eine technologisch unterstützte, zahlenbasierte Ergreifung von Klimaschutzmaßnahmen, analysiert. Im Fokus steht der Stand der technologischen Ausstattung zum Projektende. Auch hier wird nicht nur betrachtet, ob die zu einem früheren Zeitpunkt während des Projekts gesetzten Ziele alle vollumfänglich erreicht worden sind. Es werden vor allem auch die im Projektverlauf aufgetretenen Herausforderungen, deren Lösung sowie weitere für die Schaffung einer Datengrundlage signifikante Schritte abgeleitet.

In Kapitel 5 werden die im Verlauf der Berichtserstellung entwickelten und hergeleiteten Erkenntnisse und Erfahrungen zusammengefasst und in einer Vielzahl heterogener, übertragbarer Handlungsempfehlungen synthetisiert. Die Handlungsempfehlungen beantworten vor allem das in der Berichtsfrage aufgeworfene „Wie“.

Eine abschließende Einordnung der Projektergebnisse erfolgt im sechsten und letzten Kapitel des vorliegenden Berichts. Dabei wird nicht nur die Perspektive der wissenschaftlichen Begleitforschung eingenommen, sondern auch ein qualitatives Fazit der wesentlichen Projekt-Stakeholder gezogen. Zudem wird der Abschlussbericht durch einen Ausblick ergänzt, der aufzeigt, wie die gewonnenen Erkenntnisse der klimakommune.digital weiterverwendet werden – sowohl seitens der ausführenden Kommune als auch durch das Future Energy Lab.

2. Projektaufbau und -entwicklung

2.1 Strategischer Rahmen

Für die Projektumsetzug wurde die Stadt Hagen aus sechs Bewerberkommunen ausgewählt. Das Bewerbungsverfahren war bundesweit offen und richtete sich an Kommunen, die gemeinsam in einem Konsortium aus Verwaltung, Stadtwerken und weiteren Partnern Lösungen für die digitale CO_2-Datenerhebung erproben wollten. Insgesamt gingen Bewerbungen von Kommunen aus Nordrhein-Westfalen, Bayern, Niedersachsen und Baden-Württemberg ein. Die Bewerberkonsortien unterschieden sich in Größe und Zusammensetzung, hatten aber alle das Ziel, die lokale Dateninfrastruktur zu modernisieren und die Energiewende aktiv zu unterstützen. Die wissenschaftliche Begleitforschung entwickelte in Abstimmung mit der dena einen standardisierten Fragen- und Kriterienkatalog, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Für die Auswahl der Kommune wurden folgende Kriterien bewertet:

- Technische und organisatorische Voraussetzungen (IKT-Infrastruktur, Sensorik, personelle Ressourcen)
- Motivation und strategische Einbettung
- Repräsentativität und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Kommunen
- Einbindung relevanter Akteure wie Zivilgesellschaft und Industrie

Jedes Kriterium wurde mit einer Gewichtung versehen, um eine objektive Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Nach der ersten Bewertungsrunde entstand eine Shortlist von drei Kommunen, die für Vor-Ort-Begutachtungen ausgewählt wurden (eine davon pandemiebedingt virtuell). Ziel war es, die Angaben aus den Bewerbungsunterlagen zu validieren, offene Fragen zu klären und die lokale Akteurslandschaft kennenzulernen. Dabei wurde insbesondere geprüft, ob die Kommune bereit ist, die Zivilgesellschaft aktiv einzubeziehen, und ob lokale Unternehmen, insbesondere aus dem Industriesektor, Interesse an einer Mitwirkung im Workstream Industrie zeigen. Ausschlaggebend für die finale Auswahl von Hagen waren neben der Repräsentativität der Kommune die bestehende technische Infrastruktur sowie die große Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit. Hagen hat damit die Anforderungen erfüllt, um als Leuchtturmprojekt Erkenntnisse für die Übertragbarkeit auf andere Kommunen zu liefern.

Die übergreifenden Projektziele bildeten die Grundlage für die anschließende Identifikation aller relevanten Stakeholder und Zielgruppen des Projekts. Die Ziele waren zunächst sektorenübergreifend definiert. Dabei bilden drei Aspekte, die digitale Erhebung von Energie- und CO_2-Daten, die übergreifende Bereitstellung von Daten sowie die Übertragbarkeit auf andere Kommunen den strategischen Rahmen der klimakommune.digital in Hagen.

Übergreifende Projektziele

Die übergreifenden Ziele des Projekts „klimakommune.digital – Der Baukasten für Stadt, Daten und Klima“ konzentrierten sich zum einen auf die Optimierung der CO_2-Datenerhebung. Durch den Einsatz moderner Sensorik und digitaler Technologien sollten präzise und kostensensible Daten zu Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen in nahezu Echtzeit erhoben werden. Die erhobenen Daten sollten anschließend als Grundlage genutzt werden, um Maßnahmen zur Reduktion von CO_2-Emissionen zu entwickeln und ihre Wirksamkeit zu bewerten.

Ein weiteres Ziel war die Entwicklung und der Aufbau einer UDP, die Daten aus verschiedenen Bereichen sowie Bestandsdaten der Stadt Hagen zusammenführen und für die Öffentlichkeit visuell aufbereiten soll. Dies soll Transparenz schaffen, die Bürgerinnen und Bürger informieren und die Stadtverwaltung bei der Planung und Umsetzung von datenbasierten Klimaschutzmaßnahmen unterstützen.

Schließlich wurde die Übertragbarkeit der Ergebnisse angestrebt. Ein modularer Baukasten wurde entwickelt, um die Nachnutzung der Projektergebnisse durch andere Kommunen zu ermöglichen. Dabei wurde besonderer Wert auf die wirtschaftliche und technische Skalierbarkeit gelegt.

Die übergeordneten Ziele wurden im weiteren Projektverlauf durch spezifische Zielsetzungen und -bilder in den Bereichen Verkehr, Gebäude, Industrie, Wärme, Klimafolgenanpassung, UDP und Kommunikation ergänzt (vgl. Kapitel 2.2).

Zielgruppen und Stakeholder

Auf Basis dieser drei übergreifenden Projektziele wurden im weiteren Verlauf der Projektkonzeption vor allem vier wesentliche Zielgruppen identifiziert:

3. **Kommunen:** Obwohl der Kern der Projekttätigkeiten die Ausstattung lediglich einer Kommune bildete, können die Projektergebnisse – vor allem die Handlungsempfehlungen und Lessons Learned – als Modell für andere Städte dienen, die ebenso perspektivisch datenunterstützte Maßnahmen zur CO_2-Datenerhebung und zum Klimaschutz umsetzen möchten.

4. **Politische Entscheidungsträger:** Die gewonnenen Daten und Erkenntnisse sollen anschließend insbesondere kommunale Entscheidungsträger befähigen, politische Maßnahmen und Investitionen in Dekarbonisierung auf einer faktenbasierten Grundlage zu treffen. Die gemessenen und ausgewerteten Zahlen untermalen dabei die Aussagekraft hinsichtlich sowohl der Wirksamkeit und Effektivität als auch der wirtschaftlichen Effizienz von zu ergreifenden Klimaschutzmaßnahmen.

5. **Technologieanbieter und Forschungsinstitute:** In den meisten Fällen werden Kommunen eine Ausstattung mit Sensoriken und anderen Messtechnologien als Auftrag an Dritte vergeben. Diese Gruppe profitiert gleichermaßen von der Entwicklung und Implementierung neuer Technologien im Zuge des Projekts, da die gewonnenen Erkenntnisse anschließend in einem übertragbaren Format veröffentlicht werden.

6. **Bürgerinnen und Bürger:** Die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Hagen sind für das Projekt eine wichtige Zielgruppe, da von ihnen die Akzeptanz der umzusetzenden Maßnahmen abhängt. Von daher wurde vor allem im Zuge der Projektkommunikation ein besonderes Augenmerk auf die Interaktion mit ihnen und ihre Einbeziehung gelegt.

Abgerundet wird der strategische Rahmen durch die initiale Identifikation und im Projektverlauf regelmäßige Einbeziehung der Projekt-Stakeholder. Die klimakommune.digital hat eine Vielzahl von Akteuren aus unterschiedlichen Bereichen vereint, die gemeinsam an der Umsetzung der übergeordneten Projektziele gearbeitet haben. Die Zielgruppen und Stakeholder waren essenziell für die erfolgreiche Durchführung des Projekts und spiegeln die interdisziplinäre und kooperative Ausrichtung wider.

Die Hauptakteure und ihre Rollen haben sich wie folgt zusammengesetzt:

7. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie:** Das BMWE hat eine zentrale Rolle im Projekt klimakommune.digital gespielt. Es war Auftraggeber des Projekts und hat die Finanzierung sichergestellt. Das Ministerium unterstützt damit die Digitalisierung und den Klimaschutz auf kommunaler Ebene und fördert die Entwicklung übertragbarer Lösungen für andere Städte.

8. **Deutsche Energie-Agentur (dena):** Die dena hat im Auftrag des BMWE das Projekt „klimakommune.digital – Der Baukasten für Stadt, Daten und Klima“ umgesetzt. Das Projekt stellt einen wichtigen Baustein im Rahmen des Future Energy Lab dar, das die Digitalisierung des Energiesektors als wichtige Säule für die Transformation des Energiesystems vorantreibt. Der dena oblag dabei die Steuerung und Gesamtkoordination des Projekts und damit auch die Beauftragung der eingesetzten Dienstleister.

9. **Stadt Hagen:** Als Sieger im Bewerbungsverfahren des Projekts hat sich die Stadt als Musterkommune für die Projektumsetzung qualifiziert. Folglich fanden die technologische Ausstattung und die Schaffung einer Datengrundlage im kommunalen Raum der Stadt Hagen statt. Als Hauptakteure der Stadt Hagen agierten Beschäftigte der Verwaltung aus der Taskforce Digitalisierung, angesiedelt im Fachbereich für Informationstechnologie und Zentrale Dienste, im Fachbereich Geoinformation und Liegenschaftskataster, im Umweltamt sowie in weiteren Fachämtern. Die Teilnahme als erste klimakommune.digital erfolgte im Zuge der eigenen Bestrebungen als „Smart City Hagen“.

10. **Kommunales Projektkonsortium:** Unter Federführung der Stadt Hagen hat sich ein breites Konsortium für die Projekttätigkeiten beworben. Neben der städtischen Verwaltung hat sich dies aus dem lokalen Energieversorger ENERVIE – Südwestfalen Energie und Wasser AG und weiteren wichtigen kommunalen Akteuren zusammengesetzt (Hagener Umweltservice- und Investitionsgesellschaft, Hagener Entsorgungsbetrieb, Hagener Straßenbahn und Wirtschaftsbetrieb Hagen). Abgerundet wurde das kommunale Projektkonsortium durch lokale Industrieunternehmen (KB Schmiedetechnik GmbH, Härtetechnik Hagen GmbH, RUD-SCHÖTTLER Umformtechnik & Systemlieferant GmbH, Federnwerke J. P. Grueber GmbH & Co. KG).

11. **Wissenschaftliche Begleitforschung:** Neben der initialen Begleitung durch die Deutsche Energie-Agentur (dena) bei der Auswahl der Kommune hat die wissenschaftliche Begleitforschung den Stakeholder-Dialog in Verbindung mit der technischen Implementierung unterstützt. Sie trat als Impulsgeber und strategische Beratung auf Ebene der Gesamtprojektleitung auf und verantwortete die Gutachtenerstellung und die Befragung der Bürgerinnen und Bürger. Die wissenschaftliche Begleitforschung wurde von der Deloitte Consulting GmbH gemeinsam mit dem Fraunhofer IOSB-INA durchgeführt.

12. **Technische Beratung:** Zur Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen für die sektorenübergreifende Ausstattung mit Hard- und Software hat die technische Beratung (ZDE – Zentrum für digitale Entwicklung) die Bedarfe des Projektkonsortiums ermittelt und in technische Anforderungen für die Leistungsbeschreibungen der Ausschreibungsunterlagen übersetzt.

13. **Expertenrat:** Die Mitglieder dieses Gremiums haben das Projekt klimakommune.digital mit ihrer Expertise und Erfahrung während der gesamten Projektlaufzeit unterstützt. Der Expertenrat hat sich aus Personen aus Wissenschaft, Verbänden, (kommunaler) Politik, Zivilgesellschaft und Industrie zusammengesetzt. Der Expertenrat kam im Rahmen von jährlich stattfindenden Statustreffen zusammen, um die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen zu diskutieren und zu kommentieren. Zudem gab er in diesem Zuge Impulse für die weitere Entwicklung des Projekts.

14. **Bürgerinnen und Bürger:** Die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Hagen waren zentrale Stakeholder im Projekt klimakommune.digital. Die Bürgerschaft soll mittel- bis langfristig der zentrale Nutznießer effektiver datengetriebener Klimaschutzmaßnahmen sein. Sie wurde folglich durch Bürgerbefragungen aktiv eingebunden, um ihre Meinungen und Bedürfnisse zu erfassen. Ihre Partizipation und Anerkennung sind für die Akzeptanz und somit den Erfolg des Projekts von großer Bedeutung. Zudem profitiert die Bürgerschaft unmittelbar von der erhöhten Transparenz durch die UDP, die Umweltdaten visualisiert und für die Bewohnerinnen und Bewohner öffentlich zugänglich macht.

15. **FernUniversität Hagen:** Die FernUniversität Hagen spielte als wissenschaftlicher Partner eine unterstützende Rolle. Sie war insbesondere an der Erstellung und Konzeption der Fragebögen für die Bürgerbefragungen beteiligt. Diese Zusammenarbeit hat dazu beigetragen, eine noch breitere fundierte wissenschaftliche Basis für die Datenerhebung und -auswertung zu schaffen.

2.2 Projektstruktur und -organisation

Mit Beginn der Projektlaufzeit galt es, den strategischen Rahmen des Projekts mit einer konkreten Struktur und Projektorganisation zu operationalisieren. Dies beinhaltete die Schaffung eines Organigramms (Abbildung 1), die Erstellung eines Projektplans, die Etablierung von regelmäßigen Kommunikationsstrukturen sowie die Sicherung von Fortschritten durch eine stetige Dokumentation und ein Ergebnismonitoring.

Projektorganisation

Das Projekt wurde von der Deutschen Energie-Agentur (dena) im Rahmen des Future Energy Lab und im Auftrag des BMWE gesamtheitlich geleitet. Die dena trug dabei die Gesamtverantwortung für die Projektumsetzung und informierte das BMWE in regelmäßigen Reportings über den Projektfortschritt. Die Stadt Hagen fungierte zusammen mit der lokalen ENERVIE Gruppe als Konsortialführerin für die lokale Umsetzung und auch die damit verbundene Koordination der Arbeiten vor Ort. Eine Gruppe aus dena, Stadt Hagen und ENERVIE, das sogenannte Kernteam, stimmte die Ergebnisse der unterschiedlichen Workstreams ab und bereitete Projektentscheidungen vor.

Die operative Projektumsetzung wurde in verschiedene Workstreams, also autonome Arbeitseinheiten, aufgesplittet. Die Workstreams dienten der Strukturierung und Koordination der Projektaktivitäten und ermöglichten eine effiziente Bearbeitung komplexer Themen. Jeder Workstream deckte dabei jeweils einen spezifischen Sektor bzw. Bereich und individuelle Aufgaben bestimmter operativer Themen ab. Diese Themen umfassten die technologischen Ausstattungen in den Sektoren Verkehr, Gebäude, Industrie und Wärme sowie im Bereich Klimafolgenanpassung. Darüber hinaus wurden innerhalb dieser Workstreams verschiedene Herausforderungen wie Lieferengpässe, rechtliche Fragestellungen und technische Probleme identifiziert, adressiert und gelöst. Die Workstreams berichten an das Kernteam und legen bei notwendigen Entscheidungen dem Kernteam entsprechende Vorlagen vor.

Zudem wurde jeweils ein Workstream für die Entwicklung und Etablierung der UDP und die Kommunikationsaktivitäten des Projekts eingerichtet. Der achte und letzte Workstream deckte die wissenschaftliche Begleitforschung ab. Sie erfolgte durch Deloitte Consulting und das Fraunhofer IOSB-INA.

Die einzelnen thematischen Schwerpunkte der Workstreams setzten sich wie folgt zusammen:

- **Sektor Verkehr:** Installation von Sensoren zur Messung von CO_2-Emissionen und des Verkehrsaufkommens auf einer Kernstrecke in Hagen sowie die Erstellung einer Verkehrsmodellierung zur Evaluierung von Optimierungsmaßnahmen

- **Sektor Gebäude:** Erhebung von Energieverbrauchsdaten kommunaler Gebäude durch intelligente Messsysteme (iMSys) und digitale Zähler sowie Einsatz eines EMS zum Monitoring von Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen

- **Sektor Industrie:** Implementierung von Sensoren und EMS zum Monitoring und zur Optimierung von Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen

- **Sektor Wärme:** Digitalisierung der Gas- und Wärmenetze sowie Entwicklung einer Open-Source-Software zur Beantwortung von Bürgerfragen zur Kommunalen Wärmeplanung

- **Klimafolgenanpassung:** Einführung eines Waldbranderkennungssystems, von Hochwassersensorik und einer Plattform zur Bürgerbeteiligung bei der Baumpflege

- **Datenplattform:** Entwicklung einer UDP zur Aggregation und Visualisierung von Umwelt- und Energiedaten und zur Verknüpfung mit weiteren städtischen Daten

- **Kommunikation, Partizipation und Vernetzung:** Förderung der Akzeptanz und Bekanntheit des Projekts durch Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbefragungen

- **Wissenschaftliche Begleitung:** Sicherstellung der Übertragbarkeit der Projektergebnisse durch fachliche Expertise und Erstellung von Gutachten

Jeder Workstream wurde von einem Single Point of Contact (SPOC) geleitet, der darüber hinaus als Schnittstelle zu anderen Workstreams und zum Projektkonsortium fungierte. Zudem setzten sich die Workstreams größtenteils aus heterogenen Projektteams mit Beschäftigten der verschiedenen Stakeholder (dena, Stadt Hagen, ENERVIE) zusammen. Die interdisziplinäre Struktur ermöglichte eine umfassendere Betrachtung der Herausforderungen und die Entwicklung innovativer Lösungen. Die Workstreams wurden dabei in technischen Aspekten beraten und unterstützt durch das ZDE.

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Organisation im Projekt klimakommune.digital:

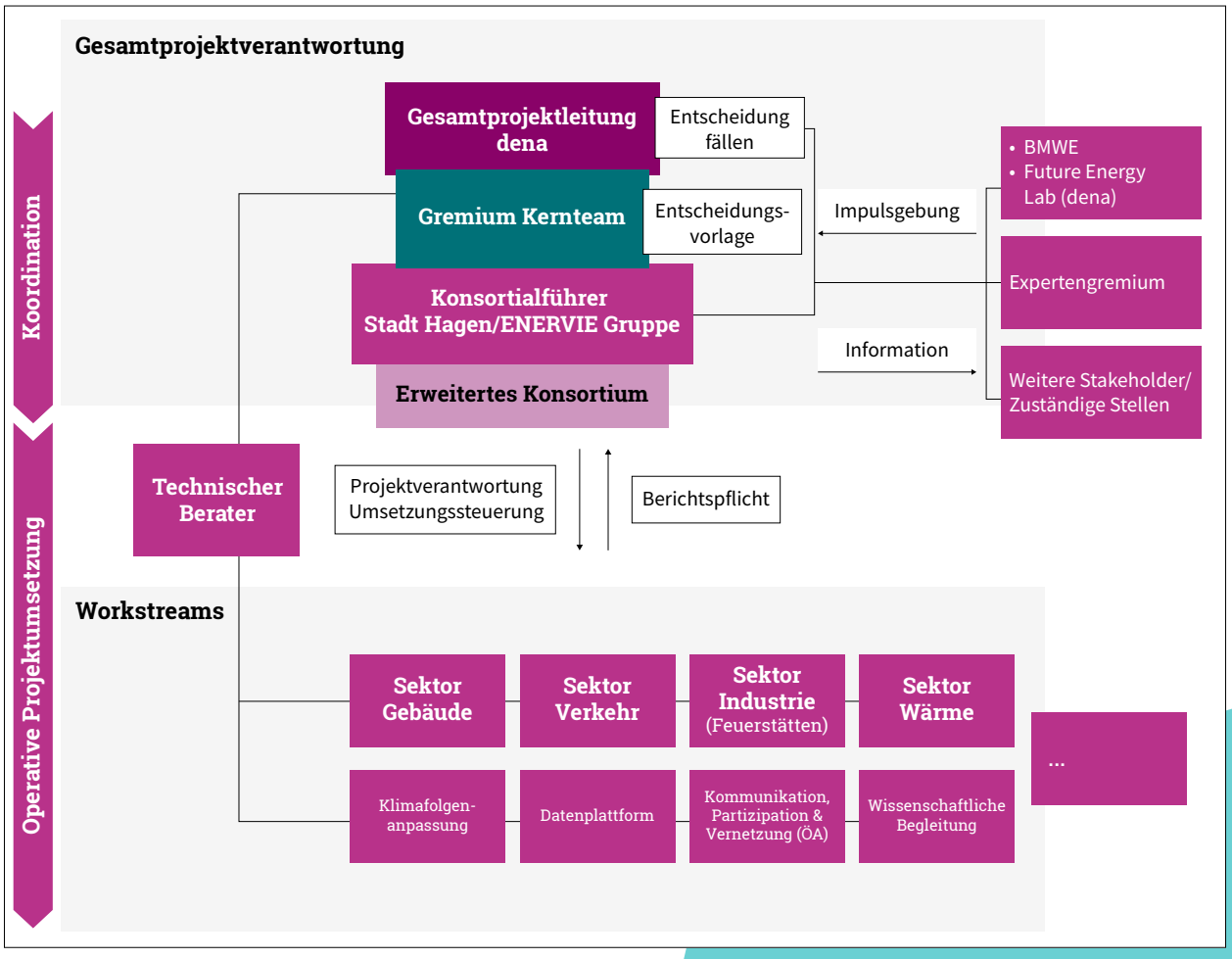


Abbildung 1: Projektorganigramm und -steuerung klimakommune.digital

Projektziele der Sektoren

Um die übergreifenden Projektziele für die mehrjährige Projektumsetzung greifbarer zu machen, wurden im Zuge des Projektaufbaus individuelle Zielbilder für die einzelnen Workstreams identifiziert und im Laufe des Projektfortschritts kontinuierlich aktualisiert. Die finalen Projektziele der Sektoren waren die folgenden:

- **Sektor Verkehr:** Die Digitalisierungsmaßnahmen im Sektor Verkehr haben als erstes Ziel, den Verkehr und die CO_2-Konzentration auf einer ausgewählten Hauptverkehrsstrecke in Hagen zu erfassen. Aufbauend auf den erfassten Daten soll anschließend ein Modell entwickelt werden, um mit einer Verkehrssimulation mögliche Maßnahmen zur Emissionsreduzierung und Verbesserung des Verkehrs (intelligente Verkehrssteuerung) zu bewerten. Daneben ist eine Erfassung der Belegung ausgewählter Parkflächen angestrebt, um hieraus ein mögliches Parkleitsystem zu entwickeln. Ein zusätzliches Ziel ist die Erfassung der Füllstände von 180 städtischen Abfallbehältern und 20 Depotcontainern. Dadurch kann eine Optimierung der Routenplanung der Hagener Abfall-Logistik ermöglicht werden.

- **Sektor Gebäude:** Im Sektor Gebäude ist angestrebt, iMSys und digitale Sensoren zur kontinuierlichen Messung von Energieverbräuchen (Gas, Wasser, Strom, Wärme (GWSW)) in den städtischen Gebäuden einzusetzen. Ebenso sollen die Trafostationen digitalisiert werden, um den Stromverbrauch insgesamt in den unterschiedlichen Quartieren der Stadt zu erfassen. Darüber hinaus sollen aufbauend auf der Datenerhebung Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz abgeleitet und bewertet werden.

- **Sektor Industrie:** Im Rahmen des Sektors Industrie wird die Zusammenarbeit mit energieintensiven Unternehmen aus dem Stadtgebiet von Hagen angestrebt, die durch die Messung von Energiedaten ihre Energieverbräuche reduzieren könnten. Der zielgerichtete Einsatz von Sensorik soll es den Unternehmen erlauben, Informationen zu den Energieverbräuchen und CO_2-Ausstößen zu gewinnen. Diese Informationen werden dabei durch eine granulare bereichs-, prozess- und maschinengenaue Messung der Verbräuche von Gas und Strom gewonnen. Komplementiert werden soll die Energiemessung durch ein adäquates EMS. Elementarer Bestandteil des EMS ist eine Software zum Monitoring der Energieverbräuche. Mithilfe dieses Instruments sollen Energiesparpotenziale identifiziert und über die Umsetzung von Maßnahmen realisiert werden. Dabei ist das Ziel, die Energieberatung der teilnehmenden Unternehmen innerhalb des Projekts durchzuführen.

- **Sektor Wärme:** Das Zielbild des Workstreams Wärme umfasst mehrere zentrale Vorhaben, die auf die Digitalisierung und Effizienzsteigerung in der Gas- und Wärmeversorgung abzielen. Zum einen soll die Digitalisierung der Gas- und Wärmenetze sowie der zugehörigen Anschlüsse vorangetrieben werden. Dieses Vorhaben zielt darauf ab, die Infrastruktur smarter und zukunftssicher zu gestalten, um eine nachhaltige und ressourcenschonende Energieversorgung zu gewährleisten.
  Darüber hinaus ist die Einführung eines Chatbots vorgesehen, der speziell für Anfragen zur Wärme- und Energieberatung entwickelt wird. Dieser digitale Assistent soll Kundinnen und Kunden schnell und effizient unterstützen und so den Zugang zu Beratungsleistungen erleichtern.

- **Sektor Klimafolgenanpassung:** Der Workstream Klimafolgenanpassung verfolgt mehrere innovative Ansätze zur Förderung von Nachhaltigkeit und Klimaanpassung in der Stadt Hagen. Ein zentrales Ziel ist die Einführung eines luftqualitätsbasierten Waldbranderkennungssystems, um auf entstehende Waldbrände hinzuweisen. Dadurch soll eine frühzeitige Erkennung ermöglicht werden, die die Reaktionszeit für entsprechende Gegenmaßnahmen deutlich verkürzt. Ein weiteres Bestreben ist die Nutzung von Sensorik zur Messung der Bodenfeuchte von Stadtbäumen. Sie soll es ermöglichen, ausgewählte Stadtbäume während einer Trockenperiode gezielt zu bewässern. Zudem soll die Installation von Pegelsensoren an Nebenflüssen und Bächen realisiert werden, um die Früherkennung von Hochwasser zu ermöglichen.

- **Urban Data Platform (UDP):** Die UDP ist ein zentrales Element des Projekts, da sie eine Plattform sein soll, die Daten, die im Projekt gesammelt werden, aber auch Bestandsdaten der Stadt Hagen oder anderer städtischer Akteure zusammenführen und bei Bedarf verknüpfen soll. Sie soll es der Stadt ermöglichen, datenbasierte Entscheidungen in Bezug auf die Stadtplanung (z. B. Verkehrs- oder Wärmeplanung) zu treffen, Energieeinsparpotenziale zu erkennen, Herausforderungen in der klimafreundlichen Gestaltung der Stadt effizient anzugehen und die Luftqualität für die Bewohnerinnen und Bewohner zu verbessern.
  Zusätzlich ist angestrebt, die Daten über ein Dashboard der UDP für die Öffentlichkeit aufzubereiten und visuell darzustellen, um das Projekt transparent zu machen und den Bürgerinnen und Bürgern einen Überblick über die Umweltemissionen im Stadtgebiet Hagen zu verschaffen.

- **Kommunikation:** Ziel ist es, das Kommunikations- und Partizipationskonzept effektiv und erfolgreich umzusetzen. Hierbei wird sichergestellt, dass alle Kommunikationsmaßnahmen innerhalb des Konsortiums gut aufeinander abgestimmt sind. Jährlich wird ein Kommunikationskonzept mit verschiedenen Kommunikations- und Partizipationsmaßnahmen erstellt. Diese werden geplant und umgesetzt, um die Projektentwicklungen und -ergebnisse in die breite Öffentlichkeit zu tragen und eine aktive Beteiligung und offene Dialoge zu fördern. Durch kommunikative Maßnahmen wie die Teilnahme an Veranstaltungen und die Erstellung eines Imagefilms sollen relevante Akteure und Stakeholder sowie am Projekt Interessierte erreicht werden, um einen qualitativen Austausch zu fördern. Zusätzlich soll sichergestellt werden, dass Projektmitglieder stets für Presseanfragen zur Verfügung stehen, um eine transparente und zeitnahe Kommunikation mit der Öffentlichkeit zu gewährleisten.

Die Erreichung der sektorindividuellen Ziele diente während der Projektlaufzeit als Leitlinie für die operativen Tätigkeiten.

Einbezug von Projektdritten

Um der Komplexität des Projekts im Rahmen der technischen Umsetzung zu begegnen, wurde zunächst ein strukturiertes Anforderungsmanagement aufgesetzt. Innerhalb der Workstreams wurden mithilfe der entwickelten Zielbilder unter Einbezug der technischen Beratung die technischen Spezifikationen definiert und anschließend in geeignete Ausschreibungsformate gegossen. Darauf aufbauend erfolgte die Auswahl verschiedener technischer Dienstleister und Zulieferer, die für die Beschaffung und Installation der jeweiligen Sensorik oder Software zuständig waren. Die Implementierung der technischen Ausstattung, aber auch zum großen Teil die Beschaffung und Adjustierung von Softwarelösungen erfolgten somit nahezu ausschließlich durch Dritte und nicht durch interne Projektmitglieder. Die Qualitätskontrolle und Abnahme der Hard- und Software wurde durch die dena in enger Abstimmung mit den lokalen Projektpartnern durchgeführt.

Kommunikationsstrukturen innerhalb des Projekts

Die Zusammenarbeit im Gesamtprojekt wurde nach der initialen Etablierung des zentralen Projektorganigramms vor allem durch regelmäßige Jour-fixe-Termine auf den verschiedenen Ebenen des Projekts koordiniert. Die Jours fixes waren ein zentraler Bestandteil der Projektorganisation und trugen wesentlich zur Koordination und Fortschrittssicherung bei. Sie ermöglichten eine strukturierte Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten und förderten die Transparenz und Effizienz im Projektverlauf. Sie wurden in der Regel via Videokonferenz durchgeführt und dauerten abhängig von der Projektebene und dem Teilnehmerkreis meist zwischen 30 und 60 Minuten. Die Ergebnisse dieser Treffen wurden zwecks Ergebnissicherung und Dokumentation der Projektfortschritte protokolliert.

Das Gremium „Kernteam“ traf sich beispielsweise alle zwei Wochen, um übergeordnete Fortschritte zu besprechen und Entscheidungen abzustimmen. Ebenso wurden regelmäßige Jours fixes eingerichtet, um den Fortschritt innerhalb der einzelnen Workstreams zu besprechen und Entscheidungen zu koordinieren. Herausforderungen konnten durch diese Austauschformate frühzeitig identifiziert und kommuniziert werden. Der Teilnehmerkreis der Jours fixes umfasste die SPOC der jeweiligen Workstreams sowie weitere relevante Projektbeteiligte.

Hervorzuheben ist zudem ein Austausch von allen Projektbeteiligten, der alle sechs Wochen stattgefunden hat. Dieser Gesamt-Jour-fixe übernahm vor allem die Funktion eines Projektreportings und -austauschs, da einen wesentlichen Bestandteil des Austauschformats ein kurzer Statusbericht der einzelnen Workstreams bildete. Auf Basis der Rückmeldung der Workstreams wurde anschließend ein Gesamtprojektstatus im Ampelformat festgehalten. Gleichzeitig bot der für 90 Minuten angesetzte Regeltermin der Gesamtprojektleitung die Möglichkeit, allen Projektbeteiligten übergeordnete Projektentwicklungen wie beispielsweise die Budgetierung vorzustellen. Zuletzt diente der Gesamt Jour-fixe auch der gegenseitigen Befruchtung der einzelnen Workstreams, da man sich offen über Hürden und Herausforderungen sowie ihre Bewältigung ausgetauscht hat. Ebenso wurden im Gesamt Jour-Fix Projekterfolge kommuniziert. Die Moderation des Gesamt-Jour-fixe erfolgte durch die wissenschaftliche Begleitforschung.

Die Regeltermine des Projekts klimakommune.digital wurden vereinzelt durch Workshops ergänzt. Diese Workshops wurden als interaktive und kollaborative Formate durchgeführt, um Maßnahmen zur CO_2-Reduktion zu entwickeln und die Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten zu fördern. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Identifikation relevanter Maßnahmen, die Förderung der Zusammenarbeit und den Austausch zwischen den Projektmitgliedern und externen Stakeholdern sowie die Erarbeitung von Use Cases gelegt. Während die Workshops zunächst auf Projektmitglieder begrenzt waren, um fokussierte Diskussionen zu gewährleisten, wurden später externe Stakeholder wie Vertreterinnen und Vertreter der Bürgerschaft oder Dienstleister bei Bedarf mit einbezogen.

Neben der Identifikation zahlreicher Maßnahmen zur CO_2-Reduktion wurde das Format des Workshops durch Feedback und Verbesserungsvorschläge regelmäßig überprüft, sodass die Erreichung der Workshopziele gewährleistet blieb.

2.3 Projektentwicklung

Das Projekt klimakommune.digital erstreckte sich über die Jahre 2021 bis 2025. Ursprünglich war im ersten Projektplan eine Laufzeit bis Ende 2024 vorgesehen, jedoch wurde das Projekt aufgrund pandemiebedingter Verzögerungen und komplexer Ausschreibungsverfahren um ein zusätzliches Jahr verlängert. Die Projektphasen umfassten dabei gemäß Projektplanung folgende Themenschwerpunkte und Leitfragen:

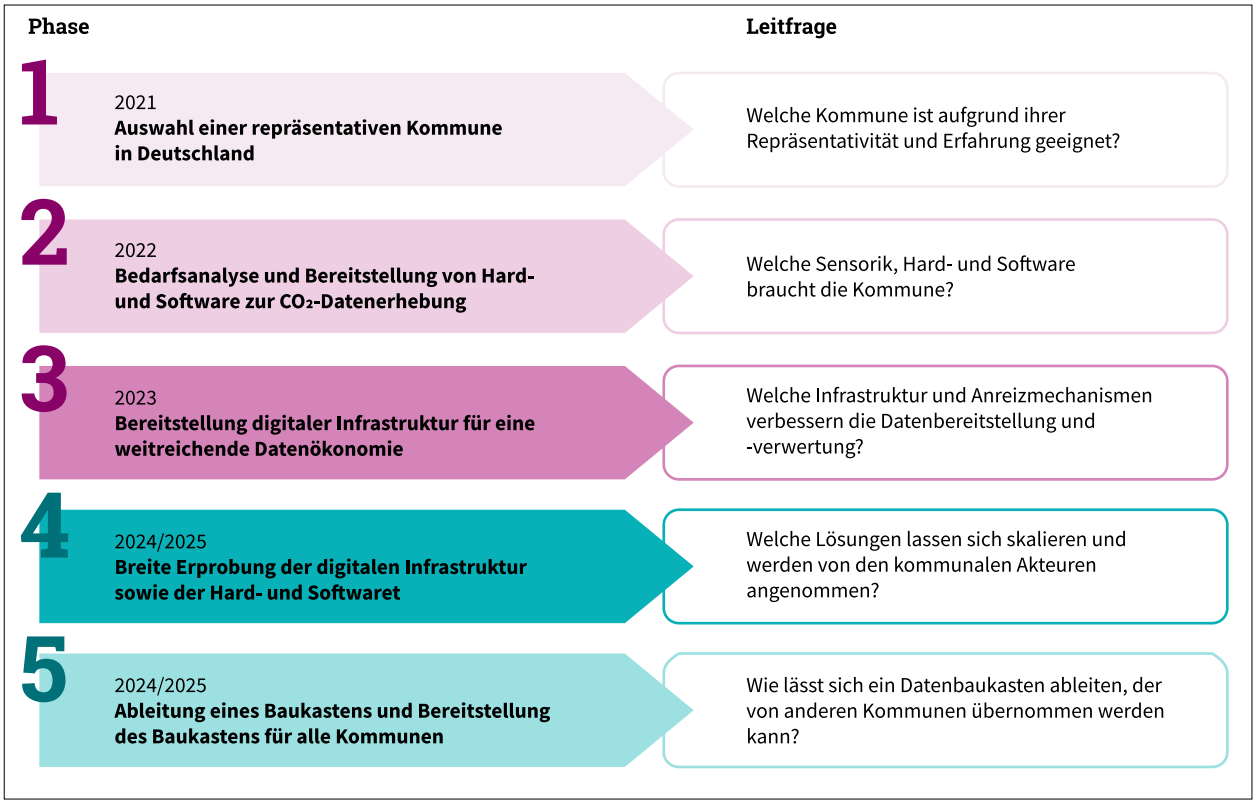


Abbildung 2: Projektphasen der klimakommune.digital

Im ersten Projektjahr 2021 wurde zunächst die Musterkommune im Zuge eines Auswahlverfahrens ermittelt. Nachdem feststand, dass die Stadt Hagen die erste klimakommune.digital werden soll, lag der Fokus im Jahr 2022 auf der Zielbildfindung und der organisatorischen Aufnahme der Arbeit, während in 2023 erste Beschaffungsprozesse in die Wege geleitet worden sind. Im Projektjahr 2024 wurden der Erwerb und die Ausstattung der Sensorik schwerpunktmäßig in allen Sektoren fortgesetzt, insbesondere auch im zwischenzeitlich neu hinzugefügten Sektor Klimafolgenanpassung. Außerdem standen bereits erste Datenmessungen und -analysen im Mittelpunkt. Sie bilden die Basis für anschließend anvisierte CO_2-Einsparmaßnahmen. Im letzten Projektjahr 2025 wurden noch letzte technische Ausschreibungen und Installationen vorgenommen, die UDP wurde aufgebaut, das öffentliche Dashboard freigeschaltet und die Übertragbarkeit der Projekterkenntnisse und -erfahrungen sichergestellt. Zudem wurden mögliche Einsparmaßnahmen evaluiert und auf Basis der bereits vorhandenen Daten mögliche Einsparpotenziale abgeschätzt.

Die Grenzen zwischen den Phasen 2 bis 5 verliefen fließend, insbesondere da es in den einzelnen Sektoren aufgrund verschiedener Herausforderungen und Hürden teilweise zu unterschiedlich schnellen Projektfortschritten kam.

Bereits im Projektjahr 2023 wurde ersichtlich, dass jeder Sektor seine eigenen spezifischen Rahmenbedingungen mit sich bringt. Hieraus ergab sich, dass die technische Ausstattung in manchen Sektoren zu Beginn der Berichtsperiode schon weiter vorangeschritten war, während in anderen Sektoren komplexe Fragestellungen, z. B. wie mit der bereitgestellten technischen Ausstattung nach dem Ende des Förderzeitraums umgegangen wird, die Umsetzung teilweise verlangsamt haben. Auch nach den Installationen kam es zudem vereinzelt zu weiteren Herausforderungen, die beispielsweise im Fall des Sektors Verkehr zu einer Neuausstattung führten.

Wichtige Meilensteine	2021				2022				2023				2024				2025			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Projektstart mit einer Laufzeit von ursprünglich vier Jahren	◆																			
Auswahl der Stadt Hagen als **Pilotkommune** durch transparenten Bewerbungsprozess		▬	▬		▬															
Beginn der **Bedarfsanalyse** und **Zielbilddefinition** für die Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie			▬	▬	▬	▬														
Erstellung **technischer Spezifikationen** für die Ausschreibungen					▬	▬	▬													
Veröffentlichung und **Vergabe** weiterer Ausschreibungen					▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
Regelmäßige **Jour-fixes** zur Abstimmung und Fortschrittssicherung							▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
Ausschreibung und Vergabe der **Sensorik** für Verkehrsdaten und Umweltdatenerfassung							◆													
Start der **Installation** von Sensoren im Verkehrssektor								◆												
Installation weiterer **Sensoren** und Beginn erster **Datenerhebungen**									▬	▬										
Entwicklung und Abstimmung eines **Kommunikationskonzepts**									▬	▬										
Durchführung der ersten **Bürgerbefragung** zur Akzeptanz und Wahrnehmung des Projekts									▬	▬	▬									
Fortschritte bei der **Installation** von Sensoren in den Sektoren Gebäude und Industrie											▬	▬	▬							
Teilnahme an **Fachveranstaltungen** und intensivere **Öffentlichkeitsarbeit**											▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
Erweiterung des Projekts um den Sektor **Wärme**													◆							
Einführung des fünften Sektors **Klimafolgenanpassung**														◆						
Durchführung der zweiten **Bürgerbefragung**														▬	▬					
Fertigstellung der **Urban Data Platform (UDP)** und erste Anbindung von Sensoren															◆					
Gewinn des **eGovernment-Wettbewerbs** in der Kategorie „Nachhaltigkeit durch Digitalisierung und IT“															◆					
Abschluss der Installationsarbeiten und **regelmäßige** Durchführung von **Echtzeit-Datenmessung** in allen Sektoren																	▬	▬	▬	▬
Finalisierung der **Visualisierungen** und **Dashboards** auf der UDP																	▬	▬	▬	▬
Abschluss der Tätigkeiten des Sektors **Wärme**																		◆		
Durchführung der dritten **Bürgerbefragung**																		▬	▬	
Veröffentlichung eines **Baukastens** für die Übertragbarkeit der Projektergebnisse																				◆
Abschlussgutachten und **Projektende**																				◆

Abbildung 3: Zeitlicher Ablauf des Projekts und wichtige Meilensteine

3. Angewandte Methoden zur Zielerreichung

3.1 Interne Perspektiven

Die Sicherstellung der Übertragbarkeit der Projektergebnisse und -erkenntnisse zählte zu den wesentlichen übergreifenden Projektzielen. Im Laufe der Projektlaufzeit von fünf Jahren wurden im Zuge der Projektumsetzung daher verschiedene Methoden angewendet, um dieses Ziel zu erreichen.

Dokumentation und Monitoring

Eine strukturierte Dokumentation begleitete die Projektumsetzung während der Laufzeit des Projekts, um die Übertragbarkeit der Erkenntnisse zum Projektende gewährleisten zu können. Inhaltlich wurden vor allem kontinuierlich Projektergebnisse festgehalten. Ein Projekthandbuch und regelmäßige Protokolle unterstützten das Wissensmanagement zusätzlich.

Methodisch wurde zunächst eine sorgfältig durchdachte Dokumentationsstruktur aufgebaut, die eine zentrale Ablage für alle Projektmitglieder vorsah. Diese Maßnahme stellte sicher, dass alle Beteiligten einen einheitlichen Wissensstand hatten. Eine einheitliche Nomenklatur für Dateibenennungen, die das Erstellungsdatum und die Versionierung einschloss, trug zur Klarheit und Nachvollziehbarkeit der Dokumente bei.

Das systematische Berichtswesen spielte eine entscheidende Rolle für die Dokumentation. Neben den Protokollen der bereits erwähnten Gesamt-Jours-fixes erstellte die wissenschaftliche Begleitforschung drei Zwischenberichte und den vorliegenden Abschlussbericht. Diese Berichte enthalten sowohl qualitative als auch quantitative Daten sowie wertvolle Handlungsempfehlungen. Die durch die Berichte sichergestellte regelmäßige Überprüfung der Projektziele und die auf ihrer Basis vorgenommenen Anpassungen der Aktivitäten stellten sicher, dass die Maßnahmen zur Zielerreichung beitrugen. Ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess wurde somit durch die Auswertung der Zwischenberichte gefördert.

Projekthandbuch

Im Rahmen der Projektinitialisierung wurde festgelegt, dass die Umsetzung des Projekts klimakommune.digital anhand eines Leitfadens – des Projekthandbuchs – strukturiert werden sollte.

Das Projekthandbuch umfasste somit die organisatorischen, technischen und strategischen Grundlagen des Projekts. Dazu gehörten Elemente wie die Projektbeschreibung, die in einer der ersten Projektphasen entwickelten Ziele des Projekts, die Projektorganisation, die technische und methodische Umsetzung, Kommunikation und Partizipation sowie die Ergebnissicherung und Übertragbarkeit der klimakommune.digital.

Zielbilderabgleich

Die etablierten Zielbilder der einzelnen Sektoren wurden für den weiteren Projektverlauf als Fortschrittsmesser genutzt. Dabei wurde anhand eines Soll-Ist-Abgleichs der Projektplan mit den tatsächlich erzielten Fortschritten übereinandergelegt und so ein regelmäßiger Überblick über den Projektstatus ermöglicht. Die durch die Workstream-Verantwortlichen in den als Teil der Kommunikationsstrukturen aufgesetzten Gesamt-Jours-fixes präsentierten Statusberichte lieferten die Basis für den Zielbilderabgleich. Ein intensiverer Zielbilderabgleich wurde zudem auf jährlicher Basis im Zuge der Zwischenberichte erstellt.

Zwischenberichte

Über die Dauer des Projekts wurde ein jährlicher Zwischenbericht zum Ende der Jahre 2022, 2023 und 2024 durch die wissenschaftliche Begleitforschung erarbeitet. Dies sollte eine unabhängige und fundierte Betrachtung des Projekts klimakommune.digital ermöglichen und sicherstellen, dass alle Projektentwicklungen und -ergebnisse auf das Gesamtprojektziel einzahlen. Neben der Ergebnissicherung dienten die Zwischenberichte auch der Transparenz des Projekts. Sie förderten so die Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf weitere Kommunen und boten darüber hinaus eine Grundlage für die abschließende Bewertung des Projekts in diesem Abschlussbericht.

Im Vorfeld der Zwischenberichte wurden mit verschiedenen Projektmitgliedern qualitative Interviews zum Projektfortschritt, zu Hürden und Herausforderungen sowie zu Lessons Learned durchgeführt. Diese Interviews gehörten zu den wichtigsten im Projektverlauf genutzten wissenschaftlichen Methoden und stellten einen wesentlichen Beitrag zur Übertragbarkeit der Projekterkenntnisse dar.

Im Detail wurde innerhalb der Interviews eine Vielzahl an verschiedenen Fragen gestellt, die sich in acht Kategorien wiederfinden. Diese Kategorien umfassen:

- Projektentwicklung und Zielerreichung
- Ausstattung in den Sektoren

- Datenmessung und Ausblick
- Herausforderungen und Erkenntnisse
- Übertragbarkeit
- Akzeptanz und Wahrnehmung
- Maßnahmen zur Senkung der CO_2-Emissionen
- Weitere Anmerkungen zur Projektumsetzung

Die befragten Personen haben hierdurch ihren Eindruck von der Projektentwicklung darlegen können und auf besonders wichtige Aspekte hingewiesen. Die Fragen der qualitativen Interviews wurden vorab mit dem Projektträger abgeglichen und einer personenunabhängigen Auswertung der Daten wurde zugestimmt. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass alle befragten Personen ihre Projekteinschätzung persönlich und in einem geschützten Umfeld wiedergeben können. Die Dauer der telefonischen Interviews, die jedes Jahr im Herbst stattfanden, belief sich auf ca. 60 bis 80 Minuten. (Die Leitfragen sind im Anhang aufgeführt.) Sie wurden im Anschluss inhaltswiedergebend transkribiert. Nachdem jedes Jahr alle sechs bis acht Interviews durchgeführt und transkribiert waren, wurden die Ergebnisse angelehnt an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet (Mayring, 1991)[1].

Die in den Interviews gewonnenen Erkenntnisse und das Feedback zur Projektumsetzung wurden in den jeweiligen Zwischenberichten u. a. im Zuge des Zielbilderabgleichs aufgegriffen und ermöglichten so eine ausführliche Einschätzung zur zwischenzeitlichen Projektentwicklung. Zudem wurden in den Zwischenberichten bereits erste Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Abgerundet wurden die Zwischenberichte der Jahre 2023 und 2024 durch die Einordnung der durchgeführten Bürgerbefragungen.

Baukasten

Der Baukasten ist neben dem vorliegenden Abschlussbericht das zweite wesentliche Dokument, das die Projektergebnisse und Erkenntnisse zum Projektende mit dem Ziel der Sicherstellung der Übertragbarkeit zusammenfasst. Der Baukasten setzt sich aus mehreren Dokumenten zusammen: In einem Stammdokument werden die durchgeführten Projektschritte je Sektor beschrieben, die Durchführungen der Ausschreibungsverfahren erläutert sowie projektübergreifende Handlungsempfehlungen für organisatorische, technische, juristische, wirtschaftliche und kommunikative Aspekte in der Umsetzung geäußert. Insbesondere bei den technischen Faktoren wurden die aufgeführten Erfahrungswerte anhand der Datenwertschöpfungskette strukturiert. In zusätzlich erarbeiteten sektoralen Leitfäden werden die Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen noch spezifischer je Projektsektor aufgearbeitet.

Parallel zum Abschlussbericht orientieren sich die Dokumente im Baukastenformat an den im Projektverlauf erarbeiteten Zwischenberichten. Zusätzlich wurden vor allem für die sektoralen Leitfäden die Erfahrungswerte der Projektmitglieder über einen Fragebogen eingesammelt. Die Erarbeitung der Inhalte und der Struktur erfolgte in enger Abstimmung mit dem Kernteam der wissenschaftlichen Begleitforschung und der Projektleitung (dena).

3.2 Externe Perspektiven

Expertenrat

Zur Qualitätssicherung und strategischen Begleitung des Projekts wurde ein Expertenrat eingerichtet. Er setzte sich aus Fachleuten aus Wissenschaft, Verbänden, kommunaler Politik, Zivilgesellschaft und Industrie zusammen. Der Expertenrat kommentierte die Ergebnisse der Arbeitspakete in jährlich stattfindenden Austauschtreffen und brachte seine Expertise in zentrale Fragestellungen ein. Die Projektsteuerung stimmte sich eng mit dem Expertenrat ab, um sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen sowohl wissenschaftlich fundiert als auch praxisnah sind.

Die beteiligten Organisationen spiegeln die thematische Breite des Projekts wider. Hier seien beispielsweise genannt:

- **Wissenschaft und Forschung:** Hochschulen und Institute wie HTW Berlin, TU Dresden, FernUniversität Hagen sowie das Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft
- **Kommunale Spitzenverbände und Politik:** Deutscher Städtetag, Verband kommunaler Unternehmen (VKU)
- **Industrie und Wirtschaft:** Bitkom e. V., BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
- **Beratungs- und Innovationsnetzwerke:** Urban Catalyst GmbH, DigitalAgentur Brandenburg, Mercator Institut
- **Regulatorische und strategische Gremien:** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

1 Mayring, P. (1991): Qualitative Inhaltsanalyse. In: U. Flick, E. v. Kardoff, H. Keupp, L. v. Rosenstiel & S. Wolff (Hrsg.): Handbuch qualitative Forschung: Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen (S. 209–213). München: Beltz – Psychologie Verl. Union. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-37278.

Bürgerbefragungen

Während der Projektlaufzeit wurden insgesamt drei Online-Befragungen durchgeführt, um die Akzeptanz und Wahrnehmung des Projekts in der Bürgerschaft zu messen (2023, 2024 und 2025). Die Befragungen zielten darauf ab, die Bedürfnisse und Meinungen der Bürgerinnen und Bürger sowie ihre Veränderung über die Projektlaufzeit zu erfassen und die Akzeptanz der im Projekt umgesetzten Maßnahmen und Themenschwerpunkte zu messen. Gleichzeitig bot sich durch die Bürgerbefragungen die Gelegenheit, eine wiederholende Partizipation der Bürgerschaft während der Projektumsetzung zu ermöglichen. Ziel war es, jedes Jahr eine Stichprobe von ca. 250 Personen zu gewinnen.

Auch wenn die externe Einschätzung der klimakommune.digital durch die Bürgerinnen und Bürger keinen Einfluss auf die Analyse der Projekterfolge im Zuge des vorliegenden Abschlussberichts hat, bildeten die Durchführung und Auswertung der drei Online-Befragungen einen zentralen Bestandteil der wissenschaftlichen Begleitforschung in enger Abstimmung mit dem Projektkonsortium und der dena. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse auch in den jeweiligen Zwischenberichten aufgeführt.

Die Umfragen wurden online durchgeführt. Ein spezielles Tool (Tivian) ermöglichte dabei die Nutzung von Multiple-Choice-Fragen und offenen Textfeldern. Die initiale Konzeption der Fragen erfolgte iterativ in Zusammenarbeit mit der FernUniversität Hagen und anderen Projektpartnern. Wichtige Aspekte waren die Anonymität der Ergebnisse, die Minimierung der Abbrecherquote und die Motivation der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Nach jeder Durchführung wurde die Bürgerbefragung basierend auf den konstatierten Erkenntnissen für das kommende Jahr durch die wissenschaftliche Begleitforschung in Abstimmung mit dem Projektkonsortium angepasst. Insgesamt verschlankte sich die Befragung über die Jahre, um die Beantwortungszeit zu reduzieren und die Komplexität der Umfrage zu verringern. Dies erlaubte eine noch zielgerichtetere Erfassung der Bedürfnisse, der Einstellungen und der Akzeptanz gegenüber Digitalisierung und kommunalem Klimaschutz. Die folgende Abbildung 4 zeigt die Themenblöcke der dritten Bürgerbefragung.



Abbildung 4: Bestandteile des Fragebogens 2025 zur Bürgerbefragung in der Stadt Hagen

In diesem Kapitel wurden die verschiedenen im Projekt angewandten Methoden zur Sicherstellung der Übertragbarkeit der Projektergebnisse und -erkenntnisse vorgestellt. Im folgenden Kapitel 4 wird der finale Stand der verschiedenen Workstreams zum Projektende beschrieben. Zudem werden bereits ergriffene Dekarbonisierungsmaßnahmen zusammengefasst und Einsparpotenziale erläutert.

4. Zielerreichung in den Projektbereichen

4.1 Sektor Verkehr

Ziel der Digitalisierungsmaßnahmen im Sektor Verkehr war es, den Verkehr sowie die CO_2- und NO_2-Konzentration (Stickstoffdioxid) auf einer Kernverkehrsstrecke in Hagen zu messen. Anhand der Daten wurde ein Modell erstellt, um mögliche Maßnahmen zur CO_2-Reduktion und Verkehrsverbesserung zu evaluieren.

Finaler Stand

Im Rahmen von vier Ausschreibungen wurden insgesamt 350 Sensoren im Sektor Verkehr installiert. Damit werden auf einer Kernverkehrsstrecke in Hagen der Verkehr und die CO_2-Konzentration gemessen, die Belegung mehrerer Parkplätze wird detektiert und die Füllstände von Abfallbehältern und Depotcontainern werden überwacht.

Ein wesentlicher Meilenstein im Sektor Verkehr war die Ausstattung einer früh im Projekt definierten Kernverkehrsstrecke mit Kamera- sowie CO_2- und NO_2-Sensoren. Die Installationen konnten in 2024 erfolgreich durchgeführt werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die implementierten NO_2-Sensoren nicht den Projektansprüchen genügten, da die Messgenauigkeit nicht sensibel genug ausgefallen war. Die NO_2-Sensorik wurde daher zurückgebaut und nicht ersetzt. Eine Schnittstelle der Echtzeitdatenmessungen auf der Kernverkehrsstrecke zu einem Dashboard wurde erfolgreich umgesetzt.

Ein weiterer Schritt hin zu Dekarbonisierungsmaßnahmen im Sektor Verkehr war die Entwicklung einer Verkehrssimulation auf Basis der Verkehrsmessdaten, mit der szenarienbasierte Auskünfte über CO_2-Einsparpotenziale abgeleitet und wichtige Erkenntnisse für eine intelligente Verkehrssteuerung gewonnen werden können.

Ebenso wurden in Kooperation mit dem Hagener Entsorgungsbetrieb (HEB) Depotcontainer und Papierkörbe mit intelligenter Messtechnik ausgestattet, um Leerungsrouten zu optimieren. Auch hier konnten eine Anbindung der Daten und eine anschließende Visualisierung über die UDP erfolgreich abgeschlossen werden. Eine weitere Maßnahme war der Einbau von Parksensoren für ein effektiveres und nachhaltigeres Parkraummanagement und -leitsystem in der Stadt Hagen.

Die für den Sektor gesetzten individuellen Zielbilder konnten während der Projektlaufzeit somit erfolgreich umgesetzt werden. Die geschaffene Datengrundlage bietet eine wichtige Basis, um über den Projektverlauf hinaus effektive Dekarbonisierungsmaßnahmen im Bereich Verkehr und Mobilität anzustoßen, wie beispielsweise den Ausbau eines intelligenten und klimaschonenden Verkehrsmanagements.

Technologische Ausstattungen

Tabelle 1: Technologische Ausstattungen im Sektor Verkehr

Art	Beschreibung	Anzahl
Verkehrskameras	54 der installierten Verkehrskameras werden zur Zählung des durchfließenden Verkehrs verwendet. Die übrigen 13 dienen der Erfassung von Parkflächen.	67
NDIR-Sensoren	Diese Sensoren messen über die Absorption von Infrarotlicht die CO_2-Konzentration in der Luft.	20
Magnetfeldsensoren	Bodensensoren zur Erfassung der Parkflächenbelegung	61
Ultraschallsensoren	Sensoren für die Füllstandsmessung in Abfallbehältern	180
Radar-/Lasersensoren	Sensoren für die Füllstandsmessung in Depotcontainern	20

Maßnahmen und Einsparpotenziale

1. Verkehrszählung
Eine Teststrecke mit 17 Lichtsignalanlagen wurde an jedem Verkehrsknoten mit Verkehrskameras ausgestattet, um den Individualverkehr (IV) und den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu erfassen. Anhand dieser Daten lassen sich Probleme in Verkehrsnetzen identifizieren, wie beispielsweise Streckenabschnitte mit einer besonderen Anfälligkeit für Staus. Dies wiederum kann als Grundlage für eine Verkehrssimulation und umweltgerechtere Gestaltung von Verkehrsnetzen dienen.

2. Mikroskopisches Simulationsmodell
Mittels entlang der Teststrecke gesammelter Verkehrsdaten konnte ein mikroskopisches Verkehrssimulationsmodell erstellt werden. Damit lassen sich verschiedene Eingriffe in den innerstädtischen Verkehr simulieren, die sich positiv auf die Verkehrsqualität und die Stärkung des Umweltverbundes (ÖPNV + Rad) auswirken. Denkbar sind bauliche und digitale Maßnahmen. Priorisiert wurden im Projekt digitale Maßnahmen simuliert.

Folgende digitale Maßnahmen wurden mittels des Modells simuliert:

- Busbevorrechtigung
- ÖPNV-Bevorrechtigung
- Grüne Welle

3. Parkflächenerfassung
Mittels Verkehrskameras und Magnetfeldsensorik wurde auf zwölf innerstädtischen Parkplätzen die Nutzung der Parkflächen erfasst. Diese Daten sollen der Bevölkerung zur Verfügung gestellt werden, um die Suche nach freien Parkplätzen zu erleichtern und zu verkürzen.

4. Erfassung der Füllstände von Abfallbehältern und Depotcontainern
Innerhalb des Hagener Stadtgebiets werden die Füllstände von 180 Abfallbehältern und 20 Depotcontainern mittels Radar-, Laser- und Ultraschallsensorik erfasst. Dadurch soll der Hagener Entsorgungsbetrieb in die Lage versetzt werden, seine Routenplanung flexibel und nach Bedarf zu gestalten.

Einsparpotenziale

1. Verbesserung des Verkehrsflusses
Durch eine bedarfsgerechte Schaltung von Lichtsignalanlagen können Wartezeiten bei Rotphasen und Rückstaulängen reduziert werden. Diese Verbesserung des Verkehrsflusses ermöglicht eine Reduktion der CO_2-Emissionen durch stehenden innerstädtischen Verkehr.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Verflüssigung des Verkehrs entlang der Teststrecke mittels einer verkehrsabhängigen Steuerung und einer grünen Welle simuliert. Die hieraus resultierenden Ergebnisse zeigten eine mögliche Einsparung von 84,15 t CO_2/a.

2. Stärkung des Umweltverbundes
Durch eine attraktivere Gestaltung des Umweltverbundes lassen sich Fahrten im Stadtgebiet von Pkw auf Fahrräder und den ÖPNV verlagern, wodurch sich der Ausstoß von CO_2 durch Einzelfahrten im Allgemeinen verringern lässt. Voraussetzung dafür ist, den Verkehr von Bussen und Straßenbahnen gegenüber dem motorisierten Individualverkehr zu beschleunigen.

3. Aufbau eines intelligenten Parkleitsystems
Indem die Belegung von Parkflächen transparent gestaltet wird, kann das Suchen eines Parkplatzes zielgerichtet erfolgen. Das vermeidet Umwege und erleichtert es Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern, geeignete Parkplätze in der Innenstadt zu lokalisieren. Dadurch kann CO_2 eingespart und der innerstädtische Verkehr reduziert werden.

4. Intelligente Routenplanung
Die Erfassung der Füllstände ermöglichte es dem Unternehmen Hagener Entsorgungsbetrieb, die Routenplanung zur Leerung von Abfallbehältern und Depotcontainern zu optimieren und somit den Verkehr zu entlasten und CO_2 einzusparen.



Abbildung 5: In Hagen installierte Verkehrskamera

4.2 Sektor Gebäude

Im Fokus des Sektors Gebäude stand die Digitalisierung der Medien Strom, Wasser, Gas und Wärme aller kommunalen Hagener Gebäude sowie der Straßenbeleuchtung. Ebenso sollten die Trafostationen digitalisiert werden, um den Stromverbrauch insgesamt in den unterschiedlichen Quartieren der Stadt zu erfassen. Dabei kamen verschiedene Technologien mit unterschiedlichen Messschwerpunkten zum Einsatz.

Finaler Stand

Insgesamt wurden im Rahmen von sechs Ausschreibungen 2.135 Sensoren im Sektor Gebäude verbaut. Damit wurden alle Energieverbräuche der kommunalen Gebäude der Stadt Hagen sowie ein Teil der städtischen Schachtwasserzähler digitalisiert und es wurde ein EMS eingeführt. Zudem wurde das Rathaus Hohenlimburg mit Smart-Building-Sensorik ausgestattet und die Zähler der Fachhochschule Südwestfalen wurden digitalisiert. Das Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) wurde an Stellen mit schlechtem Empfang nachverdichtet und schließlich wurden alle Trafostationen in Hagen digitalisiert, um die Gesamtstromverbräuche der Stadt zu monitoren.

Der Verbrauch von Gas, Wasser und Wärme wurde durch entsprechende digitale Zähler oder digitale Ausleseeinheiten für die existierenden Zähler umgesetzt. Hier wurden in mehreren Ausschreibungen 590 Sensoren installiert und damit ein Großteil der gesamten Energiemessungen der Stadt digitalisiert. Die Daten werden dabei über das LoRaWAN der ENERVIE übertragen.

Dies gilt auch für die Schachtwasserzähler, die installiert wurden, um mögliche Wasserleckagen zu detektieren. Hier konnten zwölf Abwasserschächte mit digitalen Sensoren ausgestattet werden. Eine Herausforderung dabei war, dass normale Übertragungsmethoden (LoRaWAN/Mobilfunk) üblicherweise in unterirdischen Abwasserschächten nicht funktionieren. Daher wurde hier eine alternative Übertragungsmethode (Wireless MBus) für den letzten Meter ausgewählt.

Da die LoRaWAN-Netzabdeckung nicht an allen Standorten ausreichend war, insbesondere in tiefer gelegenen Gebäudeteilen, musste das Netz der ENERVIE an einigen Stellen nachverdichtet werden. Hierbei wurde die ENERVIE teilweise vom Projekt unterstützt. Dadurch kam es im Projektverlauf jedoch zum Teil zu Verzögerungen. Insgesamt wurden zusätzlich 62 Indoor- und ca. 50 Outdoor-Gateways für das LoRaWAN installiert.

Zusätzlich wurde die ENERVIE dabei unterstützt, alle Stromzähler von kommunalen Gebäuden durch iMSys – insgesamt 541 Stück – zu ersetzen. Anfängliche Probleme in der Backend-Software konnten durch Unterstützung seitens der dena gelöst und somit die Ausstattung bis zum Projektlaufzeitende finalisiert werden.

Für das Monitoring der Energiedaten wurde zudem ein EMS eingeführt, in dem die Stadt Hagen die Energiedaten tagesgenau abrufen und entsprechende Maßnahmen evaluieren kann.

Auch die Gebäude der Fachhochschule Südwestfalen wurden mit 18 digitalen Zählern ausgestattet, die die Daten über das LoRaWAN übertragen.

Exemplarisch wurde das Rathaus Hohenlimburg mit Smart-Building-Sensorik ausgestattet. Dafür wurden dort 208 intelligente Heizkörperthermostate verbaut, um insbesondere die Raumtemperatursteuerung, beispielsweise durch geringere Maximaltemperaturen, zu optimieren.

Die Projektmaßnahmen beschränkten sich jedoch in diesem Workstream nicht nur auf die Implementierung von digitaler Sensorik. Mit einem eigens organisierten und im Herbst 2025 durchgeführten „Klimathon“ wurden beispielsweise über eine App partizipative Einsparungsmaßnahmen für die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Hagen angeregt.

Insgesamt konnte durch das Projekt klimakommune.digital eine breite Datengrundlage für die Entwicklung weiterer Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz geschaffen und erste Maßnahmen zur Sensibilisierung der Verbraucherinnen und Verbrauer initialisiert werden. Durch die digitalen Zähler hat die Stadt Hagen die Möglichkeit, Energiedaten der kommunalen Gebäude automatisiert und tagesgenau in die CO_2-Bilanzierung einfließen zu lassen.

Technologische Ausstattungen

Tabelle 2: Technologische Ausstattungen im Sektor Gebäude

Art	Beschreibung	Anzahl
Gas-, Wasser- und Wärmemengenzähler Stadt Hagen	Ausstattung der Zähler mit Sensorik zur digitalen Übertragung der Zählerstände. Wo notwendig wurden zusätzlich Antennen oder Indoor-Gateways verbaut, um eine bessere Datenübertragung zu ermöglichen.	590
Schachtwasserzähler Stadt Hagen	Ausstattung der Schachtwasserzähler mit Sensorik zur digitalen Übertragung der Zählerstände. Zusätzlicher Verbau zur pilothaften Erprobung von einem Pegelsensor im Abwasserschacht zum Schutz vor Überflutung des Schachts.	12 + 1
Energiezähler der FH Südwestfalen	Ausstattung der Zähler mit Sensorik zur digitalen Übertragung der Zählerstände	18
Smart-Building-Sensoren im Rathaus Hohenlimburg	Ausstattung der Heizkörper mit intelligenten Heizkörperthermostaten, um eine automatisierte und CO_2-optimierte Beheizung im Rathaus Hohenlimburg zu ermöglichen	208
Netzanalysegeräte für Trafostationen und zusätzliche Hardware	Ausstattung der Trafostationen mit Netzanalysegeräten, um detaillierte Informationen über die Energieflüsse zu erhalten und Maßnahmen in Bezug auf Einsparungen einleiten zu können	692
Antennenverlängerungen an Zählersensorik	Installation von zusätzlichen Antennen an installierter Sensorik für Zähler, die aufgrund einer zu schlechten Empfangslage beispielsweise in tiefen Kellern keine Daten übertragen können	45
Indoor-Gateways	Analog zur Installation der zuvor genannten Antennen wurde an manchen Standorten aus Effizienzgründen auf Indoor-Gateways zurückgegriffen, um den Empfang zu verbessern, beispielsweise wenn sich mehrere Sensoren mit schlechtem Empfang in unmittelbarer Nähe befanden.	62
iMSys-Einbau in kommunalen Gebäuden	Installation von iMSys in den kommunalen Gebäuden der Stadt Hagen zur digitalen Erfassung der Stromzählerwerte und zum Ermöglichen detaillierterer Analysen und Anwendungen	541

Maßnahmen und Einsparpotenziale

1. Optimierte Raumtemperatursteuerung
Eine intelligente Einzelraumregelung ermöglicht eine bedarfsgerechte und energieeffiziente Steuerung der Raumtemperaturen in den kommunalen Gebäuden. Im Pilotgebäude, dem Rathaus Hohenlimburg, wird diese Technologie zunächst erprobt. Nach erfolgreicher Testphase wird geprüft, ob weitere Gebäude entsprechend ausgestattet werden sollen. Diese potenzielle Ausweitung ist jedoch nicht Bestandteil des aktuellen Projekts.

Durch die kontinuierliche Erfassung und Auswertung energetischer Messdaten können Abweichungen im Verbrauchsmuster frühzeitig identifiziert werden. Dies erlaubt es, schnell geeignete Optimierungsmaßnahmen einzuleiten und insgesamt die Energieeffizienz und die Betriebssicherheit zu erhöhen.

2. Validierung von Gebäudesanierungsmaßnahmen
Die umfassende Datenerhebung bei allen kommunalen Gebäuden schafft eine verlässliche Grundlage zur Priorisierung energetischer Sanierungsmaßnahmen. Auf Basis der identifizierten Einsparpotenziale können Sanierungen strategisch geplant und in einer wirtschaftlich sinnvollen Reihenfolge umgesetzt werden.

3. Erkennung von Leckagen und Verstopfungen
Die digitale Überwachung von Wasserzählern ermöglicht die schnelle Identifikation von Leckagen beispielsweise durch Rohrbrüche. Gleichzeitig gewährleisten Sensoren in Abwasserschächten eine frühzeitige Detektion von Verstopfungen. Dadurch können notwendige Gegenmaßnahmen unmittelbar eingeleitet und Folgeschäden effektiv vermieden werden.

4. Detaillierte Netzanalyse durch digitalisierte Trafostationen
Die verbesserte Datenerfassung und -analyse in Trafostationen unterstützt eine präzisere Planung und effizientere Auslastung des Verteilnetzes. Dies gewinnt insbesondere mit dem zunehmenden Anteil von Prosumern an Bedeutung und trägt zu einem stabilen, zukunftsfähigen Netzbetrieb bei.

5. Intelligente Messsysteme bieten die Möglichkeit, das Stromnetz zu entlasten
Eine gut ausgebaute iMSys-Infrastruktur ermöglicht eine präzise und nahezu in Echtzeit verfügbare Erfassung von Verbrauchs- und Einspeisedaten. Dadurch können Netzbetreiber Lastspitzen frühzeitig erkennen und gezielt steuern. Gleichzeitig schaffen iMSys die Grundlage für flexible Tarife, die die Verbraucherschaft motivieren, ihren Stromverbrauch in Zeiten geringer Netzbelastung zu verlagern. Auch die Integration von dezentralen Erzeugern wie Photovoltaikanlagen oder Batteriespeichern wird erleichtert. Insgesamt trägt dies zu einer effizienteren Auslastung und spürbaren Entlastung des Stromnetzes bei.



Abbildung 6: LoRaWAN-Module für die Datenübertragung von Zählern

Einsparpotenziale

1. Anwesenheitsbasierte Raumtemperaturregelung
Durch die Einführung einer intelligenten, anwesenheitsbasierten Raumtemperatursteuerung können erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden. Der Ausstatter sieht ein Einsparpotenzial von rund 25 % der Heizenergie, das nun durch die im Projekt bereitgestellten Mess- und Analysedaten belastbar validiert werden kann. Konkret würde das eine Einsparung von 22.373 kg CO_2 pro Jahr bedeuten, wenn man den Energieverbrauch des Gebäudes von 2024 in Höhe von 447.469 kWh zugrunde legt sowie einen CO_2-Faktor für Erdgas von 0,20 kg CO_2 pro kWh. Damit bietet diese Maßnahme einen zentralen Hebel zur Reduktion sowohl der Energiekosten als auch der CO_2-Emissionen.

2. Reduzierter Aufwand für Zählerablesungen
Durch den Wegfall oder die deutliche Reduzierung manueller Zählerablesungen werden nicht nur Arbeitsaufwände und damit verbundene Kosten gesenkt, sondern auch CO_2-Emissionen – etwa durch Fahrwege – eingespart. Durch das Entfallen des traditionellen Zählerbetriebs mit Vor-Ort-Ablesungen wurde für die Stadt Hagen ein Kosteneinsparungspotenzial in Höhe von ca. 10.000 Euro pro Jahr ermittelt. Die automatisierte Datenerfassung trägt somit zu einer effizienteren und ressourcenschonenden Betriebsführung bei.

3. Optimiertes Heizverhalten durch Live-Daten
Die kontinuierliche Bereitstellung von Echtzeitdaten der Gaszähler ermöglicht ein zielgerichtetes und bedarfsgerechtes Heizverhalten. Auf Basis dieser Live-Daten können ineffiziente Heizmuster identifiziert und angepasst werden, was zu zusätzlichen Kosten- und CO_2-Einsparungen führt. Für die Stadt Hagen konnte ingesamt eine Einsparung von ca. 50.000 Euro pro Jahr ermittelt werden.

4. Priorisierte energetische Gebäudesanierung
Die neu geschaffene Datentransparenz erlaubt es, Gebäude mit besonders hohem energetischem Sanierungsbedarf gezielt zu identifizieren. Durch die Priorisierung der Maßnahmen anhand der größten Einsparpotenziale können sowohl finanzielle Mittel effizient eingesetzt als auch CO_2-Emissionen reduziert werden.

5. Vermeidung von Leckagen
Die frühzeitige Erkennung von Wasserleckagen verhindert langfristige Schäden an der Gebäudesubstanz, die andernfalls hohe Reparaturkosten und zusätzlichen Ressourcenverbrauch verursachen könnten. Die schnelle Identifikation solcher Vorfälle führt damit sowohl zu Kosten- als auch zu CO_2-Einsparungen, da aufwendige Sanierungen vermieden werden. Eine Einsparung von 5.000 Euro p. a. wurde für die Stadt Hagen ermittelt.



Abbildung 7: Intelligentes Messsystem im Zählerschrank

6. Verhinderung illegaler Entnahmen
Durch die sensorbasierte Überwachung der Wasserzähler können ungewöhnlich hohe oder untypische Entnahmen erkannt werden. Auf diese Weise lassen sich illegale Wasserentnahmen frühzeitig verhindern, was zu direkten Kostenreduktionen und einer effizienteren Nutzung der Ressource Wasser beiträgt.



Abbildung 8: Installierter Gaszähler mit Impulsaufnehmerkabel

4.3 Sektor Industrie

Im Sektor Industrie war das Ziel, energieintensive Unternehmen zu gewinnen, große Energieverbraucher bei den Unternehmen zu identifizieren und sie mit digitalen Messgeräten auszustatten. Die Unternehmen sollten auch mit einem EMS ausgestattet und in einem Beratungsworkshop Einsparpotenziale identifiziert werden.

Finaler Stand

Insgesamt wurden im Rahmen von einer Ausschreibung 158 Sensoren im Sektor Industrie bei drei Unternehmen installiert und es wurde jeweils eine Energiemanagementsoftware eingerichtet. Im Anschluss wurden die Unternehmen bei Schulungen in die Software eingeführt und für Dekarbonisierungs- und Einsparmaßnahmen sensibilisiert.

Da im Sektor Industrie die auszustattenden Akteure privatwirtschaftlicher Natur sind, mussten sie zunächst zu Projektbeginn von der Erfassung von CO_2-Emissionen überzeugt werden. Nichtsdestotrotz gelang es, die Hardwareinstallation (Gas und Strom) bei insgesamt drei lokalen Unternehmen (KB Schmiedetechnik GmbH, Härtetechnik Hagen GmbH, RUD-SCHÖTTLER Umformtechnik & Systemlieferant GmbH) erfolgreich durchzuführen. Die Unternehmen wurden zudem mit einer Energiemanagementsoftware ausgestattet und es wurde ein entsprechendes Dashboard für die Unternehmen aufgebaut. Dadurch können diese die Energiedaten monitoren und analysieren sowie Einsparmaßnahmen ableiten und bewerten. Zur Nutzung des EMS erhielten die Industriepartner Energiemanagementschulungen in Zusammenarbeit mit dem KEDi (Kompetenzzentrum Energieeffizienz durch Digitalisierung), um sie für Dekarbonisierungs- und Einsparmaßnahmen zu sensibilisieren und einen Handlungsplan zu erstellen.

Ein viertes Unternehmen konnte gegen Ende der Projektlaufzeit für die Digitalisierung der Zähler gewonnen werden, die technische Ausstattung und die Schnittstelle zum Energiemanagement-Dashboard konnten jedoch im Rahmen des Projekts nicht mehr umgesetzt werden.

Die Projektarbeit im Sektor Industrie wurde teilweise durch schwierige Einbauverhältnisse bei den Industriepartnern und insbesondere durch Probleme bei der Terminfindung erschwert. Gleichzeitig konnten im Projektverlauf verschiedene Lessons Learned gewonnen und die Ausstattungsprozesse optimiert werden. Zudem hatte der Workstream durch die Zusammenarbeit mit externen Partnern einen stärkeren rechtlichen Bezug. So war beispielsweise die Zeichnung von De-minimis-Erklärungen und Datennutzungsvereinbarungen durch die Industriepartner für die weitere Projektarbeit zwingend erforderlich und musste entsprechend im Vorfeld koordiniert werden.

In Summe konnten jedoch trotz der Stolpersteine die gesetzten Zielbilder des Sektors Industrie vollumfänglich erreicht werden. Anhand konkreter gemessener und visualisierter Daten zu beispielsweise Lastspitzen ist es mit Projektende für die Unternehmen möglich, spezifische Dekarbonisierungsmaßnahmen anzustoßen.

> ***Das Projekt klimakommune.digital visualisiert Verbräuche auf beeindruckende Art. Die Möglichkeiten zur Auswertung der Daten sind enorm. Endlich sind wir in der Lage, energetische Maßnahmen detailliert zu bewerten und weitere Einsparpotenziale aufzuspüren.***
>
> Marc Escher, Einkauf, Projektmanagement und IT, Härtetechnik Hagen GmbH

Technologische Ausstattungen

Tabelle 3: Technologische Ausstattungen im Sektor Industrie

Art	Beschreibung	Anzahl
Sensoren Stromverbrauch	LoRaWAN-Sensoren für die Fernablesung des Stromverbrauchs in den Industrieunternehmen	121
Sensoren Gasverbrauch	Turbinenradzähler zur Messung der Gasmenge an Gasverbrauchseinrichtungen	37
ModBus-to-LoRaWAN-Bridge	Anbindung von Geräten an ein LoRaWAN-Netz	4
Funkmodul	Modul zur Fernauslesung mechanischer Zähler	15

Maßnahmen und Einsparpotenziale

1. Erfassung der Energiedaten
Zweck der installierten Strom- und Gassensorik ist die Erfassung der Energieverbräuche der drei kooperierenden Industrieunternehmen. Dies dient dem Verständnis von Produktionsprozessen sowie der Identifikation von Lastspitzen und der energieintensivsten Maschinen oder Anlagen.

2. Lastspitzenmanagement
Durch die Erfassung des Stromverbrauchs von Produktionsanlagen und -prozessen können Lastspitzen festgestellt werden. Um den Hintergrund von Lastspitzen zu analysieren, ist es wichtig zu wissen, wie hoch der Leistungsbezug jeder Anlage ist. Danach richtet sich der Strompreis für Industrieunternehmen. Wenn die Gesamtleistung des Unternehmens über 15 Minuten einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, hat das Unternehmen erhöhte Energiekosten. Unter Verwendung der Energiedaten des Unternehmens können Lastspitzen verringert werden, sofern Anlagen mit hohem Leistungsbezug nicht gleichzeitig laufen.

3. Verknüpfung von Energie- und Prozessdaten
Bei der Verknüpfung von Energie- mit Prozessdaten können der Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten eines Industrieunternehmens in ein Verhältnis zu seiner Produktion gesetzt werden. So lassen sich Energieaufwand/Stück oder auch CO_2-Äquivalent in Kilogramm/Stück erfassen. Weiterhin ist der Vergleich ähnlicher Anlagen möglich. Somit lassen sich Produktionsprozesse an den Strompreis oder die Primärenergie anpassen, um dadurch CO_2 einzusparen.

Einsparpotenziale

1. Prozessoptimierung
Durch die Verknüpfung der erfassten Energiedaten mit den Prozessdaten können die Laufzeiten der Anlagen optimal genutzt werden. Zum einen können Leerläufe vermieden werden, zum anderen lassen sich die idealen Bedingungen für den Betrieb der Anlagen feststellen.

Einsparpotenziale basierend auf der Untersuchung der Leerlaufzeiten für die Hauptverbraucheranlagen (drei Gasöfen und zwei Stromöfen)
Im Rahmen des Projekts wurden mittels der vorliegenden Prozessdaten Einsparpotenziale in einem Beispielunternehmen errechnet. Sowohl für die Gas- als auch die Stromöfen wurde eine Laufzeitoptimierung unter Verringerung der Energieverbräuche während der Leerlaufzeiten betrachtet. Die Untergrenze bildet dabei eine Verringerung um 5 %, die Obergrenze eine um 15 %.

Für die Stromöfen wurden zusätzlich drei Maßnahmen definiert:

Maßnahme 1 umfasst die energetische Sanierung der Anlage Codere 1 (Stromofen) und darauf aufbauend die Berechnung der Einsparungen für ca. 300 Prozesse.

Für die **Maßnahme 2** wurde der Betriebsdruck des Kompressors von 7,2 auf 6,5 bar herabgesenkt.

Maßnahme 3 dient als Reaktion auf die Identifikation des ungewöhnlich hohen Stromverbrauchs einer Waschanlage. Diese soll umgebaut und die Abwärme des Kompressors genutzt werden.

Die Maßnahmen 1 und 2 wurden bereits umgesetzt. Maßnahme 3 ist für 2026 geplant.

Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Gasöfen
Laufzeitoptimierung 5 % (untere Grenze)
- Energie: 72.681,5 kWh/a
- Kosten: 4.360,89 €/a
- CO_2-Emissionen: 14,6 t CO_2/a

Laufzeitoptimierung 15 % (obere Grenze)
- Energie: 218.043,33 kWh/a
- Kosten: 13.082,67 €/a
- CO_2-Emissionen: 43,9 t CO_2/a

Stromöfen
Maßnahme 1: Energetische Sanierung der Anlage Codere 1 (Stromofen)
- Energie: 34.980 kWh/a
- Kosten: 6.296,40 €/a
- CO_2-Emissionen: 12,7 t CO_2/a

Maßnahme 2: Herabsenken des Betriebsdrucks des Kompressors von 7,2 auf 6,5 bar
- Energie: 3.240 kWh/a
- Kosten: 583 €/a
- CO_2-Emissionen: 1,18 t CO_2/a

Maßnahme 3: Umbau der Anlage und Nutzung der Abwärme des Kompressors
- Energie: 60.000 kWh/a
- Kosten: 10.800 €/a
- CO_2-Emissionen: 21,8 t CO_2/a

Laufzeitoptimierung Stromanlagen 5 %
- Energie: 91.782 kWh/a
- Kosten: 16.520,75 €/a
- CO_2-Emissionen: 33,32 t CO_2/a

Laufzeitoptimierung Stromanlagen 15 %
- Energie: 275.346 kWh/a
- Kosten: 46.562,24 €/a
- CO_2-Emissionen: 99,95 t CO_2/a

2. Emissionsreduktion durch Spitzenlastverschiebung oder -vermeidung

Durch die Identifikation von Spitzenlasten können diese in Tageszeiten verlagert werden, in denen der prozentuale Anteil erneuerbarer Energien am bezogenen Strom besonders hoch ist. Dieses Zeitintervall liegt zwischen 11 und 16 Uhr. Außerdem ist auf der gleichen Grundlage auch eine Vermeidung von Spitzenlasten möglich, da die Option besteht, energieintensive Anlagen zu verschiedenen Zeitpunkten laufen zu lassen. Auch dadurch lassen sich je nach Tageszeit Emissionen durch die genutzte Primärenergie zur Stromproduktion einsparen.

3. Erkennung von verschlechterten Effizienzen durch Predictive Maintenance

Ein anderer Aspekt ist Predictive Maintenance. Der aktuelle Verbrauch einer Anlage kann mit ihrem historischen Verbrauch verglichen werden. Vor allem bei längeren Messintervallen kann man so auf Effizienzverluste reagieren.

4. Optimierung der Steuerung

Stromeinsparung und Kostenoptimierung können durch optimierte Pumpensteuerung mithilfe von KI-Software und digitalen Zwillingen sowie optimierte Drehzahlen und An-/Ausschaltzeiten erreicht werden. Das zeigt beispielsweise die Studie: Energieeffizientere Pumpensteuerung mit KI-Software und Digitalen Zwilling; optimierte Drehzahlen und An-/Ausschaltzeiten führen zu Stromeinsparung und Kostenreduzierung

5. Energiemanagementsystem

Die Einführung eines EMS nach ISO 50001 zeigt erhebliche Einsparpotenziale durch Monitoring, automatisierte Steuerung und Verbrauchstransparenz sowie die Integration von Wetterdaten in die Energieanalyse. Dies zeigt eine Studie von KEDi Showcase | Energiedatenmanagement in der industriellen Kunststoffgranulat-Produktion.

Folgende Parameter wurden bei der Berechnung berücksichtigt:

- **Strompreis** von **0,18** €/kWh, **Gaspreis** von **0,06** €/kWh
- Verwendeter Heizwert: 11,531
- Verwendeter heizwertspezifischer Emissionsfaktor: 0,201 kg CO_2/kWh
- Direkter CO_2-Emissionsfaktor des Stromverbrauchs (ohne Vorkettenemissionen): 0,363 kg CO_2/kWh (Umweltbundesamt 2024)
- Die Einsparungen für die Leerlaufzeiten wurden anhand der durchschnittlichen Leerlaufzeiten und Energieverbräuche auf alle Anlagen hochskaliert.
- Für die Umrechnung des Erdgasverbrauchs von m^3 in kWh wurde ein Heizwert von 11,531 verwendet. (Dieser kann aber je nach Gasqualität sehr stark variieren.)
- **Unpräzise Zähler:** Es gibt Abweichungen von 2.000 bis 3.000 Normkubikmetern (Nm^3) pro Jahr und Anlage zwischen manuellen Daten und Online-Zählern.
- **Volatile Auftragslage:** Die schwankende Auslastung erschwert eine stabile Prozessoptimierung.
- **Volatiles Produktionsverhalten:** Dadurch ist es aktuell nicht möglich, sinnvolle Richtwerte für Energieeinsparungen zu bestimmen.
- **Schwankende Erdgasqualität:** Da die Zähler in Normkubikmetern arbeiten, kann 1 Nm^3 je nach Gasqualität zwischen 10 und 11 kWh liegen.

4.4 Sektor Wärme

Zu Projektbeginn waren Tätigkeiten im Sektor Wärme zunächst nicht geplant, wurden aber aufgrund des Wärmeenergiegesetzes und der damit verbundenen Kommunalen Wärmeplanung 2024 mit in das Projekt aufgenommen. Maßgebliche Intention für den Workstream war es, Gas- und Wärmeverbräuche in der Stadt in Echtzeit zu erfassen und im nächsten Schritt anhand erhobener Daten CO_2-Einsparpotenziale zu identifizieren und umzusetzen. In diesem Zuge wird angestrebt, bis Ende 2026 – und damit erst nach Projektende – alle Fernwärmeanschlüsse zu digitalisieren.

Finaler Stand

Die ersten wesentlichen Aktivitäten in diesem Sektor waren die Prüfung der Wärme- und Gasnetze hinsichtlich des Stands der Digitalisierung. Die teilweise privaten Betreiber der Hagener Fernwärmenetze waren bereits im Begriff, die Netze mit digitalen Sensoren auszustatten. Daher wurde die Digitalisierung der Netze außerhalb des Projekts umgesetzt.

Im Rahmen des Projekts wurde zudem eine Open-Source-Chatbot-Software zur Beantwortung von Fragen der Bevölkerung zu den aktuellen Regelungen bezüglich eines Heizungsaustauschs entwickelt und anderen Kommunen zur Nutzung bereitgestellt.

Maßnahmen und Einsparpotenziale

Aufgrund der Eigentumsverhältnisse bei den Wärmenetzen konnten im Projekt selbst keine Einsparmaßnahmen evaluiert werden. Jedoch zeigen Ergebnisse aus anderen Projekten, wie dem Projekt „KI in Fernwärme“ oder „Maschinelles Lernen für Fernwärme“, dass bei digitalisierten Netzen große Potenziale hinsichtlich der Einsparung von CO_2 bestehen. So hat das Projekt „KI in Fernwärme“ gezeigt, dass durch eine KI-basierte Wärmelastprognose die Prognosefehlerrate um bis zu 25 % reduziert werden kann (Projektseite KI in Fernwärme: future-energy-lab.de/projects/ki-in-fernwaerme/). Im Projekt „Maschinelles Lernen für Fernwärme“ (ML4FW) konnte durch eine automatisierte Anpassung der Reglerparameter in digitalisierten Hausanschlussstationen die Rücklauftemperatur um ca. 2 bis 3 K gesenkt werden, was einer Energieeinsparung von bis zu 22 % entspricht (Projektseite ML4FW: future-energy-lab.de/projects/ml-in-fernwaerme/).

4.5 Klimafolgenanpassung

Der Bereich Klimafolgenanpassung wurde im Frühjahr 2024 als insgesamt fünfter Workstream im Projekt klimakommune.digital ergänzt, um den kontinuierlichen Entwicklungen des Klimawandels und der steigenden Anzahl an Naturkatastrophen Rechnung zu tragen. Die Digitalisierungsmaßnahmen für diesen Bereich entstanden im Besonderen aus den Austauschen mit und Rückmeldungen aus der Bürgerschaft der Stadt Hagen. Fokus des neuen Sektors war vor allem die Installation von Sensorik an Wäldern und Flüssen, um potenzielle Waldbrände und Überflutungen frühzeitig identifizieren zu können.

Finaler Stand

In dem Bereich Klimafolgenanpassung konnten erfolgreich 31 Waldbrandsensoren zur Überwachung von ca. 13 Quadratkilometern installiert werden, die ihre Daten per LoRaWAN übertragen. Die Daten werden der Feuerwehr im Rahmen eines Frühwarnsystems zur Verfügung gestellt, um künftig Waldbrände schneller zu erkennen und effektiver bekämpfen zu können.

Des Weiteren wurden neun Pegelmesssensoren im Stadtgebiet installiert, um die Pegelstände von städtischen Fließgewässern transparent zu monitoren und den Schutz vor Hochwasser zu verbessern. Die Daten werden der Stadt, aber auch allen Bürgerinnen und Bürgern transparent auf der UDP zur Verfügung gestellt.

Ebenfalls Teil dieses Workstreams war die Ausstattung von insgesamt 30 Stadtbäumen mit Bodenfeuchtesensoren. Sie ermöglichen eine gezielte Bewässerung bei länger andauernden Trockenperioden. Eine Integration dieser Informationen in eine „Gießplattform“ zur Partizipation der Bürgerinnen und Bürger wurde durch die Stadt Hagen selbst initiiert.

Die Ausstattung der Gewässer mit Gewässerkameras konnte aufgrund fehlender Anbieter bei der entsprechenden Ausschreibung (wegen mangelnder Kapazitäten und des kleinen Volumens von nur zwei Standorten) nicht umgesetzt werden.

In Anbetracht dessen, dass die Projekttätigkeiten innerhalb des Sektors erst zur Mitte des Projekts starteten und zusätzlich zum ursprünglichen Projektplan initiiert wurden, können die erreichten Meilensteine als positiv eingestuft werden. Die Implementierung der Sensorik legte im Sinne der Zielbilder die Grundlage für ein datengestütztes Monitoring für einen verbesserten Katastrophenschutz und die perspektivische Ergreifung von Präventionsmaßnahmen.

Technologische Ausstattungen

Tabelle 4: Technologische Ausstattungen im Sektor Klimafolgenanpassung

Art	Beschreibung	Anzahl
Waldbrandsensorik	Luftqualitätsbasiertes Waldbranderkennungssystem. Dieses System nutzt Sensoren, um Veränderungen der Luftqualität zu überwachen, die auf entstehende Waldbrände hinweisen könnten.	31
Pegelmesssensoren	Pegelmesssensoren inklusive einer Befestigungskonstruktion, die Live-Daten der aktuellen Pegel von Fließgewässern liefern	9
Bodenfeuchtesensoren	Sensoren zur Erfassung der Bodenfeuchte in der Baumscheibe von Stadtbäumen	30

Maßnahmen und Einsparpotenziale

1. Frühwarnsystem für Waldbrände
Zur Erhöhung der Sicherheit von Mensch und Natur wird ein Frühwarnsystem für die Feuerwehr Hagen bereitgestellt. Durch kontinuierliche Sensordatenerfassung können potenzielle Waldbrandereignisse frühzeitig erkannt und entsprechende Gegenmaßnahmen schneller eingeleitet werden.

2. Schnellere Hochwassererkennung
Für die Abteilung Katastrophenschutz der Stadt Hagen wird ein System bereitgestellt, das Hochwasserereignisse in den städtischen Fließgewässern frühzeitig detektiert. Die zeitnahe Bereitstellung relevanter Informationen ermöglicht eine deutlich kürzere Reaktionszeit und verbessert den Schutz der Bevölkerung sowie der Infrastruktur.

3. Optimierte Bewässerung städtischer Straßenbäume
In vielen Kommunen erfolgt die Bewässerung von Straßenbäumen durch regelmäßige Fahrten mit Tankfahrzeugen – oft ohne genaue Kenntnis des tatsächlichen Bedarfs. Durch präzise Bodenfeuchtedaten können unnötige Bewässerungsfahrten vermieden und die Pflegeeinsätze effizienter geplant werden, was sowohl Ressourcen schont als auch das Personal entlastet.

Einsparpotenziale

1. Vermeidung von Überschwemmungsschäden
Durch die frühzeitige Erkennung von Hochwasser lassen sich Schäden an der städtischen Infrastruktur sowie an privatem Eigentum reduzieren. Die kurze Reaktionszeit minimiert Folgekosten und verringert den Bedarf an Schadensausgleichszahlungen.

2. Reduzierte Schäden durch früh erkannte Brände
Ein effektives Frühwarnsystem für Waldbrände ermöglicht ein rasches Eingreifen und verhindert, dass sich kleinere Brandereignisse zu großflächigen Schadenslagen entwickeln. Somit können durch die Möglichkeit, frühzeitig Brandereignisse zu erkennen, auch große Mengen CO_2 eingespart werden. Dadurch werden Mensch und Natur besser geschützt und kostenintensive Folgeschäden vermieden.

3. Einsparungen durch optimierte Bewässerungsfahrten
Die Nutzung aktueller Bodenfeuchtedaten führt zu einer Verringerung unnötiger Bewässerungsfahrten. Dies senkt sowohl Betriebs- und Treibstoffkosten als auch die damit verbundenen CO_2-Emissionen.

4. Niedrigere Baumsterberate und vermiedene Neupflanzungen
Durch eine bedarfsgerechte Bewässerung werden die Vitalität und Überlebensrate der Straßenbäume erhöht. Dies reduziert langfristig die Kosten für Neupflanzungen und mindert zugleich die CO_2-Belastung, die durch Transport, Pflanzung und Pflege neuer Bäume entstehen würde.



Abbildung 9: In Hagen installierter Bodenfeuchtesensor



Abbildung 10: Installierter Waldbrandsensor inklusive Solarmodul

4.6 Urban Data Platform (UDP)

Der Workstream UDP beschäftigte sich während der Projektumsetzung mit der Entwicklung, dem Auf- und Ausbau und der Veröffentlichung einer frei zugänglichen Datenplattform. Die Bereitstellung der UDP war zentraler Bestandteil des Gesamtprojekts, da die Plattform der Aggregation, Visualisierung und Analyse von Daten, die in den anderen Sektoren erhoben werden, dient.

Finaler Stand

Für die Entwicklung der Datenplattform wurde im Zuge eines Ausschreibungsprozesses ein externer Partner ausgewählt und beauftragt. In Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Workstreams wurden iterativ die verschiedenen Messwerte aus dem Projekt sowie aus dem Bestand der Stadt Hagen an die Plattform angebunden. Die Visualisierung der Daten erfolgt sowohl in einem internen Dashboard für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Stadt Hagen als auch aggregiert in einem externen Dashboard für die Bürgerinnen und Bürger sowie weitere Interessierte. Gemeinsam mit den Projektteams der einzelnen Sektoren wurden hierfür Anforderungen ermittelt und erfüllt. Gegen Mitte des Jahres 2025 wurde die UDP live geschaltet und das externe Dashboard mit den ersten angebundenen Daten veröffentlicht.

Die UDP ist eine Open-Source-Software, weshalb Handbücher zur Dokumentation der fachlichen Handhabung der UDP sowie des Dashboards (z. B. Einbinden neuer Sensoren, Erstellen neuer Grafiken im Dashboard) entwickelt und übergeben wurden.

Die UDP inklusive Dashboard wird zur operativen Nutzung nach Projektende an die Stadt Hagen übergeben, wodurch die Weiterentwicklung der UDP auch nach 2025 und über das Projekt hinaus fortgesetzt wird. Dies umfasst auch die Einbindung und Visualisierung von Projektdaten, die in der Projektlaufzeit nicht vollumfänglich abgebildet werden konnten. Mit der Entwicklung der UDP konnte eine wichtige Grundlage für eine erhöhte Transparenz und Partizipation bei den Bürgerinnen und Bürgern sowie weiteren Stakeholdern geschaffen werden. Auch als Basis für datenbasierte Entscheidungen in Bezug auf Stadtplanung, Klimaschutz und Energieeffizienz kann die UDP mit dem Stand 2025, wie in den Zielbildern des Workstreams geplant, dienen.

Unter folgendem Link kann das externe Dashboard der UDP aufgerufen werden: dashboard.udp.hagen.de/public/start

> ***Eine fundierte Datengrundlage ist der Schlüssel für effektives Energie- und Klimaschutzmanagement – auch im kommunalen Bereich. Die Urban Data Platform ermöglicht es, alle Daten an einem Ort zu haben und eigenständig aussagekräftige Analysen durchzuführen.***
>
> Anika Lange, Projektmitglied klimakommune.digital und Seniorexpertin Digitale Technologien, dena

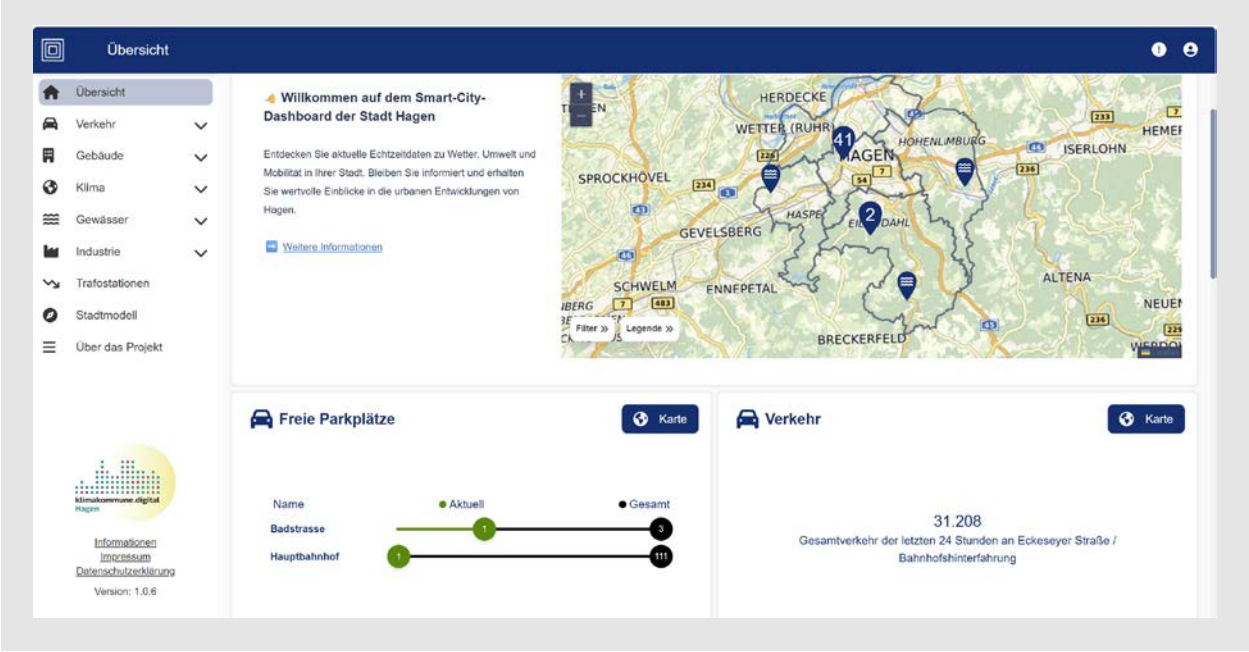


Abbildung 11: Startansicht und Dashboard der Urban Data Platform (Screenshot)

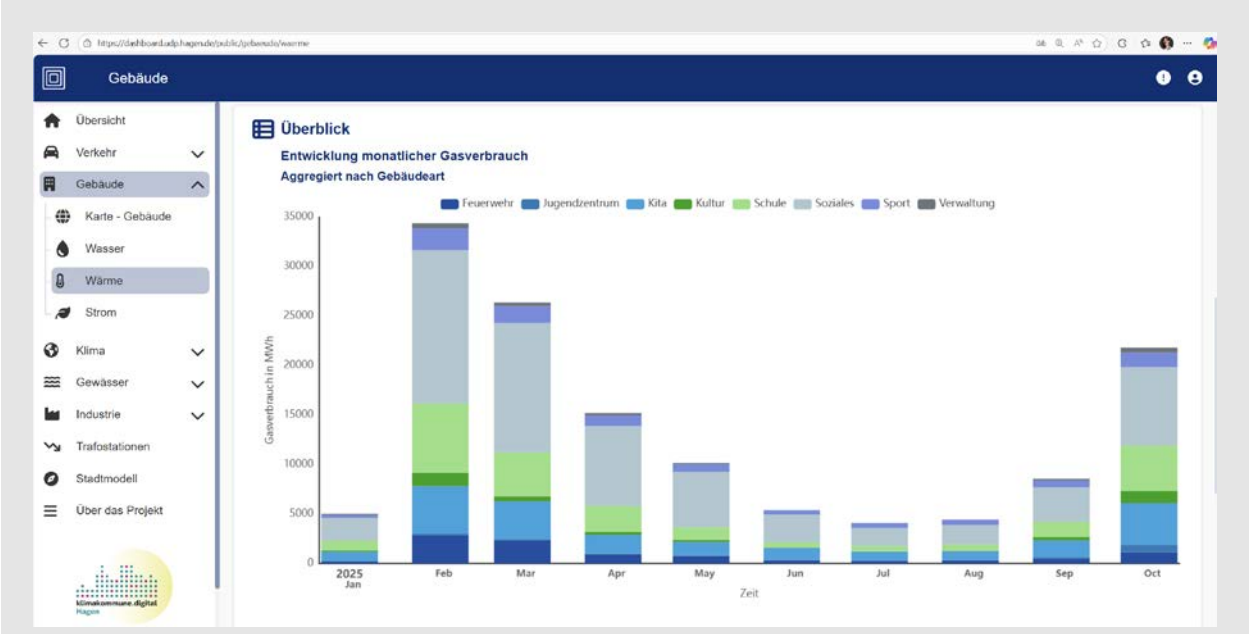


Abbildung 12: Abbildung des monatlichen Gasverbrauchs im Sektor Gebäude auf der Urban Data Platform (Screenshot)

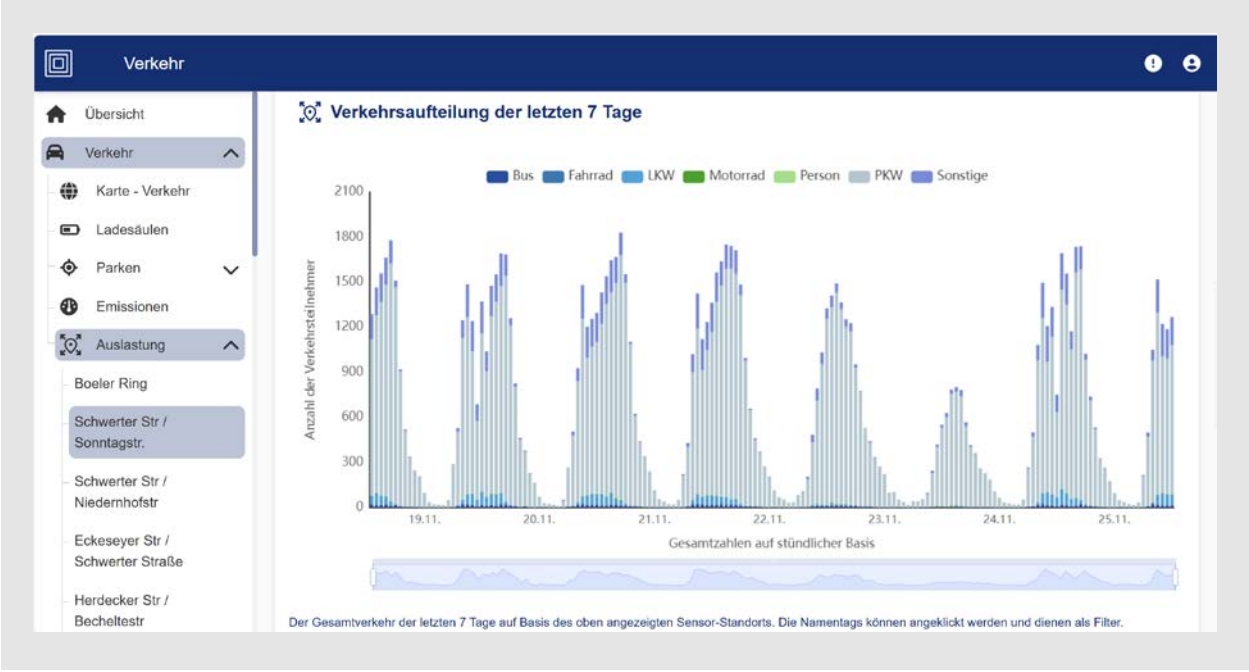


Abbildung 13: Abbildung der Verkehrsaufteilung der letzten sieben Tage auf der Urban Data Platform (Screenshot)

Die Entscheidung für eine Open-Source-Architektur der Urban Data Platform gibt der Stadt digitale Souveränität und schafft zugleich die Grundlage dafür, dass andere Kommunen Anwendungen übernehmen oder weiterentwickeln können.

Philipp Richard, Bereichsleiter Digitale Technologien und Start-up-Ökosystem, dena

4.7 Kommunikation

Die in diesem Workstream durchgeführten Kommunikationsmaßnahmen waren zentraler Bestandteil, um die Bekanntheit, Akzeptanz und Übertragbarkeit des Projekts zu fördern. Sie umfassten sowohl interne als auch externe Kommunikationsstrategien und richteten sich an verschiedene Zielgruppen, darunter Bürgerschaft, Fachpublikum und andere Kommunen.

Finaler Stand

Zunächst wurde zu Beginn der Fokus auf die Erstellung eines Kommunikationspakets gelegt. Es bestand zum einen aus der Erstellung und der Pflege einer Projektwebsite sowie aus der Erstellung und Etablierung des Logos der klimakommune.digital. Zusätzlich wurden die Aktivitäten durch einen Kommunikationsplan für jedes laufende Projektjahr gesteuert und geplant.

Die Bekanntheit des Projekts wurde durch die Teilnahme an Veranstaltungen, Messen und Wettbewerben gesteigert. Ein großer Erfolg war dabei die erfolgreiche Teilnahme am 23. eGovernment-Wettbewerb im Jahr 2024. Das Projekt wurde dabei als Sieger in der Kategorie „Nachhaltigkeit durch Digitalisierung und in der IT“ ausgezeichnet. Weiter hervorzuheben ist die regelmäßige Teilnahme an Veranstaltungen wie z. B. der Langen Nacht der Wissenschaften im Future Energy Lab, der smartOPTIMO, der CIVI/CON, der Smart Country Convention, der Smart City World Expo in Barcelona und dem Future Energy Day.

Aber auch die Nutzung von verschiedenen Medien in der Öffentlichkeitsarbeit wurde aufgegriffen, beispielsweise die Vermarktung der klimakommune.digital durch Podcasts, Newsletter und Artikel in Fachmagazinen wie „Kommune21“, „Gemeinderat“, „stadt+werk“ und „KOMMUNALtopinform“. Begleitet wurden diese Maßnahmen durch diverse Beiträge auf dem LinkedIn-Kanal des Future Energy Lab und den Social-Media-Kanälen der Stadt Hagen sowie durch Pressemitteilungen.

Darüber hinaus wurde die Bürgerschaft während der Projektlaufzeit beispielsweise auf kommunalen Veranstaltungen wie dem Digi Day oder in Ringvorlesungen der FernUniversität Hagen über Ziele, Maßnahmen und Vorteile des Projekts informiert und im Zuge der Bürgerbefragung aktiv eingebunden, wodurch die Akzeptanz des Projekts gefördert wurde.

Zu den durchgeführten Kommunikationsmaßnahmen zählt auch das Aufstellen von Infoscreens. Sie sollen dabei helfen, Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer durch den Zugang zum Dashboard der UDP mit der Anzeige von aktuellen CO_2-Werten in der Luft für das Ausstoßen von Emissionen zu sensibilisieren und idealerweise das Verkehrsverhalten der Hagener Bevölkerung nachhaltig positiv zu beeinflussen. Zusätzlich sind auch die Daten zur Verkehrszählung einsehbar.

Abgerundet wurden die Kommunikationsmaßnahmen durch Aktivitäten als Teil des Arbeitspakets „Smart City International“ mit dem Ziel, das Projekt klimakommune.digital auch außerhalb von Deutschland zu platzieren und die internationale Bekanntheit zu erhöhen.

Eine Übersicht über alle Kommunikationsmaßnahmen ist in der folgenden Abbildung 15 dargestellt. Das Aufsetzen der Website, die Entwicklung des Logos sowie die ausführliche Erstellung eines die Stakeholder umfassenden Kommunikationsplans begründen, warum nahezu alle Kommunikationsanlässe in der zweiten Projekthälfte lagen.

Überblick über alle Kommunikationsmaßnahmen und -anlässe

Der Workstream Kommunikation konnte zusammengefasst die Aktivitäten des Projekts auf Basis eines jährlichen Kommunikationsplans unter Nutzung verschiedenster Kanäle einer breiten Öffentlichkeit näherbringen und insbesondere dank der begleitenden Durchführung der drei Bürgerbefragungen partizipative Elemente berücksichtigen. Es gelang, die Bekanntheit der klimakommune.digital über die Jahre hinweg zu steigern und somit auch den angestrebten Baukastencharakter und die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu vermarkten.

Bürgerbefragung – Entwicklung und Ergebnisse 2023 bis 2025

1. Teilnehmerzahl

Die drei Bürgerbefragungen wurden online durchgeführt und wissenschaftlich von der dena, dem Fraunhofer IOSB-INA und Deloitte begleitet. Bei der ersten Befragung im Jahr 2023 nahmen 300 Bürgerinnen und Bürger teil, in 2024 waren es 257 Teilnehmerinnen und Teilnehmer und im Jahr 2025 gab es 291 abgeschlossene Teilnahmen. Der Fragebogen wurde nach der ersten Befragungswelle verkürzt, sodass die durchschnittliche Beantwortungszeit kontinuierlich über die Jahre gesunken ist.

2. Demografische Daten

Trotz schwankender Teilnehmerzahlen konnten somit jedes Jahr über 250 Stimmen – und damit die angestrebte Anzahl – aus der Bevölkerung eingefangen werden. Die Demografie der Befragten (Geschlecht, Alter, Erwerbsstatus) blieb dabei überwiegend konstant, nur der Anteil der Befragten, die in Hagen wohnten, stieg deutlich an. Insgesamt weisen die Befragungsergebnisse daher über die drei Befragungswellen eine gute Repräsentanz auf.

3. Bekanntheit

Der Bekanntheitsgrad des Projekts lag in den ersten beiden Jahren bei etwa 16 %. In der dritten Befragung verdoppelte sich die Bekanntheit. Insgesamt 32 % der Befragten gaben in 2025 an, die klimakommune.digital zu kennen. Der Arbeitgeber, Kolleginnen und Kollegen sowie die Internetseite der Stadt Hagen wurden stets als der häufigste Grund für die Bekanntheit des Projekts angegeben.

Der Name klimakommune.digital wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern in erster Linie mit Klimaschutz und Digitalisierung in Verbindung gebracht. Dabei lässt sich über alle in der Befragung auswählbaren Digitalisierungsmaßnahmen der Stadt Hagen mit dem Ziel des Klimaschutzes das Fazit ziehen, dass insgesamt eine Steigerung in der Bekanntheit über die drei Befragungswellen stattgefunden hat.

4. Persönliche Relevanz

Die Einschätzung der persönlichen Relevanz des Projekts fiel über die drei Befragungswellen hinweg sehr konstant aus. Etwas mehr als 70 % bewerteten jedes Jahr die klimakommune.digital für sich persönlich als mindestens etwas relevant, knapp 40 % aller Befragten sogar als relevant oder sehr relevant. Gleichzeitig gab etwas mehr als jede vierte befragte Person an, in der klimakommune.digital für sich nur sehr wenig bis überhaupt keine Relevanz erkennen zu können.

5. Ziele

Während jedes Jahr zwischen 85 und 90 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer Energieeffizienz als das wichtigste Ziel sahen (Antwort „sehr wichtig“ oder „wichtig“), veränderte sich die wahrgenommene Wichtigkeit der beiden anderen Ziele in der Bevölkerung über die Jahre. Die Reduktion von

Veranstaltungen	2023				2024				2025			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
DKSR: Vitamin D(aten) Kommunale Wärmeplanung												
DigitalAgentur Brandenburg												
Smart-City-Seminar												
Kommunalforum												
Smarter E Speakerslot												
Stand beim DigiDay der SIHK Hagen												
Stand bei der E/U/N-Ringvorlesung der FernUniversität Hagen												
Präsentation beim Kommunalforum												
Lange Nacht der Wissenschaften												
smartOPTIMO												
Kurzpräsentation beim Peer-Learning von Start Smart												
Future Energy Day												
eGovernment-Wettbewerb Preisverleihung												
Smart Country Convention												
Smart City Expo World Congress												
dena Kongress												
E-World Networking-Event												
Hagen blüht auf Infostand												
Lange Nacht der Wissenschaften im FEL Infostand												
Digi Day in Hagen Messestand												
CIVI/CON Workshop												
Publikationen	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Presseartikel zur Gebäudesensorik												
Podcast „City Transformers“												
Artikel „stadt+werk“												
Dots & Lines Tagesspiegel												
Artikel „Gemeinderat“												
Artikel „Kommune21“												
Pressemitteilung zur 2. Bürgerbefragung												
Pressemitteilung zum Einzug in das Finale des eGovernment-Wettbewerbs												
Blogpost: KEDi Kooperation: Effiziente Industrie												
Pressemitteilung: UDP-Veröffentlichung												
Artikel „Gemeinderat“												
Artikel „stadt+werk“, UDP/Baukasten												

Abbildung 14: Kommunikationsanlässe 2023 bis 2025

CO_2-Emissionen und Klimaschutz wurden zunächst in 2023 von knapp 75 % als mindestens wichtig eingestuft, in 2024 stieg der Anteil auf über 90 %, fiel jedoch in der letzten Befragungswelle wieder auf 75 % ab. Zudem stieg der Anteil derer, die dieses Ziel als eher unwichtig oder überhaupt nicht wichtig bewerteten, auf ca. 12 % an. Die eingestufte Wichtigkeit des dritten Ziels – Kostensenkung – stieg hingegen über die drei Jahre von 68 auf 79 % an.

6. Maßnahmen

Bei den Projektmaßnahmen gehörten bei jeder Befragung die CO_2-Emissionsmessungen im Straßenverkehr, die Verkehrsflussmessung, die digitale Messung von Gas-, Wasser- und Stromverbräuchen in öffentlichen Gebäuden sowie Frühwarnsysteme zu den bekanntesten Digitalisierungsmaßnahmen. Die Einrichtung der UDP war zum Zeitpunkt der letzten Befragung – und damit kurz vor Veröffentlichung der UDP – mit 25 % einem Viertel der Befragten bekannt, jedoch gaben über 55 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an, sich wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich die Nutzung der UDP nach Veröffentlichung vorstellen zu können.

Jede der angegebenen Projektmaßnahmen wurde jedes Jahr von mehr als 50 % der Befragten als mindestens etwas sinnvoll eingestuft. Während 2023 die Verkehrsflussmessung als aussichtsreichstes Instrument zur CO_2-Reduktion angesehen wurde, hielten 2024 besonders viele Befragte die Frühwarnsysteme für Waldbrand und Hochwasser für besonders sinnvoll. Diese Einschätzung setzte sich auch in 2025 fort.

7. Offenes Feedback

Zwischen 40 und 70 Personen gaben in den drei Jahren offenes Feedback, wobei jeweils hauptsächlich Maßnahmen im Straßenverkehr vorgeschlagen wurden. In der dritten Befragung konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zudem erstmalig Feedback zur inhaltlichen Gestaltung und Visualisierung der UDP geben. Häufig genannt wurde der Wunsch nach Individualisierbarkeit in der Nutzung der UDP sowie nach einem breiten Umfang an Daten zu Klima, Wetter, Verkehr und Energie.

Erkenntnisse aus den drei Bürgerbefragungen

Die Ergebnisse in Hagen zeigen, dass bei Klimaschutzmaßnahmen eine grundsätzliche Akzeptanz aufseiten der Bevölkerung besteht und auch die Relevanz und Wichtigkeit der Themen von einem Großteil gesehen werden. Anhand der Ergebnisse der drei Bürgerbefragungen lassen sich im Detail folgende Erkenntnisse ableiten:

- Das Projekt klimakommune.digital hat über die Jahre deutlich an Bekanntheit gewonnen, zuletzt kannte es jede bzw. jeder Dritte. Ein Zusammenhang zu den vor allem ab 2024 intensivierten Kommunikationsmaßnahmen ist denkbar. Gleichzeitig erscheint es schwierig, die breite Masse der Bevölkerung auf solche Projekte aufmerksam zu machen.

- Die klimakommune.digital wurde von den Befragten insbesondere mit Klimaschutz und Digitalisierung assoziiert. Dies deckt sich mit den wesentlichen Projektzielen, sodass scheinbar eine erfolgreiche Kommunikation über die Ziele des Projekts gegenüber der Bevölkerung stattgefunden hat.

- Durchschnittlich etwas mehr als 70 % schätzten die klimakommune.digital für sich persönlich als mindestens etwas relevant ein – damit bewerteten knapp drei Viertel der Bevölkerung das Projekt für sich als relevant! Dies kann als wichtiger Erfolg gewertet werden.

- Die Bewertung der in der Befragung aufgeführten Ziele scheint sich über die Jahre verändert zu haben. Dabei scheint die Wichtigkeit der Reduktion von CO_2-Emissionen und des Klimaschutzes für die Bevölkerung tendenziell abzunehmen, während die Kostensenkungen im Verlauf der Befragungswellen an Wichtigkeit gewonnen haben. Da das Projekt vor allem Dekarbonisierungsmaßnahmen im Fokus hat, sollte zukünftig weiter beobachtet werden, ob sich diese Entwicklung fortsetzt und sich ein gewisser Verdruss innerhalb der Bevölkerung bemerkbar macht.

- Maßnahmen aus dem Bereich Katastrophenschutz und Verkehr (u. a. Frühwarnsysteme, eine intelligente und automatisierte Verkehrsflusssteuerung und eine Parksensorik, um freie Park-and-Ride-Parkplätze zu finden) wurden stets als die sinnvollsten Maßnahmen (gemessen an den Antworten „sehr sinnvoll“ und „sinnvoll“) bewertet. Es besteht somit scheinbar ein starkes Bewusstsein für diese beiden Themen. Diese Sensibilität sollte bei weiteren Projektvorhaben berücksichtigt werden, um eine breite Zustimmung in der Bevölkerung für kommunale Klimaschutzmaßnahmen zu sichern. Auch die Ergebnisse der Freitextfelder bestätigen, dass die Bürgerinnen und Bürger unterschiedlich starke Präferenzen für die verschiedenen Ziele und Maßnahmen haben.

Zusammengefasst bilden die Ergebnisse der drei Bürgerbefragungen eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung der Smart-City-Strategie der Stadt Hagen und der klimakommune.digital.

5. Handlungsempfehlungen

In der gesamten Laufzeit des Projekts klimakommune.digital gelang es über die Workstreams hinweg, die Digitalisierung der Datenerhebung von Emissionsdaten wie CO_2-Emissionen oder Energieverbräuchen in den verschiedenen Sektoren bei der Stadt Hagen maßgeblich voranzutreiben. Dabei konnten die Projektnehmenden viele wichtige Erkenntnisse gewinnen, sowohl für die Projektumsetzung als auch für an der Nachnutzung interessierte Kommunen.

Die kontinuierliche wissenschaftliche Begleitung des Projekts über die gesamte Laufzeit war ein wichtiger Projektbestandteil, um die Erkenntnisse zu sammeln, auch durch regelmäßige Austausche mit den Projektmitgliedern. Teile dieser Erkenntnisse wurden bereits durch die Veröffentlichung der jährlichen Zwischenberichte dokumentiert und geteilt. Die Ergebnisse der letzten Abfrage bei den Projektmitgliedern, die vor allem in die Erstellung des Baukastens eingeflossen sind, runden die projektabschließenden Handlungsempfehlungen für die Kommunen ab und zahlen auf die vom Projekt angestrebte Übertragbarkeit auf andere Kommunen ein.

Zudem greifen die entwickelten Handlungsempfehlungen die zentrale Fragestellung des vorliegenden Berichts auf. Da die Voraussetzungen und Bedingungen für die Digitalisierung und den Klimaschutz sehr individuell und daher von Kommune zu Kommune unterschiedlich sind, treffen die Handlungsempfehlungen keine normativen Aussagen. Vielmehr bieten sie – im Zusammenspiel mit den Ergebnissen des entwickelten Baukastens – klare Einblicke, wie interessierte Kommunen von Best Practices profitieren können und damit bessere Entscheidungsgrundlagen für die Umsetzung von Digitalisierungs- und Klimaschutzmaßnahmen erhalten.

Übertragbare Handlungsempfehlungen für andere Kommunen

Die entwickelten Handlungsempfehlungen für Kommunen sind insbesondere an andere interessierte Kommunen als Zielgruppe gerichtet. Sie sind in insgesamt acht Kategorien aufgeteilt und bilden zusammen mit dem Baukasten, der jeweils weitere spezifische Informationen bereitstellt, aufgeteilt in die Sektoren und Anwendungen, eine wichtige Grundlage für Kommunen, die die Digitalisierung für den Klimaschutz vorantreiben wollen.

1. Projektentwicklung und Zielerreichung

- Etablierung eines querschnittlich arbeitenden und mit Kompetenzen ausgestatteten Digitalisierungs- oder Smart-City-Teams, um Digitalisierungsprojekte abteilungsübergreifend voranzutreiben
- Eindeutige und unmissverständliche Definition von Projektzielen und eine breite Kommunikation dieser Ziele
- Einbindung externer Stakeholder, insbesondere um Kompetenzen mit einzubringen. Dabei ist eine vorausschauende Planung der Zusammenarbeit wichtig, um Verzögerungen zu vermeiden.
- Aktive Einführung neuer Projektmitglieder in den Projektkontext

2. Ausstattung in den Sektoren

- Vor Durchführung eigener Ausschreibungen und Ausstattungsrunden zunächst Lösungen anderer Kommunen auswerten und berücksichtigen. Die Plattform klimakommune.digital kann hier als wichtiger Wissensträger fungieren.
- Frühzeitige Einbindung technischer Expertise zur Steigerung der Effizienz der Ausstattung und zur Vermeidung von Fehlentscheidungen
- Ausreichend Zeit für Informationsbeschaffung und Begehungen bei Industrie- oder kommunalen Partnern einplanen
- Frühzeitige (wenn möglich zu Projektbeginn) Sicherstellung des Commitments aller beteiligten Akteure und Klärung der Ziele bei der Ausstattung in den Sektoren (z. B. durch die Unterzeichnung eines Letter of Interest)
- Zusammenarbeit mit externen Stakeholdern für die Sektorenausstattung sorgfältig und detailliert vorbereiten, um Abhängigkeiten zu minimieren
- Nachnutzungsmöglichkeiten, insbesondere zukünftige laufende Kosten der Sensorik, evaluieren und bei der Auswahl berücksichtigen
- Messschärfe und Genauigkeit der Sensorik bei der Auswahl für den entsprechenden Anwendungsfall sicherstellen

3. Datenmessung und Ausblick

- Strategische Auswahl geeigneter Datenmesspunkte zur Generierung aussagekräftiger und mehrwertschaffender Daten

- Bei der Planung der Datenerhebung auf eine flexible Weiterverwendung der Daten für unterschiedliche Anwendungsfälle innerhalb der UDP achten
- Regelmäßige Überprüfung der Projektziele und kontinuierliche Optimierung der Datenmessung, damit Erkenntnisse in die Stadtplanung einfließen können
- Transparente Kommunikation bei der Datennutzung, um externe Stakeholder zur Emissionsreduzierung zu motivieren

4. Herausforderungen und Erkenntnisse

- Effiziente Projektstrukturen etablieren, transparent dokumentieren und im Projektteam kommunizieren, z. B. durch ein Organigramm
- Juristische und technische Fragestellungen frühzeitig klären, um Verzögerungen zu vermeiden
- Stakeholder früh identifizieren und eine Stakeholder-Map erstellen, um Transparenz zu schaffen und die Einbindung zu erleichtern

5. Übertragbarkeit

- Aufbau eines zentralen Wissensmanagments (sofern noch nicht vorhanden) und umfasssende Dokumentierung der Projektergebnisse, insbesondere zu Erkenntnissen aus den Projekten, Wirtschaftlichkeit und technischen Details zur Sensorik
- Dokumentationen zentral und für alle Projektmitglieder zugänglich ablegen

6. Akzeptanz und Wahrnehmung

- Externe Kommunikationsmaßnahmen von Beginn an planen und konsequent umsetzen
- Bürgerschaft frühzeitig und zielgerichtet einbinden zur Erhöhung von Wahrnehmung und Akzeptanz, ohne den Projektfortschritt zu gefährden
- Konkrete Ergebnisse kommunizieren, sobald verfügbar, um das Projekt greifbarer zu machen
- Präsenz vor Ort durch direkte Ansprache der Bevölkerung und Teilnahme an lokalen Veranstaltungen verstärken

7. Maßnahmen zur Senkung der CO_2-Emissionen

- Interne Projektworkshops unter Einbindung der relevanten Abteilungen nutzen, um Maßnahmen zur Emissionsreduktion abzuleiten
- Interdisziplinarität der Beteiligten bei der Maßnahmenentwicklung berücksichtigen
- Maßnahmen mit direktem Nutzen für Bürgerinnen und Bürger konzipieren

8. Weitere Anmerkungen zur Projektumsetzung

- Methodik zur Datenzusammenführung regelmäßig überprüfen und bei Bedarf anpassen
- Frühzeitig prüfen, welche Daten bereits vorhanden sind und mit neuen Daten verknüpft werden können

Handlungsempfehlungen an die Landes- und Bundespolitik:

Die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen und damit eine Verringerung der Verbräuche, Kosten und CO_2-Emissionen hängt auch maßgeblich vom Handeln der Kommunen sowie der Bürgerinnen und Bürger ab. Daher ist die Politik angehalten, die Digitalisierung zu fördern, um die Energieeffizienz auf kommunaler Ebene zu verbessern. Dazu werden folgende fünf Maßnahmen vorgeschlagen:

1. Förderung von Digitalisierungsinfrastrukturen, um Kommunen bundesweit bei der Digitalisierung der Emissionsdatenerhebung zu unterstützen

- Förderprogramme ausbauen und durch gezielte Förderlinien für Kommunen entwickeln, um die Digitalisierung der Energieverbräuche (Sensorik) zu unterstützen und die Bereitstellung von Daten durch UDP oder andere Datenräume zu fördern
- Technische Standards setzen durch die Entwicklung bundesweiter Mindestanforderungen für Sensorik (z. B. Messgenauigkeit, Datenformate), um Interoperabilität sicherzustellen und damit gemeinsame Datennutzung und Vergleichbarkeit zu gewährleisten
- Förderung von Open-Source-Lösungen für Kommunen, um Log-in-Effekte und Abhängigkeiten von einzelnen Anbietern zu reduzieren

- Wissensmanagement und Transfer ausbauen, um Erkenntnisse aus Modellprojekten wie der klimakommune.digital in Hagen bundesweit zugänglich zu machen
- Wissensplattform für Kommunen einrichten, auf der Projektergebnisse, Handlungsempfehlungen und Best Practices dokumentiert und geteilt werden
- Bereitstellung von Leitfäden zur Projektumsetzung, Stakeholder-Einbindung und zum Datenmanagement
- Vernetzung fördern durch regelmäßige Fachkonferenzen und Arbeitsgruppen für Kommunen, um Erfahrungsaustausch und Peer-Learning zu ermöglichen
- Einrichtung eines Mentoringprogramms, bei dem erfahrene Kommunen andere bei der Umsetzung unterstützen

2. Rechtliche und administrative Hürden abbauen, um Kommunen bei der effizienten Umsetzung von Digitalisierungsprojekten zu unterstützen

- Vereinfachte Ausschreibungsverfahren, beispielsweise durch die Entwicklung von Musterausschreibungen für Sensorik und digitale Lösungen
- Klärung juristischer Fragen (z. B. Datenschutz, Nutzung öffentlicher Daten) in bundesweiten Richtlinien

3. Bürgerbeteiligung und Akzeptanz stärken, um Klimaschutzprojekte durch transparente Kommunikation und Partizipation gesellschaftlich zu verankern

- Kommunikationskampagnen unterstützen durch die Bereitstellung von Fördermitteln für lokale Kommunikationsmaßnahmen (z. B. Bürgerworkshops, Informationsveranstaltungen)
- Partizipative Formate und damit die Unterstützung von Bürgerräten oder digitalen Beteiligungsplattformen fördern, um Maßnahmen zur Emissionsreduktion gemeinsam mit der Bevölkerung zu entwickeln

4. Finanzielle und personelle Ressourcen sichern, um Kommunen langfristig bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen zu begleiten

- Dauerhafte Förderung mithilfe der Einrichtung eines „Klimaschutz-Digitalisierungsfonds“ für Kommunen, der nicht nur Anschaffungen, sondern auch Betrieb und Wartung von Sensorik finanziert
- Personalkostenzuschüsse für Kommunen, um Fachkräfte für Digitalisierung und Klimaschutz einzustellen
- Förderung von Schulungsangeboten, um kommunale Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Digitalisierung und Datenbereitstellung weiterzuentwickeln

5. Monitoring und Evaluation, um Erfolg von Maßnahmen messbar zu machen und kontinuierlich zu optimieren

- Bundesweites Monitoringsystem durch beispielsweise die Entwicklung einer zentralen Datenplattform, auf der Kommunen ihre Emissionsdaten und Fortschritte melden können
- Regelmäßige Bundesberichte zu Fortschritten und Herausforderungen der kommunalen Digitalisierung im Klimaschutz
- Anreizsysteme schaffen durch Prämien oder Auszeichnungen für Kommunen, die besonders innovative oder erfolgreiche Digitalisierungsprojekte umsetzen

6. Ausblick

Stadt Hagen

Nach Abschluss des Projekts klimakommune.digital wird die Stadt Hagen die Verantwortung für die implementierten Systeme und Workstreams übernehmen. Dabei wird die gewonnene technologische Grundlage nahtlos in die Smart-City-Strategie vor Ort integriert und in diesem Rahmen skaliert und weiterentwickelt. Die UDP, die eine zentrale Rolle für die Datenerhebung und -visualisierung spielt, wurde zum Projektende vollständig an die Stadt übergeben. Hagen plant, die Plattform weiter auszubauen, neue Datenquellen zu integrieren, Daten den Bürgerinnen und Bürgern transpartent bereitzustellen und die gewonnenen Erkenntnisse für die strategische Stadtplanung zu nutzen. Die Workstreams Verkehr, Gebäude, Industrie, Wärme und Klimafolgenanpassung werden fortgeführt, um die bereits erzielten Fortschritte zu konsolidieren und weitere Maßnahmen zur CO_2-Reduktion umzusetzen.

Die Stadt Hagen hat bereits begonnen, betriebliche Abläufe für den Regelbetrieb der UDP vorzubereiten. Dazu gehören die Schulung von Beschäftigten, die Entwicklung von Prozessen zur Datenpflege und die Sicherstellung der langfristigen Finanzierung. Die Stadt wird weiterhin in Klimafolgenanpassung investieren, darunter in die Einführung von Frühwarnsystemen für Hochwasser und Waldbrände sowie die Pflege städtischer Bäume durch die digitale Gießplattform.

Die Stadt Hagen wird die Zusammenarbeit mit den bisherigen Konsortialpartnern fortsetzen und ihre Rolle als Modellkommune für datengetriebenen Klimaschutz weiter ausbauen.

Die gewonnenen Erkenntnisse und Technologien aus dem Projekt sollen nicht nur in Hagen, sondern auch in anderen Kommunen Anwendung finden. Der im Verlauf des Projekts von der dena entwickelte Baukasten, der am Ende des Projekts veröffentlicht wird, bietet eine Blaupause für die Nachnutzung der Lösungen. Hagen wird sich weiterhin aktiv mit anderen Städten vernetzen, um den interkommunalen Austausch zu fördern und die Übertragbarkeit der Projektergebnisse zu sichern.

Plattform klimakommune.digital

Gleichzeitig werden die Erkenntnisse aus dem Projekt genutzt, um eine durch das Future Energy Lab der dena betreute Plattform für andere Kommunen aufzubauen. Auch hierbei steht die Digitalisierung in den Kommunen im Fokus, mit dem Ziel, Daten über Klimaschutzmaßnahmen und Klimafolgenanpassung zu erheben und eine nachhaltige Dateninfrastruktur aufzubauen. Dabei soll die in den letzten fünf Jahren gesammelte Expertise in die Breite getragen und ein Netzwerk an interessierten Kommunen aufgebaut werden. Im Vergleich zu dem hier betrachteten Projekt steht also weniger eine spezifische Modellkommune im Mittelpunkt als vielmehr die Skalierung der Erkenntnisse und Potenziale in der Breite unter Mitwirkung möglichst vieler anderer Kommunen.

Basierend auf den Ergebnissen des Baukastens und des vorliegenden Dokuments kann die dena dabei die fachliche Weiterentwicklung vorantreiben, ein Bewusstsein für Potenziale in den Städten und Kommunen schaffen und, ausgestattet mit dem für die Umsetzung notwendigen Know-how, als erfahrener Partner zur Seite stehen. Durch den regelmäßigen Austausch mit den Kommunen und ihre Beratung – sowohl auf Einzelbasis als auch im kleineren Workshopformat – werden weitere kommunale Herausforderungen aufgedeckt und Lösungsansätze entwickelt. Über das interessierte Netzwerk hinaus wird bei fünf Kommunen eine individuelle Beratung durchgeführt. Hierbei werden weitere Pain Points identifiziert, Erfahrungen aus dem Baukasten gemeinsam angewendet und gezielt Digitalisierungsmaßnahmen auf Basis der sektoralen Leitfäden des Baukastens umgesetzt.

Neben den Beratungstätigkeiten und der Fortsetzung der bisherigen Öffentlichkeitsarbeit soll die Grundlage für das Nachfolgeprojekt vor allem durch zwei wesentliche Schritte geschaffen werden:

(1) Es wird über die Website des Future Energy Lab eine zentrale Plattform geschaffen, die regelmäßig mit neuen zusätzlichen Inhalten (wie beispielsweise weiteren Best Practices und Lessons Learned) angereichert wird.

(2) Der Name klimakommune.digital wird zu einem Label entwickelt, das für interessierte Kommunen sowohl als Erkennungszeichen als auch als Anreiz dient.

7. Fazit

Das Projekt klimakommune.digital zeigt, welches Potenzial in einer systematischen, datenbasierten Modernisierung des kommunalen Klimaschutzes liegt. Die Nutzung von digitalen Werkzeugen – von modernen Messeinrichtungen und EMS über eine UDP bis hin zu einem digitalen Baukasten – stellt einen entscheidenden Hebel für eine Kommune dar, um die kommunale Steuerungsfähigkeit zu stärken und sektorenübergreifende Daten zu visualisieren sowie zu analysieren und darauf aufbauend Klimaschutzmaßnahmen wirksam aufzusetzen.

Insgesamt hat das Projekt gezeigt, dass die Digitalisierung einen großen Mehrwert darstellt. Auch wenn die einzelnen Maßnahmen in den Kommunen aufgrund der Voraussetzungen sehr unterschiedlich sind und die ermittelten Einsparpotenziale aus Hagen nicht direkt auf andere Kommunen übertragen werden können, ist doch deutlich geworden, dass durch Digitalisierung ganz konkret Einspar- und Verbesserungspotenziale bestehen. So wird im Bereich Gebäude beispielsweise durch eine intelligente, anwesenheitsbasierte Raumtemperaturregelung das Einsparpotenzial bei den Energiekosten bei einem Testgebäude auf ca. 25 % beziffert und die jährliche Kosteneinsparung durch Entfallen der manuellen Zählerablesung auf ca. 10.000 Euro. Im Industriesektor konnte ein Einsparpotenzial durch Prozessanpassungen von 5 bis 15 % ermittelt werden, wie z. B. eine energetische Anlagensanierung oder die Anpassung des Prozessdrucks. Dies sind nur einige von vielen Beispielen, die im Projekt aufgezeigt wurden.

Besonders deutlich wurde im Projekt, dass erfolgreiche Digitalisierung im Klimaschutz nicht nur eine technologische, sondern vielmehr eine organisatorische und kooperative Aufgabe ist. Die enge Abstimmung zwischen Verwaltung, Stadtwerken, regionaler Wirtschaft und Dienstleistern, wie sie in Hagen praktiziert wurde, ist anspruchsvoll, aber ebenso zentral für tragfähige und zukunftsfähige Ergebnisse. Die im Projekt etablierten Formate wie thematische Workstreams und spezialisierte Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner haben gezeigt, dass sich komplexe Akteurskonstellationen durch strukturierte Prozesse produktiv miteinander verbinden lassen.

Für die dena ist besonders relevant, dass das Projekt zeigt, dass Digitalisierung eine wichtige Grundlage ist, um die Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen in Kommunen zu bewerten und damit Entscheidungsgrundlagen zu schaffen. Darüber hinaus wurden in dem Projekt konkrete Hilfestellungen und Anleitungen erarbeitet, an denen sich andere Kommunen orientieren können, um ihre digitale Infrastruktur und Datenwertschöpfungskette strategisch weiterzuentwickeln und so die Energiewende und den Klimaschutz in der nötigen Geschwindigkeit voranzutreiben. Die zentrale Herausforderung in Hagen besteht nun darin, die erarbeiteten Ansätze zu verstetigen, institutionell zu verankern und in bestehende Planungs- und Entscheidungsstrukturen zu überführen. Nur so können die Wirkung und der Mehrwert über die Projektlaufzeit hinaus langfristig gesichert werden.

> ***Die Ergebnisse des Projekts bestätigen den Mehrwert unserer Mission mit dem Projekt klimakommune.digital und das fundamentale Ziel des Future Energy Lab – Digitalisierung ist entscheidend für die erfolgreiche Energiewende!***
>
> Anna Poblocka-Dirakis, Projektleitung klimakommune.digital und Seniorexpertin Digitale Technologien, dena

Aus Sicht der Stadt Hagen wurde durch das Projekt klimakommune.digital erfolgreich ein modulares und flexibel einsetzbares System aus Hard- und Softwareelementen bereitgestellt, das einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leistet. Durch die Integration innovativer Technologien und partizipativer Maßnahmen wurde es ermöglicht, CO_2-Emissionen gezielt zu identifizieren, zu reduzieren und die lokale Gemeinschaft aktiv in den Prozess des Klimaschutzes einzubeziehen. Das Projekt hat auch gezeigt, dass Einsparpotenziale meist sehr individuell sind und daher die Digitalisierung eine wichtige Voraussetzung ist, um diese Potenziale zu identifizieren und zu heben. Das System stellt nicht nur einen wichtigen Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Zukunft dar, sondern auch einen gelungenen Auftakt für die Entwicklung der Smart City Hagen.

> ***Das Projekt macht die aktuelle Klimasituation sichtbar und schafft so Transparenz, die Verwaltung und Stadtgesellschaft zu datengetriebenen Klimaschutzentscheidungen befähigt.***
>
> Christian Lazar, CDO, Stadt Hagen

Ein wichtiger Partner bei der Installation der Sensoren und der Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen war der lokale Versorger, die ENERVIE – Südwestfalen Energie und Wasser AG. Die Zusammenarbeit im Konsortium sowie die durchgeführten Maßnahmen wurden von dem lokalen Energieversorger als sehr positiv bewertet. Aus Sicht der ENERVIE AG wurde durch das Projekt ein wichtiger Schritt für die Verknüpfung von Digitalisierung und Klimaschutzmaßnahmen gegangen.

> ***Durch das Projekt klimakommune.digital konnten wir aufzeigen, wie sich Digitalisierung und Klimaschutz optimal vereinen lassen, um eine zukunftsfähige und nachhaltige Smart City zu gestalten.***
>
> Julian Folgner, Teamleitung IoT und Datenmanagement, ENERVIE Service GmbH

Aus der wissenschaftlichen Perspektive hatte das Projekt zum Ziel, explorativ aufzuzeigen, wie eine repräsentative Kommune befähigt werden kann, datenbasierte Klimaschutzmaßnahmen sowohl technisch als auch organisatorisch vorzubereiten. Das Projekt hat gezeigt, dass die Kombination aus iterativer Projektsteuerung und enger Abstimmung mit lokalen Akteuren grundsätzlich tragfähig ist. Gleichzeitig wurde deutlich, wie komplex die Stakeholder-Landschaft bei sektorenübergreifender Zusammenarbeit in kommunalen Kontexten sein kann. Die Vielzahl der beteiligten Akteure von der Verwaltung über Stadtwerke bis hin zu Zivilgesellschaft und Industrie erforderte eine hohe Abstimmungsleistung und beeinflusste die Dauer von Anforderungserhebung, Vergabeverfahren und Implementierungsschritten.

Formate wie die Bildung von thematischen Workstreams und Subgruppen haben sich als hilfreich erwiesen, um die Zusammenarbeit zu strukturieren und unterschiedliche Perspektiven produktiv zu integrieren. Die Stadt Hagen konnte durch das Projekt eine belastbare organisatorische Grundlage schaffen, auf der sie künftig Klimaschutz und Digitalisierung weiter vorantreiben kann. Aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitforschung gibt das Projekt wertvolle Impulse für die Gestaltung kommunaler Innovationsprozesse und die Verbindung von Digitalisierung und Klimaschutz in der Fläche.

Insgesamt liefert die klimakommune.digital wichtige Impulse für die energie- und klimapolitische Praxis: Das Projekt zeigt, wie sich Digitalisierung, Energiewende, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit in der Breite zusammenführen und damit beschleunigen lassen. Zudem zeigt es, welche Rahmenbedingungen Kommunen benötigen, um datenbasierte Innovationen effizient umzusetzen und sinnstiftend zu nutzen. Damit dient das Projekt als Vorbild und Blaupause für andere Kommunen und trägt so maßgeblich dazu bei, den Weg hin zu resilienten, klimaneutralen Kommunen in Deutschland zu ebnen.

8. Anhang

8.1 Abkürzungsverzeichnis

BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO_2	Kohlenstoffdioxid
dena	Deutsche Energie-Agentur
DKSR	Daten-Kompetenzzentrum für Städte und Regionen
GWSW	Gas, Wasser, Strom, Wärme
EMS	Energiemanagementsystem
HEB	Hagener Entsorgungsbetrieb
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
iMSys	intelligente Messsysteme
IV	Individualverkehr
KEDi	Kompetenzzentrum für Energieeffizienz durch Digitalisierung
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
NDIR	nichtdispersive Infrarotabsorption
NO_2	Stickstoffdioxid
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
SIHK Hagen	Südwestfälische Industrie- und Handelskammer zu Hagen
SPOC	Single Point of Contact
UDP	Urban Data Platform
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
ZDE	Zentrum für digitale Entwicklung

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektorganigramm und Projektsteuerung klimakommune.digital 13

Abbildung 2: Projektphasen der klimakommune.digital 16

Abbildung 3: Zeitlicher Ablauf des Projekts und wichtige Meilensteine 17

Abbildung 4: Bestandteile des Fragebogens 2025 zur Bürgerbefragung in der Stadt Hagen 20

Abbildung 5: In Hagen installierte Verkehrskamera 22

Abbildung 6: LoRaWAN-Module für die Datenübertragung von Zählern 25

Abbildung 7: Intelligentes Messsystem im Zählerschrank 26

Abbildung 8: Installierter Gaszähler mit Impulsaufnehmerkabel 26

Abbildung 9: In Hagen installierter Bodenfeuchtesensor 32

Abbildung 10: Installierter Waldbrandsensor inklusive Solarmodul 32

Abbildung 11: Startansicht und Dashboard der UDP (Screenshot) 34

Abbildung 12: Abbildung des monatlichen Gasverbrauchs im Sektor Gebäude auf der UDP (Screenshot) 34

Abbildung 13: Abbildung der Verkehrsaufteilung der letzten sieben Tage auf der UDP (Screenshot) 35

Abbildung 14: Kommunikationsanlässe 2023 bis 2025 37

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technologische Ausstattungen im Sektor Verkehr 21

Tabelle 2: Technologische Ausstattungen im Sektor Gebäude 24

Tabelle 3: Technologische Ausstattungen im Sektor Industrie 27

Tabelle 4: Technologische Ausstattungen im Sektor Klimafolgenanpassung 31

Ein Projekt der

dena

future-energy-lab.de

dena.de