

REPORT

2024

IOT-POTENZIALE FÜR ZUKUNFTSORIENTIERTE KOMMUNEN UND KOMMUNALE VERSORGUNGSUNTERNEHMEN

Wegweiser für kommunale
Entscheidungsträgerinnen
und -träger



ARTHUR  LITTLE

CIVITAS
CONNECT

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	3
1. ÜBER DIESEN REPORT — HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG	4
2. CHANCEN & HERAUSFORDERUNGEN VON IOT FÜR KOMMUNEN & KOMMUNALE VERSORGUNGSUNTERNEHMEN	8
3. IOT-ANWENDUNGSFELDER IM ÖFFENTLICHEN SEKTOR	12
4. TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN UND DIE IOT-WERTSCHÖPFUNGSKETTE	18
5. IOT-GESCHÄFTSMODELLE UND BUSINESS-CASES	26
6. KONKRETE IOT-UMSETZUNGSPLANUNG	30
7. FALLBEISPIELE — IOT-LEUCHTTURMPROJEKTE	48
8. OFFENE FRAGEN UND WEITERFÜHRENDE THEMEN	52
9. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN & FAZIT	54

DR. MICHAEL OPITZ

Partner, Head of Telecommunications,
Information Technology, Media & Electronics
(TIME) Practice, Munich

OLAF GEYER

Partner, Head of Energy, Utilities & Resources
Practice (Germany & Switzerland), Frankfurt

JULIAN HARTMANN

Principal, TIME Practice, Frankfurt

DR. CHRISTIAN VON REVENTLOW

Associate Director, TIME Practice, Munich

TIL FINK

Business Analyst, TIME Practice, Munich

RALF LEUFKES

Geschäftsleiter, Civitas Connect

LEA PREIS

Stellv. Geschäftsleiterin, Civitas Connect

ANNA-LENA MEINERS

Projektleiterin, Civitas Connect



ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Digitalisierung erleben öffentliche Dienstleistungen und Infrastrukturen einen transformativen Wandel, der nahezu alle Bereiche der kommunalen Verwaltung und Versorgung durchdringt. Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen spielen dabei als Infrastrukturverantwortliche eine zentrale Rolle. Das Internet der Dinge (IoT) bietet enorme Chancen, um kommunale Prozesse effizienter zu gestalten und die Servicequalität für Bürgerinnen und Bürger zu verbessern. Gleichzeitig eröffnet es neue Möglichkeiten zur Förderung von Transparenz, Nachhaltigkeit und Sicherheit in Städten und Regionen. Die Ausschöpfung dieses Potenzials stellt die Verantwortlichen in den Kommunen jedoch oftmals durch begrenzte Budgets und Fachkräftemangel vor erhebliche Herausforderungen.

Dieser Report beleuchtet zahlreiche konkrete IoT-Anwendungsfelder in Kommunen und Regionen und bietet wertvolle Empfehlungen zur technischen, organisatorischen, sicherheitstechnischen, sozialen und wirtschaftlichen Umsetzung. Dabei werden nicht nur bewährte Methoden vorgestellt, sondern auch innovative Ansätze und Best Practices aus verschiedenen Kommunen aufgezeigt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Nutzung des ADL-Bewertungstools zur Auswahl geeigneter IoT-Projekte. Dieses Tool unterstützt Entscheiderinnen und Entscheider dabei, die geeignetsten IoT-Projekte gezielt zu identifizieren, indem es eine strukturierte Bewertung ermöglicht. Mit diesem Werkzeug können Ressourcen optimal genutzt und die Effizienz sowie der Nutzen der IoT-Initiativen maximiert werden.

Die Bewertungskriterien umfassen die Bereitschaft der Behörden, die potenziellen Vorteile der Projekte, die Verfügbarkeit von Finanzmitteln sowie die vorhandene technische Infrastruktur. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der nachhaltigen Umsetzung und dem langfristigen Nutzen für die kommunale Gemeinschaft. Wir laden Sie ein, gemeinsam eine detaillierte Bewertung durchzuführen, um maßgeschneiderte Lösungen für Ihre spezifischen Bedürfnisse zu finden. Die Expertinnen und Experten von Civitas Connect e. V. und Arthur D. Little stehen Ihnen dabei zur Verfügung, um Sie mit ihrer Erfahrung und ihrem Know-how zu unterstützen.

1. ÜBER DIESEN REPORT — HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Die digitale Transformation durchdringt alle Bereiche unserer Gesellschaft und ändert, neben der Interaktion von Bürgerinnen und Bürgern mit ihrer Umwelt,¹ auch die Erwartungshaltung an öffentliche Dienstleistungen und Aufgaben der Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen.² Bürgerinnen und Bürger erwarten, dass diese Institutionen im Alltag transparent, ohne Zeitverzögerungen und faktenbasiert informieren und gleichzeitig agil, effizient und nachhaltig ihren öffentlichen Aufgaben und Pflichten nachkommen. Neben der erforderlichen Digitalisierung von internen Verwaltungsstrukturen und -prozessen, entstehen aus der fortschreitenden Digitalisierung aller Lebensbereiche auch veränderte Erwartungen an eine adäquate Daseinsvorsorge. Zusätzlich zu den klassischerweise analogen Versorgungsbereichen (Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung, Müllabfuhr und Abwasserbeseitigung) wird folglich auch die Bereitstellung digitaler Informationen, Infrastrukturen und Services ein immer wichtigerer Bestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge.

Die Digitalisierung ist für Stadtwerke und Kommunen oft Fluch und Segen zugleich.

Die fortschreitende Technologisierung ermöglicht einerseits in vielerlei Hinsicht neue Optionen, der hohen Erwartungshaltung der Bürgerinnen und Bürger gerecht zu werden und zukunftstaugliche, effiziente Konzepte für die vielfältigen kurz-, lang- und mittelfristigen Herausforderungen (u. a. Klimawandel, Krisen und Pandemien, Ressourcenknappheit usw.) zu entwickeln. Dabei verschlingt die beschleunigte digitale Transformation auf der anderen Seite selbst zusätzliche finanzielle, personelle und zeitliche Ressourcen.

Demgegenüber stehen knappe Haushaltsmittel und ein akuter Fachkräftemangel. Im Zuge dieser digitalen Herausforderungen agieren kommunale Versorgungsunternehmen und Kommunen in einem bedeutenden Spannungsfeld: Denn auf der einen Seite sind sie selbst von dieser fortschreitenden Technologisierung betroffen und profitieren in vielen Bereichen massiv von der Steigerung der Effizienz und Qualität im Kontext der kommunalen Aufgabenerfüllung. Auf der anderen Seite sind es Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen als Infrastrukturverantwortliche, die einen Großteil der öffentlichen digitalen Infrastruktur bereitstellen müssten, damit diese Transformation noch stärker alle Bereiche der Gesellschaft durchdringen kann. Dabei ist unter "digitalen Infrastrukturen" längst nicht mehr nur eine flächendeckende Versorgung mit schnellem Internet zu verstehen. Vielmehr bildet heute ein Zusammenspiel unterschiedlichster Hard- und Softwaretechnologien die Grundlage für eine Digitalisierung des öffentlichen Raumes sowie kommunaler Dienste und Aufgaben.

Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen sind daher nicht nur Teilnehmende, sondern auch wichtige Katalysatoren der digitalen Transformation in Deutschland, indem sie die erforderliche Infrastruktur bereitstellen und innovative Lösungen entwickeln.

Neben dem übergreifenden Wandel hin zu einer digitalisierten, vernetzten Gesellschaft und den dadurch wachsenden Erwartungen seitens der Bevölkerung gibt es zahlreiche weitere Herausforderungen, die es von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen erfordern, ihre Prozesse und Systeme digitaler, datenbasierter und damit zukunftsfähiger zu gestalten:

¹ Siehe Abbildung 1.

² Dieser Report adressiert Entscheidungs- bzw. Verantwortungsträger im öffentlichen Raum. Der definierte öffentliche Raum begrenzt sich jedoch keineswegs nur auf Stadtwerke und Kommunen, sondern soll bewusst auch Schlüsselpersonen innerhalb von Unternehmen, Wohnquartieren, Dörfern und Städten ansprechen.



- **Dezentrale Energieerzeugung.** Die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung sowie die Sektorenkopplung führen zu einem höheren Informationsbedarf in den Stromnetzen. Um die Netzstabilität trotz volatiler Energieproduktion und steigender Stromnachfrage (Elektrifizierung von Mobilität, Heizung und Industrie) sicherzustellen, sind präzise und aktuelle Daten erforderlich.
- **Klimafolgeanpassungen.** Die Anpassungen an die Folgen des Klimawandels werden immer komplexer und erfordern zunehmend integralere Herangehensweisen, die Akteure und Daten aus verschiedensten Fachdisziplinen einschließen. Eine umfassende und feingranulare Klima- und Umweltdatenlage ist notwendig, um effektiv und transparent Maßnahmen ergreifen zu können. (Informations-)Technische Prozesse und Systeme müssen weiterentwickelt und an diese Anforderungen angepasst werden.
- **Gesetzliche Verpflichtungen.** Neue gesetzliche Anforderungen, wie die kommunale Wärmeplanung (siehe Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze) aber auch Open-Data-Gesetzgebungen (u. a. § 12 EGovG, DNG, DVO-HVD) und Sorgfaltspflichten (beispielsweise im Kontext der DSGVO und des BDSG), verlangen ein vorausschauendes Management und die zielgenaue Bereitstellung und Analyse von Daten.

Diese Faktoren verdeutlichen, warum Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen gleichermaßen, wenn auch mit unterschiedlichen Prioritäten, auf Digitalisierung und datenbasierte Prozesse setzen müssen.

Eine Schlüsseltechnologie zur digitalen Befähigung von Stadtwerken und Kommunen ist das Internet of Things (IoT).³ Beim IoT geht es im Kern um die intelligente Vernetzung von Objekten und Geräten, die mit Sensoren, Software und anderen Technologien ausgestattet sind, um Informationen über die reale Umwelt automatisiert zu erfassen, auszutauschen und zu verarbeiten.

Der Datenaustausch erlaubt es, aus der Ferne Informationen über Objekte und ihre Umgebung zu sammeln, Geräte aus der Ferne zu steuern oder aber eigenständig auf Veränderungen oder Signale von außen zu reagieren und Aktionen ausführen zu lassen.⁴ Die Analyse von Informationen spielt dabei eine sehr entscheidende Rolle im IoT. Durch die Erfassung und Analyse gesammelter Daten können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die fundierte Entscheidungen sowie eine Optimierung von Betriebsabläufen und Infrastrukturen ermöglichen. Nur so kann in nahezu Echtzeit ein aktuelles Abbild der Umgebung geschaffen werden, um Planungsprozesse zu verbessern, Entwicklungen und Zeitreihen sichtbar zu machen, auf Basis von Daten zu steuern und immer bessere Prognosen für die Zukunft zu erstellen. Für Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen kann das IoT somit einen vielseitigen Mehrwert schaffen.

Das IoT hat das Potenzial, die Standortattraktivität für Unternehmen zu erhöhen und die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger zu verbessern. Darüber hinaus fördert das IoT Innovationen, die Gemeinden und Städte eigenständig vorantreiben können, um bestehende und zukünftige Herausforderungen der Kommunen und kommunalen Unternehmen effizienter und zielgerichteter zu lösen. So sind beispielsweise ein intelligentes Energiemanagement oder ein effizientes Verkehrsflussmanagement ohne präzise Daten nicht möglich. Ebenso erfordert eine passgenaue Klimafolgenanpassung beispielsweise durch Überflutungswarnsysteme qualitativ hochwertige Daten. Um kommunale Grünflächen effektiv zu bewirtschaften, sind Daten zur Wasserwirtschaft, Wasserversorgung, Wasserhaltung und zum Wetter wertvoll. Das IoT bietet hier die notwendigen Werkzeuge und Daten, um diese Herausforderungen zu meistern, die angestrebten Ziele zu erreichen und auch in Zukunft die Umwelt und die kommunale Infrastruktur so ökonomisch aber auch ökologisch wie möglich zu betreiben und bewirtschaften zu können.

³ Die deutsche Übersetzung ist das "Internet der Dinge." Im Alltag ist die angelsächsische Terminologie "Internet of Things (IoT)" jedoch stärker verbreitet und entsprechend wird in diesem Report der Terminus IoT verwendet.

⁴ Ein typischer Anwendungsfall von IoT sind intelligente Wasserzähler. Mit intelligenten Wasserzählern in Ihrem Versorgungsnetz überwachen Sie in Echtzeit den Wasserverbrauch in Haushalten und öffentlichen Gebäuden. Bei ungewöhnlich hohen Werten — ein Hinweis auf mögliche Leckagen oder Rohrbrüche — erhalten die zuständigen Stellen umgehend eine Benachrichtigung. Dadurch können Sie schnell reagieren, um Schäden und hohe Reparaturkosten zu vermeiden.

Um das volle Potenzial des IoT für Versorger und Kommunen auszuschöpfen, müssen bedeutende inhaltliche Hürden gemeistert und digitale Prozesse etabliert werden. Dies geschieht auch unter der Prämisse, dass sich nicht jede Investition in das IoT-Ökosystem für sie per se finanziell lohnt und ggf. auch alternative Ansätze bzw. Partnerschaften zur Skalierung dieser Lösungen erforderlich sind. Außerdem setzt der Return of Invest (ROI) bei IoT-Projekten oftmals später ein und ist zudem nicht immer direkt ermittelbar wie bei anderen Investitionen (z. B. Marketingkampagnen).

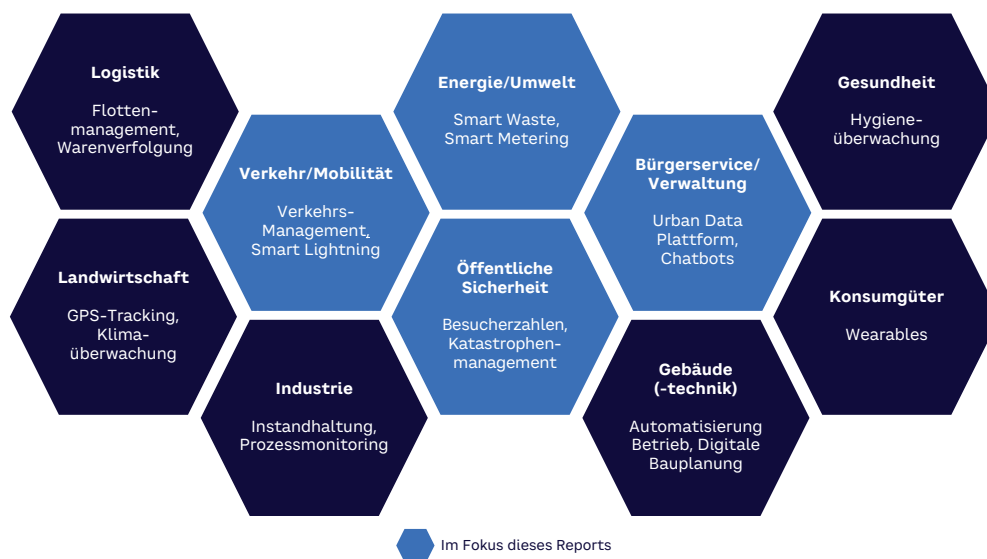
Investitionen in das IoT sollten als Beiträge zu übergreifenden Infrastrukturen verstanden werden, die langfristig allen Nutzern innerhalb der Kommune zugutekommen. Diese Investitionen verbessern die Effizienz und Qualität der öffentlichen Dienste, was sowohl den kollektiven als auch den individuellen Nutzen in der Kommune steigert. Im Umfeld von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen finden sich für IoT-Lösungen eine Vielzahl an Anwendungsfeldern (siehe Abbildung 1): insbesondere in den Bereichen der Öffentlichen Sicherheit, Verkehr/Mobilität, Energie/Umwelt sowie Bürgerservice/Verwaltung. Darüber hinaus sind auch die Logistik, Landwirtschaft, Industrie, Bildung, Gebäude(-technik), Konsumgüterindustrie und Gesundheitswesen bedeutende Bereiche, in denen IoT-Lösungen weiter an Relevanz gewinnen. Dieser Report fokussiert sich im Folgenden auf die erstgenannten

Anwendungsfelder, da gerade im kommunalen Umfeld Deutschlands besonders in diesen Bereichen größere Fortschritte in der Anwendung von IoT erzielt wurden.

Genau hier möchte dieser Report ansetzen und Ihnen als kommunalen Gestalterinnen und Gestaltern dabei helfen, abzuschätzen, welche möglichen Anwendungsfälle, Handlungsoptionen und kritischen Meilensteine bei der Etablierung von IoT-Lösungen zu berücksichtigen sind. Dieser Report soll als Wegweiser dienen, um die Chancen und Herausforderungen des IoT zu meistern. Der Einblick in "Best Practices" und Erfolgsgeschichten soll Ihnen Lernerfahrung und Anpassungsmöglichkeiten für die Zukunft vermitteln. Wir möchten Ihnen umfassende Einblicke in organisatorische Strukturen und Entscheidungsprozesse bieten, die für eine erfolgreiche Implementierung von IoT entscheidend sind. Dazu geben wir Ihnen praktische Werkzeuge an die Hand, mit denen Sie fundierte Entscheidungen treffen und die notwendigen Strukturen aufbauen können.

Die digitale Transformation durch das IoT wird die Kommune der Zukunft maßgeblich verändern. Das IoT kann, muss aber nicht, bedeutende Vorteile in der Anwendung für Ihr Stadtnetz oder Ihre Kommune mit sich bringen. Wichtig ist, dass Sie sich intensiv mit der Thematik vertraut machen und die strategischen Möglichkeiten für die Zukunft Ihrer Organisation sorgfältig prüfen.

Abbildung 1. Ausgewählte Lebensbereich-übergreifende IoT-Use-Cases



Quelle: Arthur D. Little



ARTHUR D. LITTLE



2. CHANCEN & HERAUSFORDERUNGEN VON IOT FÜR KOMMUNEN & KOMMUNALE VERSORGUNGSUNTERNEHMEN

DIE DIGITALE KOMMUNALE ZUKUNFT MIT IOT

Die Zukunft von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen liegt in der intelligenten Vernetzung von Maschinen, Prozessen und Systemen durch das IoT. Konkret bedeutet das, dass ein Netzwerk aus Geräten und Sensoren geschaffen wird, das es ermöglicht, Daten über verschiedenste Aspekte des Lebens in Städten, Gemeinden und Regionen zu sammeln, zu verknüpfen und zu analysieren, um hierauf aufbauend Prozesse und Services zu optimieren und automatisiert zu steuern.⁵ Oftmals stellt die Sammlung von Informationen und deren intelligente Auswertung eine betriebliche Notwendigkeit dar (beispielsweise, um die Kosten-Effizienz zu steigern). In anderen Fällen dienen Daten Transparenzzwecken oder liefern hilfreiche Anhaltspunkte, um Planungen und Maßnahmen passgenauer zu gestalten. In jedem Fall zielt die intelligente Vernetzung darauf ab, die Effizienz organisationsinterner Prozesse und Leistungen zu steigern, die

Bedürfnisse und Anforderungen der Bürgerinnen und Bürger sowie anderer Anspruchsgruppen in Bezug auf Transparenz und Nutzerfreundlichkeit zu erfüllen und gleichzeitig die Qualität der kommunalen Aufgabenerfüllung faktenbasiert zu verbessern.

CHANCEN FÜR KOMMUNEN UND KOMMUNALE VERSORGUNGSUNTERNEHMEN

Die Einsatzmöglichkeiten für das IoT nehmen ständig zu und mittlerweile existieren weltweit mehrere Milliarden von vernetzten Geräten. Eine Umfrage von Arthur D. Little unter C-Level-Verantwortlichen aus dem Jahre 2022 im Umfeld der Energiewirtschaft hat ergeben, dass Verantwortungsträger zahlreiche Chancen in der Anwendung von IoT-Lösungen sehen. Die meist genannten identifizierten Opportunitäten adressieren direkt die Aspekte der präventiven Fehlervermeidung (74%), die Steigerung der operativen Effizienz (74%) sowie das erleichterte Qualitätsmonitoring (65%) (siehe Abbildung 2).⁶

Abbildung 2. Chancen für die Energiewirtschaft in der Implementierung von IoT-Lösungen



Quelle: Arthur D. Little, Umfrage

⁵ MVV Energie AG.

⁶ Arthur D. Little, Umfrage 2022.



Angesichts der identifizierten Chancen ist es nicht verwunderlich, dass der Fortschritt von IoT-Lösungen im Bereich der Energiewirtschaft kontinuierlich zunimmt. Laut der oben genannten Umfrage zeigt sich, dass 80% der befragten Unternehmen aus der Energiewirtschaft bereits mindestens ein IoT-Projekt erfolgreich abgeschlossen oder vollständig implementiert haben. Zum Vergleich: Eine ähnliche Umfrage im Jahr 2018 ergab noch einen Wert von lediglich 14%. Dies bedeutet, dass innerhalb weniger Jahre eine beachtliche Steigerung von 66 Prozentpunkten zu verzeichnen ist. Es ist zu erwarten, dass diese Entwicklung weiter an Bedeutung zunehmen wird.⁷ Jedoch sollte erwähnt werden, dass viele der IoT-Projekte im Proof-of-Concept (PoC)-Stadium verbleiben, da es an Management-Support sowie an der notwendigen Finanzierung, Organisation und Ressourcen mangelt.

Der Einsatz von IoT-Technologie bietet neben der Energiewirtschaft auch für Kommunen erhebliche Chancen zur Verbesserung ihrer Effizienz und der allgemeinen Lebensqualität. Durch intelligente Sensoren und Datenanalysen können Städte ihre Ressourcennutzung optimieren, indem sie den Verbrauch von Wasser und Energie präzise überwachen und steuern. Dies führt zu Kostenersparnissen und einer nachhaltigeren Stadtentwicklung. Zudem erlaubt das IoT eine kontinuierliche Überwachung der Infrastruktur, wodurch frühzeitige Wartungsmaßnahmen ergriffen und Schäden verringert werden können.

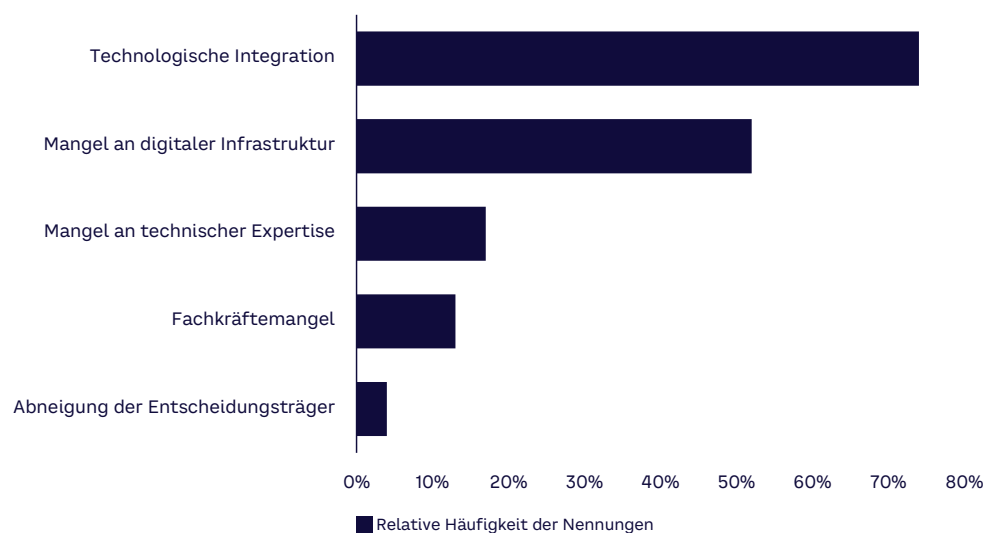
Im Bereich der öffentlichen Sicherheit können IoT-Systeme Notfallsituationen schneller erkennen und die Reaktionszeiten verbessern. Auch die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger profitiert durch smarte Lösungen wie intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Umweltsensoren, die den Alltag effizienter und angenehmer gestalten. Insgesamt ermöglicht die Nutzung von Echtzeitdaten eine fundiertere Entscheidungsfindung.

HERAUSFORDERUNGEN FÜR KOMMUNEN UND KOMMUNALE VERSORGUNGSUNTERNEHMEN

In der Energiewirtschaft kennen Energie- und Versorgungsunternehmen den zunehmenden Wert von IoT-Technologien und sind bereit, entsprechende Ressourcen dafür bereitzustellen. Dennoch stellt die Implementierung von IoT-Lösungen eine erhebliche Herausforderung da, was die Einführung und den effektiven Einsatz in diesem Sektor erschwert.

Als bedeutendste Herausforderungen werden die technologische Integration bzw. die Implementierung angesehen, gefolgt von einem Mangel an notwendiger digitaler Infrastruktur und personellen Schwierigkeiten im Bereich der technischen Expertise (siehe Abbildung 3).⁸ Um die Herausforderungen zu bewältigen, müssen IoT-Lösungen im Bereich der Energiewirtschaft die folgenden Anforderungen erfüllen, um erfolgreich in der Zukunft angewendet zu werden.

Abbildung 3. Herausforderungen für die Energiewirtschaft in der Implementierung von IoT-Lösungen



Quelle: Arthur D. Little, Umfrage

⁷ Arthur D. Little, Umfrage 2022.
⁸ Arthur D. Little, Umfrage 2022.

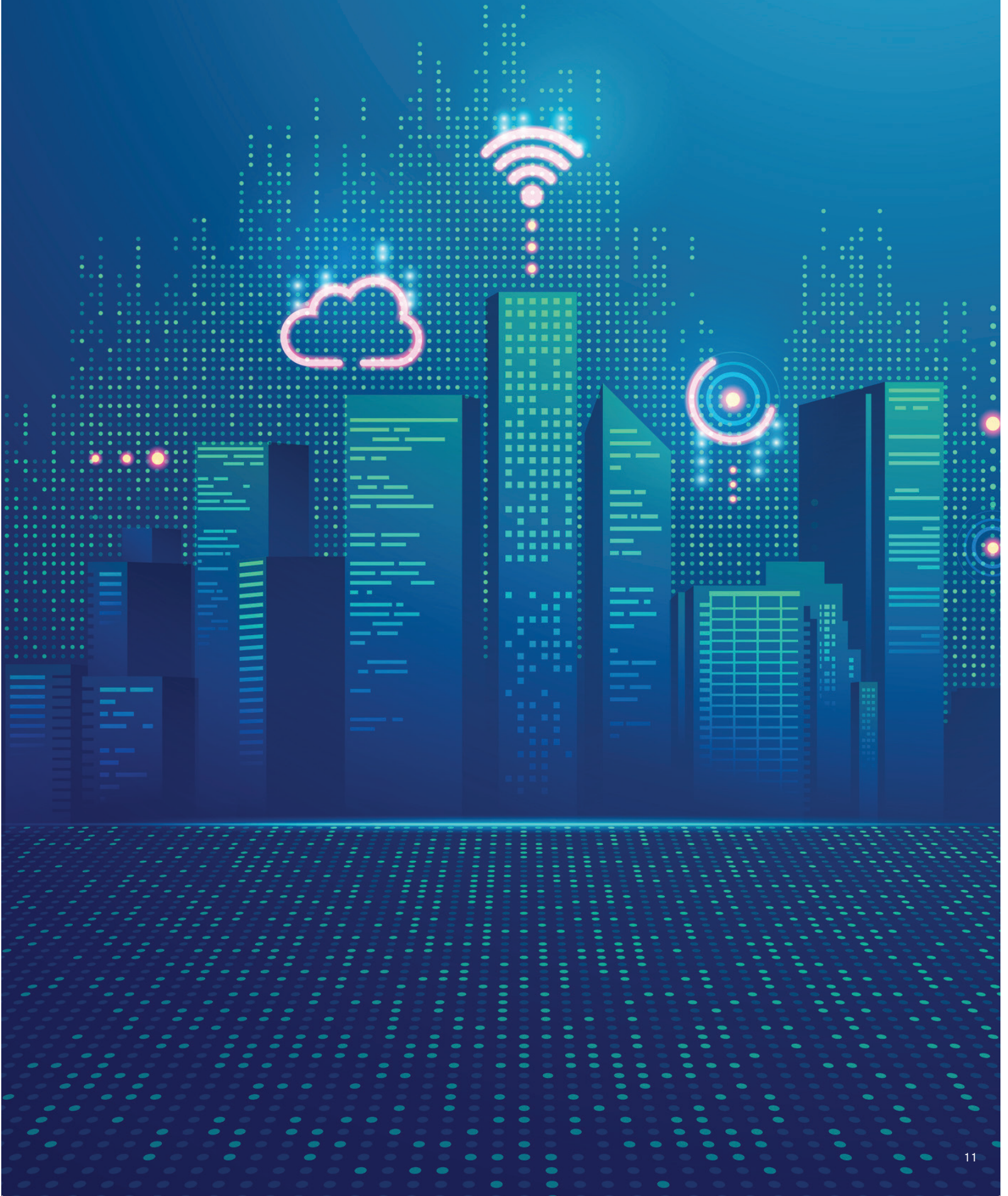
IoT-Lösungen müssen:

- **einfach integrierbar sein**
- **die Fähigkeit besitzen, ohne größere manuelle bzw. menschliche Interventionen schnell skalierbar einsetzbar zu sein**
- **Ressourcen transparent und effizient nutzen**
- **den höchsten Sicherheitsstandards genügen**

Versorgungsunternehmen aber auch Vertreiber von IoT-Lösungen im Bereich der Versorgungswirtschaft stehen vor der Herausforderung, die erfolgreiche Verbreitung von IoT-Use-Cases weiter voranzutreiben. Kommunale Versorgungsunternehmen sollten deshalb bereits heute in die notwendige

Netzwerk- und Kommunikationsinfrastruktur investieren. Damit kann die Grundlage geschaffen werden, um etablierte IoT-Use-Cases zu implementieren und gegebenenfalls neue technische Lösungen zeitnah und nahtlos in die digitale Infrastruktur zu integrieren. Zudem muss die Rekrutierung und technische Weiterbildung von Mitarbeitenden gefördert sowie die Zusammenarbeit mit erfahrenen Partnern im IoT-Umfeld intensiviert werden.

Ein wesentlicher Faktor bei der Implementierung von IoT-Lösungen ist der notwendige Kulturwandel. Verantwortliche müssen Unsicherheiten und Fehler als Teil des Lernprozesses akzeptieren und traditionelle Denkweisen hinterfragen.



3. IOT-ANWENDUNGSFELDER IM ÖFFENTLICHEN SEKTOR

Die Anwendungsfelder für IoT-Lösungen in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen sind keine Zukunftsmusik und etablieren sich zunehmend in der gegenwärtigen kommunalen Praxis — unterstützt durch Förderprogramme und -projekte. Das folgende Kapitel soll kommunalen Verantwortlichen wie Ihnen als Inspiration dienen, die digitale Zukunft Ihres Stadtwerks, Ihrer Kommune oder Ihrer Region lösungsorientiert zu hinterfragen und potenzielle Anwendungsfelder von IoT-Lösungen aufzeigen.

Bei der Anwendung von IoT-Lösungen gilt es immer zwischen der **internen** und der **externen Perspektive** zu unterscheiden. Die **interne Perspektive** bezieht sich auf die Anwendung von IoT-Lösungen innerhalb einer Organisation oder der Verwaltung, um Prozesse zu optimieren und effizienter zu gestalten. Die **externe Perspektive** hingegen betrachtet die Anwendung von IoT-Lösungen aus der Sicht der Bürgerinnen und Bürger sowie weiterer externer Faktoren wie etwa Wirtschaft, Klima und Umwelt. Hierbei geht es darum, wie durch die individuelle IoT-Lösung sowohl ein gesamtgesellschaftlicher Nutzen als auch ein Nutzen für individuelle Zielgruppen generiert werden kann. Je nach Anwendungsfall kann eine IoT-Lösung sowohl die interne als auch die externe Perspektive berücksichtigen. Es ist jedoch wichtig, dass sich eine Körperschaft darüber im Klaren ist, welche Bereiche sie ansprechen möchte und welchen wirtschaftlichen Nutzen sie daraus ziehen kann. Eine klare Zielsetzung und eine sorgfältige Planung sind unerlässlich für eine erfolgreiche Implementierung der IoT-Lösung. Da Planung immer mit Unsicherheiten verbunden ist, sollte sie flexibel gestaltet werden, um neue Erkenntnisse und Anpassungen während des Implementierungsprozesses zu berücksichtigen.

Unsere Analyse nach Anwendungsfeldern des IoT im öffentlichen Sektor mit speziellem Fokus auf Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen gliedert sich in vier Teilbereiche: Energie/Umwelt, Verkehr/Mobilität, öffentliche Sicherheit und Verwaltung/Bürgerservice. Diese vier identifizierten Anwendungsfelder bieten aus unserer Sicht mittelfristig das größte Potenzial für IoT-Anwendungen im öffentlich-rechtlichen Kontext und sind daher für Stadtwerke und Kommunen von besonderem Interesse.

Im Folgenden werden diese Kategorien näher beschrieben und in den Unterkapiteln jeweils durch ein Beispiel für die verschiedenen Anwendungsfelder vorgestellt:

- **Energie/Umwelt.** IoT-Anwendungen im Bereich Energie und Umwelt berücksichtigen insbesondere Maßnahmen, die darauf abzielen, die Energieeffizienz zu steigern, die Umweltbelastung in der Kommune zu reduzieren und gleichzeitig Maßnahmen der Klimaanpassung zu verbessern. Der Bereich Umwelt kann dabei breit gefasst werden. So fallen beispielsweise auch intelligente Müllabfuhr- und Altkleidercontainer-Systeme in diesen Teilbereich, wenn ihr vorrangiges Ziel die Reduzierung von Energieverbrauch, Emissionen und Belastungen für Mensch und Umwelt ist.

Wesentlich ist auch die veränderte Rolle der Netzbetreiber, die zunehmend Daten aus dezentralen Erzeugungsressourcen (DERs) nutzen müssen. Dies umfasst Aufgaben wie Engpass- und Spitzenlastmanagement sowie das Bereitstellen von Flexibilitätsdiensten. Eine dezentrale Datenerhebung ist dabei entscheidend für effizientes Netzmanagement.



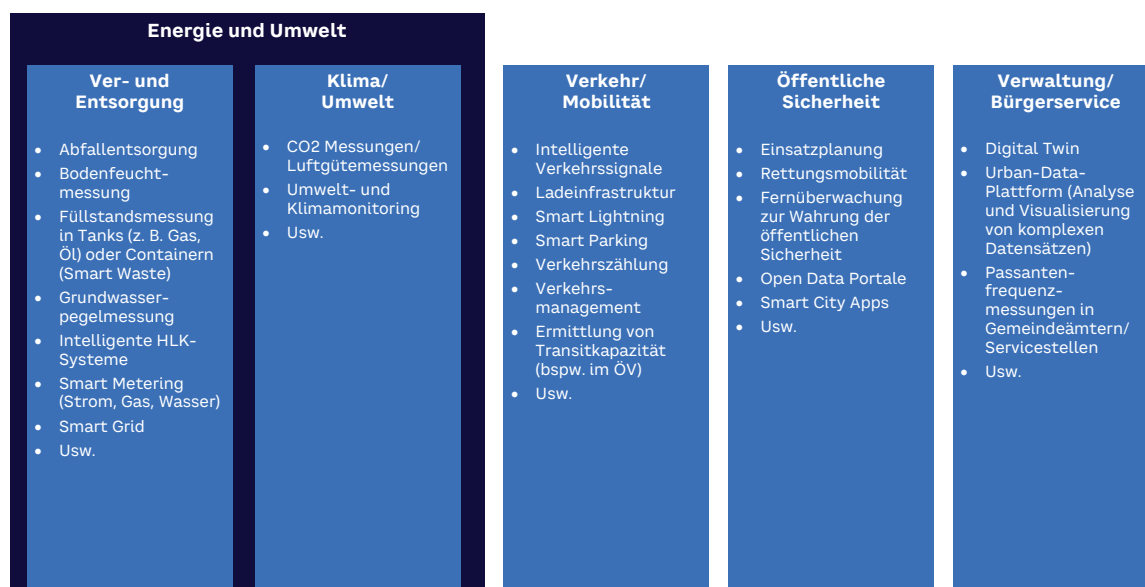
- **Verkehr/Mobilität.** Das Mobilitätsbedürfnis der Bürgerinnen und Bürger hat in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen, was zu neuen Herausforderungen im Verkehrsmanagement führt. Diese können je nach Gebietstyp variieren, sei es in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte (Überlastung) oder in weniger bevölkerten Gebieten (mangelnde Auslastung). IoT-Anwendungsfälle in diesem Teilbereich konzentrieren sich vor allem auf das intelligente Verkehrsmanagement oder die umweltsensitive Verkehrssteuerung in Ballungsgebieten. Letzteres zeigt auch die zunehmende Sektorenkopplung, da hierfür Umweltdaten benötigt werden, die möglicherweise im vorher genannten Handlungsfeld bereits erhoben wurden.
- **Öffentliche Sicherheit.** Die öffentliche Sicherheit zählt zu den wichtigsten Aufgabenbereiche öffentlich-rechtlicher Körperschaften überhaupt. Die Gewährleistung von Sicherheit im öffentlichen Raum sowie Katastrophenschutz und -management gehören zu relevantesten Anwendungsfeldern, die auch von IoT profitieren können.
- **Verwaltung/Bürgerservice.** Die moderne Verwaltung und der Bürgerservice orientieren sich an den Bedürfnissen der Bürgerinnen und Bürger, sind wirtschaftlich (Effizienz und Effektivität) und zugleich digital. In all diesen Bereichen können IoT-Lösungen bedeutende Vorteile mit sich bringen.

Selbstverständlich gibt es Schnittstellen und Überschneidungen zwischen den Bereichen. Beispielsweise bietet eine intelligente Müllcontainerüberwachung sowohl Vorteile im Bürgerservice als auch für die Umwelt. Innerhalb der vier identifizierten Kategorien für IoT-Anwendungsfelder in Stadtwerken und Kommunen existieren eine Vielzahl von Use Cases, die einen großen Nutzen bringen. Abbildung 4 greift eine Auswahl solcher Use Cases auf. In den folgenden Unterkapiteln wird jeweils spezifisch auf ein oder zwei Use Cases pro IoT-Anwendungsfeld eingegangen.

ENERGIE/UMWELT

Durch die Anwendung von IoT-Lösungen können Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen im Alltag operativ entlastet werden. Im Kontext von Energie/Umwelt bedeutet dies, dass sie IoT-Lösungen einsetzen können, um beispielsweise den Energieverbrauch und den Emissionsausstoß im Versorgungs- bzw. Verwaltungsgebiets zu reduzieren oder das Mikroklima mithilfe intelligenter Messnetze zu beobachten. Der Begriff "Umwelt" wird hier umfassend verwendet und schließt alle Aktivitäten ein, die die erweiterte Umgebung der Bürgerinnen und Bürger im öffentlichen Raum betreffen. Dazu gehören Themenbereiche wie die Abfall- oder Altkleiderentsorgung ebenso wie Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung, beispielsweise durch Messungen auf öffentlichen Flächen und Gebäuden.

Abbildung 4. Ausgewählte IoT-Use-Cases im öffentlichen Sektor



Quelle: Arthur D. Little

Anwendungsfall Energie: Smart Metering

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat in den letzten Jahren erfreulicherweise stark zugenommen. Damit steigt auch der Anteil dezentraler und volatiler Stromquellen wie Photovoltaik und Windkraft, deren Produktion stark durch Standort, Witterung und jahreszeitliche Gegebenheiten beeinflusst wird. Um die zunehmend volatile Stromerzeugung in Anbetracht des Anstiegs erneuerbarer Energien in Zukunft bewältigen zu können, ist es notwendig, Netze, Erzeugung und Verbrauch auf effiziente, sichere und intelligente Weise zu verbinden. Dies trägt u. a. dazu bei, die Stromnetze zu stabilisieren und eine Überlastung zu vermeiden. Einerseits werden umweltfreundliche und klimaneutrale Energiequellen in ein intelligentes Stromnetz (Smart Grid) integriert, andererseits tragen intelligente Stromzähler (Smart Meter) dazu bei, diese Energie effektiver zu nutzen. Smart Meter ersetzen herkömmliche Stromzähler und erfüllen höchste Anforderungen an Sicherheit und Datenschutz. Smart Meter bieten den Vorteil, dass sie nicht nur den Stromverbrauch oder die eingespeiste Strommenge messen, um Abrechnungen zu erstellen, sondern auch Spannungsausfälle protokollieren und wichtige Informationen an die Netzbetreiber übermitteln. Dadurch können Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch zeitgenau aufeinander abgestimmt werden. In dieser Konsequenz wird die Versorgungssicherheit verbessert und der Klimaschutz gestärkt. Im Mai 2023 wurde deshalb vom deutschen Bundestag und Bundesrat beschlossen, dass bis zum Jahr 2032 in Deutschland alle Haushalte und Unternehmen mit Smart Metern ausgestattet sein müssen. Kommunen und Energieversorger werden diese Umsetzung vorantreiben.⁹

Aus technischer, wirtschaftlicher oder regulatorischer Sicht kommt die Smart-Meter-Gateway-Technologie jedoch nicht überall zur Anwendung. Um weitere Messanforderungen auch über die gesetzlichen Verpflichtung im Sektor Strom hinaus, beispielsweise für Wasser, Gas oder Wärme zu erfüllen, entwickelt sich derzeit das IoT-Metering als technische Ergänzung. Hierbei werden IoT-Technologien (insbesondere LoRaWAN, Mobilfunk oder NB-IoT) genutzt, um automatisiert und kontinuierlich Verbrauchsdaten zu überwachen und Daten an

nachfolgende Prozesse weiterzugeben. (Vgl. IoT-Metering: Ein Schlüssel zur Effizienz und Nachhaltigkeit, S.50).

Anwendungsfall Umwelt: Intelligente Altkleidercontainer¹⁰

Die Stadt München testete zwischen 2020 und 2021 in einem IoT-Pilotprojekt "intelligente Altkleidercontainer" zur Messung der Füllstände ihrer Container. Das Ziel des Projektes war es, überfüllte Altkleidercontainer zu vermeiden, ineffiziente Leerungsfahrten zu minimieren und dadurch das Stadtbild zu verbessern und das Verkehrsaufkommen in München zu reduzieren. Hierfür wurden 80 Füllstandmesssensoren angebracht und in die integrierte IoT-Plattform der Stadtwerke München eingebunden. Durch diese Maßnahme konnte im Pilotprojekt ein digitaler Zwilling (Digital Twin) erstellt werden, der in Echtzeit die Füllstände überwacht. Der Aufbau eines stadtweiten IoT-Ökosystems soll in den kommenden Jahren in München weiter ausgebaut werden.

Anwendungsfall Umwelt: Energiemanagement (ISO 50001/ISO 50005)

Der Einsatz von IoT-Daten im Energiemanagement bringt bedeutende Vorteile für die Implementierung von ISO 50001 und ISO 50005. IoT-Sensoren ermöglichen eine präzise und kontinuierliche Überwachung des Energieverbrauchs in Echtzeit, wodurch detaillierte Daten über Energieflüsse und Verbrauchsmuster bereitgestellt werden. Dies verbessert die Fähigkeit von Organisationen, Energieeinsparpotenziale genau zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs zu ergreifen. Durch die automatische Erfassung und Analyse von Energiemessdaten können Unternehmen schneller auf Ineffizienzen reagieren und ihre Energiemanagementstrategien stetig optimieren. Dies unterstützt nicht nur die Erfüllung der Anforderungen von ISO 50001 zur kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz, sondern erleichtert auch die schrittweise Implementierung von Energiemanagementsystemen gemäß ISO 50005, indem es eine datengestützte Basis für fundierte Entscheidungen und strategische Planungen bietet.

⁹ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

¹⁰ Landeshauptstadt München.



VERKEHR/MOBILITÄT

Die Zukunft der Mobilität ist "Smart." In Smart Mobility wird der Verkehr mithilfe von Echtzeitdaten aus Stausensoren, Kameras und dynamischen Verkehrsleitungsanzeigen gesteuert, analysiert und optimiert. Pendler erhalten in Echtzeit Informationen über verfügbare Verbindungen, Auslastungen und gegebenenfalls Alternativen. Das Gleiche gilt für alle anderen Autofahrer*innen: Apps und Navigationsgeräte zeigen die Verkehrsbelastung an und schlagen alternative Strecken vor. Die Digitalisierung der Mobilität ermöglicht somit eine optimale Nutzung der Infrastruktur, reduziert Staus, fördert eine effizientere Nutzung von Energie, verbessert die Luftqualität und erhöht die Sicherheit.¹¹ Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen spielen eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung dieser Zukunftsvision von Mobilität. Durch ausgewählte Maßnahmen lassen sich dabei erste Teilerfolge erzielen.

Anwendungsfall: Smarte Sensorik zur Verkehrszählung¹²

Im Rahmen eines Förderprojekts in Osnabrück erfassen Verkehrskameras datenschutzkonform den Verkehrsfluss mittels intelligenter Sensorik. Die auf künstlicher Intelligenz basierende Mustererkennung analysiert Umrisse von vorbeifahrenden Fahrzeugen bzw. Fußgängern und erkennt, um welche Art von Mobilitätsmittel es sich handelt — ganz gleich, ob Fahrrad, Auto, LKW oder Fußgänger. Die Informationen werden über LoRaWAN (siehe Kapitel 5) direkt an den städtischen Verkehrsrechner übermittelt und auf einer öffentlich zugänglichen Datenplattform der Stadt Osnabrück in Echtzeit geteilt. Die intelligente Verkehrszählung verbessert die Verkehrsplanung und den Straßenunterhalt bzw. Umbaumaßnahmen für die regionalen Fachämter. Ein wesentlicher Mehrwert besteht darin, dass keine teuren Zählschleifen mehr nötig sind, wodurch Tiefbaumaßnahmen entfallen. Zudem ist das System flexibel und kann bedarfsgerecht neu positioniert werden, wenn neue Erkenntnisse gewonnen werden sollen.

Anwendungsfall: Smart Parking

Die Hansestadt Lübeck hat im Oktober 2022 ein Pilotprojekt gestartet, sensible Verkehrsräume wie Feuerwehrausfahrten oder enge Kreuzungen in Wohngebieten mit Parksensoren auszustatten, um falschparkende Fahrzeuge zu ermitteln, die beispielsweise Einsatzfahrzeuge der Rettungsdienste bei Eilfahrten behindern. Mithilfe der Sensoren erfolgt eine proaktive Information an das Ordnungsamt, wenn die Verkehrsbereiche von Fahrzeugen zugestellt werden. Auf diese Weise können zugeparkte und sensible Verkehrsflächen schnell freigeräumt werden, was im Notfall den Rettungskräften wertvolle Zeit spart, um den Einsatzort zu erreichen.¹³

ÖFFENTLICHE SICHERHEIT

Die Anwendung von IoT im Kontext der öffentlichen Sicherheit entwickelt sich derzeit rasant, ist jedoch Stand heute besonders in Deutschland noch nicht flächendeckend in der Praxis umgesetzt worden. Die Gründe hierfür sind vielfältig und haben eine politische Komponente, wenn es um Themen wie IoT-Smart Surveillance geht. Das nachfolgende Beispiel zeigt dennoch einen unkritischen Anwendungsfall aus dem Bereich des Katastrophenschutzes.

Anwendungsfall: IoT im Katastrophenschutz

Ein Beispiel für das IoT im Katastrophenschutz zur Wahrung der öffentlichen Sicherheit ist das intelligente Hochwasserfrühwarnsystem in Houston. Hier wurden Sensoren entlang von Flüssen installiert, die Wasserstände und Niederschläge in Echtzeit überwachen. Bei drohender Hochwassergefahr senden diese Sensoren automatisch Warnungen an Notfallteams und die Bevölkerung. Dies ermöglicht eine schnelle Evakuierung und präzisere Katastrophenmanagement-Maßnahmen. Durch die stetige Überwachung werden die Frühwarnungen verbessert und Schäden sowie Kosten durch frühzeitige Reaktionen und optimierte Ressourcennutzung reduziert.

¹¹ CyOne Security AG.

¹² Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

¹³ Hansestadt Lübeck.

Diese Art des Katastrophenschutzes wurde in ähnlicher Art bereits in Deutschland implementiert. In Haßfurt wurden Sensoren an Mainzzuflüssen installiert, um besser und schneller auf Starkregen und Hochwasser reagieren zu können (siehe Kapitel 7).

VERWALTUNG & BÜRGERSERVICE

Im Bereich Verwaltung und Bürgerservice sind sowohl Smart Government als auch Smart Governance zentrale Themen. Smart Government steht für eine intelligente Verwaltung, wobei moderne Technologien genutzt werden, um Verwaltungsprozesse effizienter, transparenter und bürgerfreundlicher zu gestalten. Hierbei spielt das IoT eine wesentliche Rolle, da es Daten in Echtzeit erfasst und verarbeitet, und damit eine schnellere und präzisere Entscheidungsfindung unterstützt.

Smart Governance hingegen bezieht sich auf das intelligente Steuern und Regulieren von Organisationen. Durch den Einsatz von IoT-Technologien können hier erhebliche Vorteile erzielt werden, wie die Optimierung von Arbeitsabläufen und die Verbesserung der Ressourcennutzung. IoT-Lösungen ermöglichen es, Verwaltungsprozesse besser zu überwachen und anzupassen, wodurch Effizienzgewinne erzielt und Ressourcen geschont werden können.

Zusammengefasst bieten sowohl Smart Government als auch Smart Governance durch den Einsatz von IoT-Technologien erhebliche Potenziale zur Verbesserung der Verwaltungsarbeit und des Bürgerservices.

Anwendungsfall: Urban-Data-Plattformen¹⁴

Eine zunehmende Anzahl von Städten und Regionen in Deutschland verfügt über sogenannte Urban-Data-Plattformen oder befindet sich im Aufbau derartiger Systeme. Das Ziel dieser Plattformen ist es, den Umgang mit und die Bereitstellung unterschiedlichster

Daten (statische, dynamische Daten, mit oder ohne Raumbezug) aus verschiedensten Quellen (Statistik, Geodaten, IoT-Daten, privatwirtschaftliche Daten, Forschungsdaten usw.) innerhalb eines Gemeindegebietes auf einer zentralen Plattform zu bündeln, um damit die Effizienz, Transparenz und Qualität kommunaler Aufgaben und Services zu erhöhen. Neben internen Akteuren und Prozessen der Kommunen und kommunalen Unternehmen profitieren auch Bürgerinnen und Bürger sowie externe Unternehmen und Organisationen, die (entsprechend datenschutzrechtlicher Anforderungen) über Urban-Data-Plattformen transparenten Zugang zu bestimmten Daten und Echtzeitinformationen erhalten können. Die Plattformen ermöglichen es dabei nicht nur Daten zu sammeln, sondern diese zu verknüpfen, zu analysieren und visuell aufzubereiten. Diese verarbeitenden Daten können internen und externen Akteuren durch spezifische und möglichst feingranulare Zugriffsrechte über standardisierte Schnittstellen interoperabel für verschiedene Anwendungen zur Verfügung gestellt werden. Im Gegensatz zu reinen Open-Data-Plattformen wird jedoch nicht auf alle Daten Zugriff gewährt, sondern auch geschützte Daten werden verwaltet. Urban-Data-Plattformen werden in der Regel im Kontext von Smart Cities angedacht und befähigen Kommunen und Städte auf dem Weg in eine digitale Zukunft. So verfügt die Stadt Hamburg über eine Urban-Data-Plattform. Die Stadt Hamburg erklärt diese wie folgt: "Datensätze, die in der Stadt verfügbar sind, sollen häufig mit anderen geteilt werden. Um dies möglichst einheitlich und maschinenlesbar zu bewerkstelligen, werden die Daten in die Urban-Data-Plattform importiert. Je nach Anwendungsfall werden die Daten gefiltert, neue Berechnungen angestellt und schließlich für die Kartendarstellung visualisiert. Bereitgestellt werden dann sogenannte Schnittstellen, die jeder benutzen kann. Häufig werden Daten in verschiedene Apps eingebunden, manchmal werden sie aber auch mit anderen Daten kombiniert und so neue Erkenntnisse erzeugt."¹⁵

¹⁴ In englischer Schreibweise. Urban Data Platform.

¹⁵ Urban-Data-Plattform Hamburg.



4. TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN UND DIE IOT- WERTSCHÖPFUNGSKETTE

AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE VON IOT-PLATTFORMEN

IoT-Plattformen sind das Rückgrat erfolgreicher IoT-Projekte. Sie ermöglichen die Vernetzung von Geräten, Sensoren und Aktoren, die Verarbeitung und Analyse von Daten sowie die Bereitstellung von Anwendungen und Diensten. Eine IoT-Plattform besteht typischerweise aus verschiedenen Kernfunktionalitäten (vereinfachte Darstellung):

- **Geräteverwaltung.** Die Geräteverwaltung umfasst die Konfiguration, Aktualisierung und Überwachung von IoT-Geräten.
- **Konnektivität.** Dieser Bereich stellt sicher, dass IoT-Geräte zuverlässig mit der Plattform kommunizieren, indem sie verschiedene Netzwerktechnologien (z. B. WiFi, NB-IoT und Sigfox) und Protokolle (z. B. MQTT, CoAP oder HTTPS) unterstützt. Zudem ist die flexible Anbindung von Datenquellen und Zielsystemen sowie die Einbindung von (IoT)-Daten in Bestandsprozesse von großer Bedeutung.
- **Datenverarbeitung und -analyse.** Dieser Bereich umfasst das Sammeln, Speichern und Analysieren von Daten von IoT-Geräten, um Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen zu generieren.
- **Anwendungsbereitstellung.** Dies beinhaltet die Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur und Tools zur Entwicklung und zum Betrieb von Anwendungen und Diensten, die auf den gesammelten IoT-Daten basieren.
- **Sicherheit.** Sie schützt die IoT-Infrastruktur vor unbefugtem Zugriff und gewährleistet die Integrität und Vertraulichkeit der Daten.

Entscheidungsträger sollten bei der Auswahl und Implementierung von IoT-Plattformen verschiedene Aspekte berücksichtigen, wie die Auswahl der geeigneten Plattform, den Zugang zu IoT-Plattformen, die Integration von IoT-Geräten und -Sensoren, Schulung und Support sowie Zusammenarbeit und Partnerschaften.

KONNEKTIVITÄTS-TECHNOLOGIEN UND DEREN ANWENDUNG

Damit Geräte, Sensoren und Plattformen im Rahmen des IoT zuverlässig miteinander kommunizieren können, benötigen Sie eine sichere Technologie zur Kommunikation. Die Wahl der richtigen Konnektivitätstechnologie ist entscheidend für den Erfolg eines IoT-Projekts, da sie die Effizienz, Zuverlässigkeit und Kosten der Datenübertragung beeinflusst. Es gibt verschiedene Technologien, die je nach Anwendungsfall und Anforderungen eingesetzt werden können. Diese sind konsolidiert in der nachfolgenden Abbildung 5 aufbereitet.

- **Low-Power Wide-Area Networks (LPWAN).** LPWAN-Technologien wie LoRaWAN, mioty oder Sigfox ermöglichen eine energieeffiziente und kostengünstige Vernetzung von IoT-Geräten über große Entfernungen. LoRaWAN ist eine besonders beliebte LPWAN-Technologie, die sich durch ihre hohe Reichweite, gute Gebäudedurchdringung und ihren geringen Energieverbrauch auszeichnet. Sie ist besonders geeignet für Anwendungen, bei denen eine geringe Datenrate von 300 Bit/s bis 50 kBit/s und eine lange Akkulaufzeit erforderlich sind, wie z. B. Smart-City-Anwendungen, Fernüberwachung von Infrastrukturen oder Asset-Tracking.



- **Mobilfunk (4G/5G).** Mobilfunktechnologien wie 4G (LTE) und 5G bieten spezielle IoT-spezifische Ausprägungen, die für eine zuverlässige und flächendeckende Konnektivität sorgen. Im Bereich von 4G gibt es zum Beispiel LTE-M (LTE for Machines) und NB-IoT (Narrowband IoT), die speziell für IoT-Anwendungen entwickelt wurden. Diese Technologien bieten eine verbesserte Netzabdeckung, einen geringeren Energieverbrauch und eine höhere Gerätedichte im Vergleich zum herkömmlichen LTE. Bei 5G sind die relevanten Spezifikationen mMTC (massive Machine Type Communications) und URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communications). mMTC ist darauf ausgelegt, die Kommunikation zwischen einer großen Anzahl von IoT-Geräten zu ermöglichen und bietet eine hohe Gerätedichte, einen geringen Energieverbrauch sowie eine verbesserte Netzabdeckung. URLLC hingegen ist für zeitkritische IoT-Anwendungen konzipiert und bietet sehr niedrige Latenzzeiten sowie eine hohe Zuverlässigkeit.
- **WLAN (Wi-Fi).** WLAN ist eine weit verbreitete Technologie, die für Anwendungen mit hoher Bandbreite und geringer Reichweite genutzt wird. Sie ist besonders geeignet für den Einsatz in Gebäuden oder städtischen Gebieten, wie für Smart-Home-Anwendungen, vernetzte Bürogeräte oder öffentliche Hotspots.
- **Zigbee, Bluetooth und andere Kurzstrecken-Kommunikationstechnologien.** Zigbee und Bluetooth sind Kurzstrecken-Kommunikationstechnologien, die sich für Anwendungen mit geringer Reichweite und

geringem Energieverbrauch eignen. Zigbee ist häufig in Smart-Home-Anwendungen zu finden, während Bluetooth in vielen persönlichen Geräten wie Smartphones, Kopfhörern und Wearables eingesetzt wird. Beide Technologien können auch in Industrie-4.0-Anwendungen genutzt werden, wie für die Kommunikation zwischen Maschinen oder zur Überwachung von Produktionsprozessen.

- **Kabelgebundene Technologien.** Kabelgebundene Technologien wie Ethernet und Glasfaser bieten eine zuverlässige und stabile Verbindung mit hoher Bandbreite und niedriger Latenz. Diese Technologien sind besonders geeignet für Anwendungen, bei denen eine konstante und schnelle Datenübertragung erforderlich ist, wie in industriellen Umgebungen, Rechenzentren oder bei der Überwachung kritischer Infrastrukturen. Ethernet ist weit verbreitet und bietet eine einfache Installation und Wartung, während Glasfaserverbindungen für ihre hohe Übertragungsgeschwindigkeit und Immunität gegenüber elektromagnetischen Störungen geschätzt werden. Diese kabelgebundenen Lösungen sind ideal für Szenarien, in denen keine Mobilität erforderlich ist und eine stabile, sichere Verbindung priorisiert wird.

Hinweis Mobilfunk: Aufgrund der geringeren Relevanz im Vergleich zu 5G mMTC und 5G URLLC in Bezug auf IoT-Use-Cases wird 5G eMBB (Enhanced Mobile Broadband) als drittes 5G-Anwendungsszenario hier nicht aufgeführt.

Abbildung 5. Übersicht über IoT-Konnektivitätstechnologien

Technologien	Technologie	Datendurchsatz	Energieverbrauch	Reichweite	Latenz	Anwendungs-beispiele
LPWAN	LoRaWAN, mioty, Sigfox	300 Bit/s - 50 kBit/s	Sehr niedrig	1-50 Kilometer	Hoch (mehrere Sekunden)	Smart-City, Fern-überwachung
	LTE-M	Bis zu 1 Mbit/s	Niedrig	Bis zu 20 Kilometer	Niedrig (10-15 ms)	Mobilfunk, Asset-Tracking
	NB-IoT	Bis zu 250 kBit/s	Sehr niedrig	Bis zu 10 Kilometer	Mittel (100-200 ms)	Smart Metering, Umwelt-überwachung
Mobilfunk	5G mMTC	Bis zu 1 Gbit/s	Niedrig	Einige Kilometer	Niedrig (1-10 ms)	Vernetzte Geräte, industrielle IoT
	5G URLLC	Bis zu 10 Gbit/s	Niedrig	Einige Kilometer	Sehr niedrig (< 1 ms)	Zeitkritische Anwendungen, Autonomes Fahren
WLAN	Wi-Fi 6	Bis zu 1 Gbit/s (Wi-Fi 6)	Mittel	50-100 Meter	Niedrig (< 10 ms)	Smart Home, vernetzte Bürogeräte
Kurzstrecken Kommunikations-technologien	Zigbee	Bis zu 250 kBit/s	Sehr niedrig	10-100 Meter	Mittel (30-100 ms)	Smart Home, industrielle Sensorik
	Bluetooth	Bis zu 2 Mbit/s (BLE)	Sehr niedrig	10-100 Meter	Mittel (30-100 ms)	Wearables, persönliche Geräte
Kabelgebundene Technologien	Ethernet	Bis zu 10 Gbit/s	Mittel	Bis zu 100 Meter	Sehr niedrig (< 1 ms)	Rechenzentren, industrielle Anwendungen
	Glasfaser	Bis zu 100 Gbit/s	Niedrig	Mehrere Kilometer	Sehr niedrig (< 1 ms)	Langstrecken-verbindungen, Backbone-Netze

Quelle: Arthur D. Little

ANWENDUNGSBEREICHE VON KI IN VERBINDUNG MIT IOT-LÖSUNGEN

Künstliche Intelligenz (KI) kann in Verbindung mit IoT-Lösungen eingesetzt werden, um komplexe Datenanalysen durchzuführen, Muster zu erkennen und automatisierte Entscheidungen zu treffen. Einige Anwendungsbereiche von KI in IoT-Projekten sind:

- **Predictive Maintenance.** KI kann dazu verwendet werden, den Zustand von Geräten und Anlagen zu überwachen und vorherzusagen, wann Wartungsarbeiten erforderlich werden, um Ausfälle zu vermeiden.
- **Verkehrsmanagement.** Mithilfe von KI können Verkehrsdaten analysiert und optimierte Verkehrssteuerungssysteme entwickelt werden, um den Verkehrsfluss zu verbessern und Staus zu reduzieren.
- **Energieeffizienz.** Durch die Unterstützung von KI kann der Energieverbrauch von Gebäuden und Infrastrukturen analysiert und automatisierte Steuerungssysteme entwickelt werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren und Kosten zu sparen.
- **Umweltüberwachung.** Mittels KI lassen sich Umweltdaten analysieren und Frühwarnsysteme für Umweltgefahren wie Luftverschmutzung oder Hochwasser entwickeln.

Durch die Kombination von IoT-Technologien und KI können innovative Lösungen entwickelt werden, die den Bedürfnissen der Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen gerecht werden und gleichzeitig die Effizienz und Nachhaltigkeit der Infrastrukturen und Dienstleistungen verbessern.

Technische und organisatorische Anforderungen für den Einsatz von KI in städtischen Infrastrukturen

Um das volle Potenzial von KI und IoT-Lösungen in der städtischen Verwaltung und bei den kommunalen Versorgungseinrichtungen auszuschöpfen, sind bestimmte technische und organisatorische Voraussetzungen erforderlich. Zu den wichtigsten Komponenten gehören:

- **IoT-Plattformen.** Eine zentrale IoT-Plattform ist notwendig, um die Integration, Verwaltung und Analyse von IoT-Geräten

und -Daten zu ermöglichen. Diese Plattform dient als Bindeglied zwischen den Geräten und den damit verbundenen Analysetools und Anwendungen. Sie unterstützt die Datenaggregation, Gerätekonfiguration, Ereignisverarbeitung und bietet Schnittstellen für die Anbindung von externen Systemen und Diensten.

- **Echtzeitanalysesysteme.** Zur Verarbeitung und Analyse von Echtzeitdaten, wie sie bei der prädiktiven Wartung oder beim Verkehrsmanagement anfallen, sind spezialisierte Echtzeitsysteme (Real-Time Data Processing Systems) notwendig. Diese Systeme ermöglichen es, sofortige Entscheidungen auf Basis aktueller Daten zu treffen.
- **Data Warehouse.** Ein zentrales Data Warehouse ist unerlässlich, um große Mengen an Daten aus verschiedenen Quellen zu speichern, zu integrieren und für Analysen bereitzustellen. Es dient als Grundlage für historische Analysen und unterstützt die Entscheidungsfindung.
- **Lokales Datenmanagementsystem.** Ein robustes, lokales Datenmanagementsystem ist erforderlich, um Daten lokal zu verwalten und die Verarbeitung großer Datenmengen zu ermöglichen. Dieses System sollte auch in der Lage sein, mit großen Sprachmodellen (Large Language Models, LLMs) zu interagieren, um Dokumente zu analysieren und Informationen effizient zu extrahieren.
- **Government Brain.** Das "Government Brain" ist ein innovatives System, das alle in der Verwaltung und im Betrieb verfügbaren Dokumente auswertet und mithilfe eines Large Language Models (LLM) den Mitarbeitenden zur Verfügung stellt. Diese Plattform integriert Informationen aus der IoT-Plattform und den Echtzeitanalysesystemen, um eine umfassende Wissensbasis zu schaffen. Mitarbeitende können dieses System jederzeit befragen und erhalten dadurch Zugriff auf Expertenwissen und Vorschläge zu aktuellen Fragestellungen. Das "Government Brain" bietet die Möglichkeit, Daten sicher in einer privaten Cloud zu speichern oder alternativ in einem Rechenzentrum eines großen Cloudproviders in Deutschland abzulegen, um höchste Sicherheitsstandards zu gewährleisten.



- **Sicherheitsinfrastruktur.** Da mit der Nutzung von IoT-Technologien und KI große Mengen sensibler Daten verarbeitet werden, ist eine starke Sicherheitsinfrastruktur notwendig. Diese umfasst Datenverschlüsselung, Zugriffskontrollen und regelmäßige Sicherheitsüberprüfungen, um den Schutz der Daten zu gewährleisten.
- **Skalierbare Cloud-Computing-Lösungen.** Um flexibel auf wachsende Datenmengen und steigende Rechenanforderungen reagieren zu können, sind skalierbare Cloud- und in Ausnahmefällen Edge-Computing-Lösungen wichtig. Diese ermöglichen es, Rechenprozesse nah an den Datenquellen durchzuführen und gleichzeitig die Cloud für umfangreiche Datenverarbeitung und Speicheranforderungen zu nutzen.

Neben den technischen Maßnahmen sind auch organisatorische Maßnahmen entscheidend, um den erfolgreichen Einsatz von KI und IoT-Technologien in der städtischen Verwaltung zu gewährleisten. Diese Maßnahmen umfassen:

- **Fähigkeiten und Schulungen.** Um die neuen Technologien effektiv zu nutzen, müssen Mitarbeitende entsprechend geschult und kontinuierlich weitergebildet werden. Dies beinhaltet Schulungen zu Datenanalyse, KI-Modelle, Sicherheit und datenschutzrechtliche Vorschriften.
- **Regulatorische Compliance.** Dieser Bereich stellt sicher, dass alle eingesetzten Technologien und Prozesse den gesetzlichen Anforderungen und Vorschriften entsprechen. Dazu gehören Datenschutzgesetze wie die DSGVO, Sicherheitsstandards und -branchen sowie technologiespezifische Regulierungen (z. B. KI-Verordnung). Es ist wichtig, regelmäßige Überprüfungen durchzuführen, um die Einhaltung dieser Vorschriften zu gewährleisten.
- **Governance und Richtlinien.** Es müssen klare Richtlinien und Governance-Strukturen für den Einsatz von KI und IoT entwickelt werden. Dies umfasst die Festlegung von Verantwortlichkeiten, Entscheidungsprozessen und Eskalationswegen. Klare Governance-Strukturen helfen dabei, die Umsetzung von Projekten zu steuern und die Rechenschaftspflicht sicherzustellen.
- **Datenmanagement und -ethik.** Ein robustes Datenmanagement muss integriert werden, um die Integrität, Qualität und Sicherheit der Daten zu gewährleisten. Zusätzlich sollten ethische Richtlinien entwickelt werden, um sicherzustellen, dass die Nutzung von Daten und KI-Modellen verantwortungsbewusst erfolgt, besonders in sensiblen Bereichen.
- **Prozessoptimierung und -integration.** Analyse und Anpassung bestehender Verwaltungsprozesse erleichtern die Integration neuer Technologien. Es ist wichtig, bestehende Arbeitsabläufe zu überarbeiten, um Synergien mit neuen Technologien zu schaffen und die Effizienz zu maximieren.
- **Kommunikations- und Change-Management.** Die Entwicklung eines umfassenden Kommunikationsplans ist entscheidend, um Mitarbeitende sowie Bürgerinnen und Bürgern über die Einführung und den Nutzen von KI- und IoT-Projekten zu informieren. Ein effektives Change-Management ist wichtig, um Widerstände zu überwinden, Akzeptanz zu fördern und einen reibungslosen Übergang zu neuen Arbeitsweisen zu gewährleisten.
- **Datenschutz und Sicherheitsschulungen.** Regelmäßige Schulungen für Mitarbeitende schärfen das Bewusstsein für Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen. Dies umfasst den sicheren Umgang mit Daten, die Erkennung und Vermeidung von Sicherheitsrisiken sowie den Umgang mit potenziellen Datenschutzverletzungen.
- **Monitoring und Evaluation.** Die Implementierung eines kontinuierlichen Monitorings und Evaluationsprozesses ist wichtig, um den Fortschritt und den Erfolg von KI- und IoT-Initiativen zu messen. Dies ermöglicht eine laufende Anpassung und Optimierung der Projekte, um sicherzustellen, dass sie die gewünschten Ergebnisse liefern.

Notwendigkeit einer AI-Readiness-Analyse mit nachfolgendem Implementierungsplan

Die Implementierung von KI- und IoT-Technologien erfordert eine sorgfältige Vorbereitung und Planung. Um sicherzustellen, dass eine Stadtverwaltung optimal auf diese neuen Technologien vorbereitet ist, bietet Arthur D. Little ein umfassendes Readiness-Assessment an (siehe Abbildung 6). Dieses Assessment dient dazu, den aktuellen Stand der technologischen und organisatorischen Infrastruktur zu bewerten und die Bereitschaft der Verwaltung zur Einführung von KI- und IoT-Lösungen zu ermitteln. Das Ziel ist es, potenzielle Lücken zu identifizieren und einen maßgeschneiderten Fahrplan zu entwickeln, der den Übergang zur digitalen Transformation unterstützt.

Am Beispiel dieser exemplarischen Kommune lässt sich erkennen, dass bereits solide Grundlagen in der technischen Infrastruktur und den organisatorischen Kompetenzen vorhanden sind. Besonders hervorzuheben sind die hohe Bewertung im Bereich der skalierbaren Cloud-Computing-Lösungen, der Sicherheitsinfrastruktur sowie der technischen und KI-bezogenen Kompetenzen des IT-Teams.

Diese Stärken bieten eine gute Basis für die Implementierung moderner Technologien.

Allerdings zeigen die Bewertungen auch, dass in einigen Bereichen Verbesserungsbedarf besteht. Niedrige Bewertungen bei Echtzeitanalysesystemen, Data Warehouse und lokalen Datenmanagementsystemen deuten darauf hin, dass die Infrastruktur für eine umfassende Datenverarbeitung und -analyse noch nicht vollständig etabliert ist. Ebenso sind die allgemeinen AI-Kompetenzen und Schulungen für das breite Mitarbeiterteam ausbaufähig, um eine umfassende Integration von KI-Lösungen zu ermöglichen.

Auf Basis dieses Readiness-Assessments kann nun ein strukturierter Plan zur Weiterentwicklung der AI-Kompetenzen und der technischen Infrastruktur entwickelt werden. Dieser Plan sollte gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der schwächer bewerteten Bereiche umfassen, insbesondere im Aufbau von Dateninfrastrukturen, der Schulung breiter Mitarbeiterschichten in KI-Kompetenzen sowie der Optimierung von IT-Governance und Richtlinien.

Abbildung 6. Readiness-Assessment-Matrix einer exemplarischen Kommune

Maßnahme	Bewertung (niedrig, mittel, hoch)
Technische Maßnahmen	
Skalierbare Cloud-Computing-Lösungen	Hoch
IoT-Plattform	Mittel
Echtzeitanalysesysteme	Niedrig
Data Warehouse	Niedrig
Lokales Datenmanagementsystem	Niedrig
Government Brain	Niedrig
Sicherheitsinfrastruktur	Hoch
Organisation/Kompetenzen - Maßnahmen	
Technische Kompetenz IT-Team	Hoch
AI-Kompetenzen IT-Team	Mittel
AI-Schulungen für IT-Mitarbeitende	Hoch
AI-Schulungen für breite Mitarbeiterschicht	Niedrig
IT-Governance und Richtlinien	Mittel
AI-Regulatorische Compliance	Niedrig
Datenmanagement und -ethik	Hoch
Prozessoptimierung und -integration	Niedrig
Kommunikations- und Change-Management	Mittel
Datenschutz und Sicherheitsschulungen	Hoch
Monitoring und Evaluation	Niedrig
Finanzierung und Ressourcen - Maßnahmen	
IT-Budget	Hoch
Ressourcenplanung	Hoch
Investitionen in moderne Technologien	Mittel
Finanzierung für Schulungen und Weiterbildung	Mittel
Externe Partnerschaften und Zusammenarbeit	
Kooperation mit externen Partnern	Hoch
Netzwerkbildung	Mittel
Nutzung von externem Fachwissen und Beratung	Niedrig

Quelle: Arthur D. Little

Durch die gezielte Stärkung der identifizierten Schwachstellen und die Nutzung der bereits vorhandenen Stärken kann die Kommune ihre Fähigkeiten im Bereich der künstlichen Intelligenz und IoT-Technologien nachhaltig ausbauen und ihre Effizienz und Innovationskraft erheblich steigern.

IOT-WERTSCHÖPFUNGSKETTE

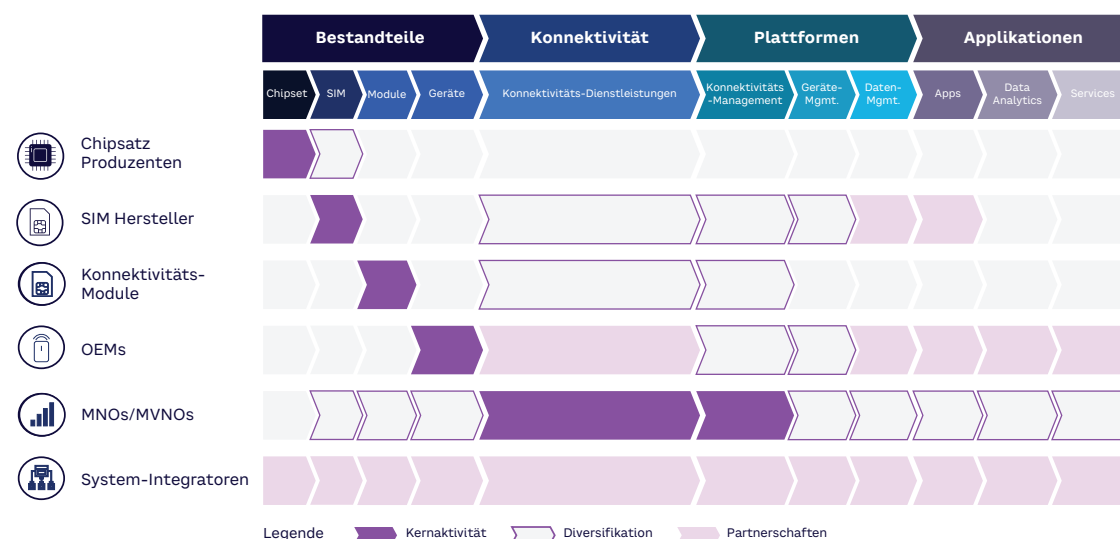
IoT-Lösungen können in fünf Wertschöpfungsschritte unterteilt werden. Im Kern geht es in der IoT-Wertschöpfungskette darum, dass ein zugrunde liegendes **Objekt** mit einem **Sensor** ausgestattet wird, der Daten zum jeweiligen Objekt sammelt, sowie mit einem **Aktuator**,¹⁶ der bestimmte Aktionen ausführt. Diese gesammelten Daten werden über das Internet übermittelt (**Konnektivität**). Die generierten Daten stehen für Analysen und eine entsprechende Datenauswertung zur Verfügung (**Analytik**). Die durch die Datenauswertung gewonnenen Erkenntnisse werden in eine Leistung überführt, welche im Sinne eines hybriden Wertversprechens einen digitalen, aber auch physischen Nutzen abbildet.¹⁷

Diese theoretische Darstellung der Wertschöpfungskette des IoT manifestiert sich in der Praxis durch vier verschiedene Geschäftslogiken. Dabei lassen sich die Akteure in folgende Kategorien einteilen: Hersteller von Hardwarekomponenten, Anbieter von Konnektivitätslösungen, Plattformdienstleister, Anbieter von Applikationen und digitalen Analyse-Services sowie Dienstleister für Sensorinstallation und -betrieb (siehe Abbildung 7). Eine genaue Erläuterung zu den Geschäftslogiken folgt im nächsten Schritt.

– Hersteller von Hardwarekomponenten.

Diese Unternehmen stellen die physischen Geräte und Sensoren her, die für die Erfassung und Übertragung von Daten im IoT-Netzwerk erforderlich sind. Sie entwickeln und produzieren eine Vielzahl von Komponenten, die in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt werden können, wie z. B. in der Industrie, im Gesundheitswesen oder im Smart Home.

Abbildung 6. Readiness-Assessment-Matrix einer exemplarischen Kommune



Quelle: Arthur D. Little

¹⁶ Aktuatoren, auch genannt Aktoren, sind das Herzstück vieler IoT-Anwendungen. Ziel von Aktuatoren ist es, eine Energieform in eine Aktion bzw. Bewegung umzuwandeln. So können beispielsweise Sensoren im Kühlschrank ein Signal an ein Steuerungssystem senden. Das Steuerungssystem vergleicht diese Temperaturen mit dem gewünschten Temperaturbereich. Bei Abweichungen wird ein Signal an den Aktuator gesendet, welcher die Kühlung innerhalb des Kühlschranks reguliert (Computer Weekly, Pratt).

¹⁷ Geld verdienen im IoT – aber wie?, Fleisch et al.

- **Anbieter von Konnektivitätslösungen.** Diese Akteure sind für die Bereitstellung der Netzwerkinfrastruktur verantwortlich, die es den IoT-Geräten ermöglicht, miteinander und mit zentralen Systemen zu kommunizieren. Sie bieten verschiedene Kommunikationstechnologien an, wie z. B. Mobilfunk, WLAN, Bluetooth oder LoRaWAN, um den unterschiedlichen Anforderungen der IoT-Anwendungen gerecht zu werden.
- **Plattformdienstleister.** Diese Unternehmen bieten Plattformen an, die als zentrale Schnittstelle zwischen den IoT-Geräten und den Anwendungen fungieren. Sie ermöglichen die Verwaltung, Überwachung und Analyse der von den Geräten gesammelten Daten und stellen sicher, dass diese Informationen sicher und effizient verarbeitet werden. Plattformdienstleister bieten oft auch Entwicklertools und APIs an, um die Integration von IoT-Lösungen in bestehende Systeme zu erleichtern.
- **Anbieter von Applikationen und digitalen Analyse-Services.** Diese Unternehmen entwickeln Softwareanwendungen und Analysewerkzeuge, die es ermöglichen, die im IoT-Netzwerk gesammelten Daten in wertvolle Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen umzuwandeln. Sie bieten branchenspezifische Lösungen an, die auf die Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppen zugeschnitten sind, und tragen dazu bei, die Effizienz und Effektivität von Geschäftsprozessen zu steigern.
- **Dienstleister für Sensorinstallation und -betrieb.** Ebenfalls nicht außer Acht zu lassen, sind Dienstleister für Sensorinstallationen und den laufenden Betrieb. Diese Akteure sind für die Installation, Wartung, Entstörung und den Austausch der IoT-Sensoren und -Geräte verantwortlich. Sie gewährleisten, dass die physischen Geräte ordnungsgemäß eingerichtet und funktionsfähig sind, um eine kontinuierliche und zuverlässige Datenerfassung sicherzustellen. Darüber hinaus bieten sie Support- und Wartungsdienste an, um die Lebensdauer der Geräte zu verlängern und Störungen schnell zu beheben. Diese Dienstleistungen sind entscheidend für den reibungslosen Betrieb und die Effizienz von IoT-Anwendungen in verschiedenen Bereichen wie der Industrie, dem Gesundheitswesen oder dem Smart Home.

Insgesamt zeigt die IoT-Wertschöpfungskette die Vielfalt der beteiligten Akteure und die unterschiedlichen Geschäftsmodelle, die in diesem dynamischen und wachsenden Markt zum Einsatz kommen. Durch die Zusammenarbeit dieser verschiedenen Gewerke entstehen innovative Lösungen, die das Potenzial haben, unsere Lebens- und Arbeitsweise grundlegend zu verändern.



5. IOT-GESCHÄFTSMODELLE UND BUSINESS-CASES

ÜBERLEGUNGEN ZU ZUKÜNFTIGEN IOT-GESCHÄFTSMODELLEN

Die Entwicklung von IoT-Geschäftsmodellen für Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen muss aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Wir möchten Ihnen einen Überblick über die verschiedenen Dimensionen verschaffen, die ein IoT-Geschäftsmodell konzeptionell zu berücksichtigen hat. Diese Dimensionen fließen in die unterschiedlichen Archetypen von IoT-Geschäftsmodellen ein:

- **Technologische Dimension.** Die technologische Dimension eines IoT-Geschäftsmodells stellt die Kompatibilität und Interoperabilität sicher. IoT-Lösungen müssen mit den vorhandenen Systemen und Technologien innerhalb eines Stadtwerks und einer Kommune kompatibel sein. Zudem muss die digitale Infrastruktur so aufgesetzt sein, dass sie skalierbar ist und ein effektives Datenmanagement innerhalb dieser Infrastruktur gewährleistet. Gerade im Kontext von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen ist es essenziell, dass die digitale Infrastruktur höchsten Sicherheitsstandards genügt (siehe Kapitel 4).
- **Ökonomische Dimension.** Das Kapitel 5 beschreibt die Grundlagen für eine nachhaltige Wertschöpfung durch das IoT in kommunalen Fachdiensten. Zunächst ist es wichtig zu betonen, dass Stadtwerke und Kommunen das übergeordnete ökonomische Ziel ihrer IoT-Lösungen klar definieren müssen. Dabei stellt sich die Frage, ob die IoT-Lösung einen finanziellen Mehrwert generieren oder lediglich selbsttragend sein soll. Ebenso muss geklärt werden, wie die initiale Finanzierung des IoT-Geschäftsmodells erfolgen soll. Hierbei können private Investitionen, Partnerschaften oder öffentliche Fördermittel in Betracht gezogen werden.

- **Soziale Dimension bzw. Nutzen für Bürgerinnen und Bürger.** Ein erfolgreiches Geschäftsmodell für Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen im Kontext von IoT-Lösungen muss den Nutzen für Bürgerinnen und Bürger sowie für Kundinnen und Kunden (Smart Governance) sorgfältig analysieren. Das Geschäftsmodell muss sicherstellen, dass das Projekt für diese Anspruchsgruppen direkt oder indirekt einen echten Mehrwert bieten kann, beispielsweise durch verbesserte Dienstleistungen, eine höhere Lebensqualität oder mehr Transparenz in der Interaktion mit Behörden. Es ist wichtig, dass die IoT-Lösungen benutzerfreundlich gestaltet und für wesentliche Anspruchsgruppen zugänglich sind. Zudem sollte die Beteiligung und Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger gefördert werden, indem durch transparente Kommunikation und die Einbeziehung in Entscheidungsprozesse Vertrauen aufgebaut wird:
- **Organisatorische Dimension.** Ein erfolgreiches IoT-Geschäftsmodell für Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen erfordert die Befähigung der Mitarbeitenden. Mitarbeitende müssen dazu ausgebildet werden, um die neuen Technologien aktiv zu nutzen und diese auch transparent den Bürgerinnen und Bürgern erklären zu können. Neben den Schulungen ist es auch wichtig, im Rahmen des Change-Management sicherzustellen, dass Mitarbeitende in Phasen dieses technologischen Übergangs auch auf persönlicher Ebene gecoacht werden.

Gerade im Kontext der organisatorischen Dimension müssen Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen klären, wie sie die Potenziale von IoT am besten nutzen können. Soll eine eigenständige, interne Lösung verfolgt werden, oder ist es sinnvoller, innerhalb eines digitalen Ökosystems gemeinsam an IoT-Lösungen zu arbeiten? Dabei sind



insbesondere Partnerschaften zwischen verschiedenen Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen (z. B. interkommunale Partnerschaften) oder spezialisierten IoT-Providern (öffentlich-private Partnerschaften) denkbar. Wichtig in diesen Ökosystem-Modellen ist, dass die Schnittstellen zwischen den Organisationen klar geregelt sind und der Datenschutz bzw. die Datenhoheit oberste Priorität hat.

Die analysierten Dimensionen fließen in die verschiedenen Archetypen an IoT-Geschäftsmodellen ein, die Ihnen im Folgenden grob erläutert werden.

Resultierende Archetypen von IoT-Geschäftsmodellen bzw. Geschäftsrationalen

Im Markt lassen sich drei übergeordnete IoT-Geschäftsmodelle bzw. Geschäftsrationale feststellen, die auf die Bereiche von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen angewendet werden können.

- **Archetyp 1: Wertsteigerung eines bestehenden Produktes.** IoT kann für bestehende Produkte und Services durch eine Vielzahl an Möglichkeiten wertsteigernd wirken. So kann z. B. im Kontext von Stadtwerken der Einsatz von IoT-Lösungen dazu führen, dass Produkte oder Dienstleistungen aus der Ferne überwacht werden können (z. B. Straßenlaternen). Durch diese Fernüberwachung kann der Nutzen für Bürgerinnen und Bürger durch beispielsweise eine frühzeitige technische Wartung gesteigert werden, da dadurch weniger Straßenlaternen von Störungen betroffen sind. Ebenfalls eröffnet eine intelligente Datenerfassung und -übermittlung durch IoT-Sensoren die Möglichkeit, dass Produkte und Services individuell an die Bedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger angepasst werden können. Dieser Aspekt ist besonders für Kommunen relevant, die die Zufriedenheit der Bürgerinnen und Bürger als "Kundschaft" steigern wollen. Der Einsatz von IoT kann also den wahrgenommenen Nutzen von Produkten bzw. Dienstleistungen für Bürgerinnen und Bürger stärken und so Mehrwerte schaffen.

- **Archetyp 2: Interne Prozessoptimierung.**

Die Anwendung von IoT-Lösungen in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen kann dazu führen, dass vor allem interne Prozesse effizienter gestaltet werden. Dieser Aspekt wurde bereits in Kapitel 3 anhand der intelligenten Altkleidersammlung in der Stadt München behandelt. Ziel dieser Maßnahme ist es, Leerfahrten von Entsorgungsfahrzeugen zu vermeiden und dadurch den internen Prozess der Altkleiderentsorgung zu optimieren. Bereits heute lassen sich in der Durchsicht erfolgreicher IoT-Use-Cases zahlreiche ähnliche Anwendungsfälle finden, die primär das Ziel einer internen Prozessoptimierung verfolgen.

- **Archetyp 3: Effizientere Ressourcennutzung.**

IoT-Sensoren ermöglichen die Echtzeitüberwachung und -steuerung von Versorgungsnetzen für Wasser, Strom und Gas. Durch die kontinuierliche Erfassung und Analyse von Daten können Stadtwerke den Verbrauch präzise überwachen und Anpassungen vornehmen, um die Effizienz zu maximieren. Dies kann z. B. durch Preissignale oder durch (intelligentes) Lastmanagement erfolgen, um die Stromverteilung dynamisch anzupassen, Lastspitzen zu vermeiden und Energieverluste zu minimieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Leckageerkennung und das Leckagemanagement. In Wasser- und Gasnetzen können IoT-Sensoren Leckagen frühzeitig erkennen und melden. Dies ermöglicht eine sofortige Intervention, bevor größere Schäden entstehen und viele Ressourcen verloren gehen. Durch die schnelle Behebung von Leckagen können Versorger nicht nur Kosten sparen, sondern auch die Versorgungssicherheit für ihre Kunden erhöhen.

GRUNDLAGEN FÜR EINEN ERFOLGREICHEN IOT-BUSINESS-CASE

Die im vorherigen Kapitel erwähnten Dimensionen eines erfolgreichen IoT-Geschäftsmodells führen zu verschiedenen Archetypen an erfolgreichen Geschäftsmodellen, die im Kontext von Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen erkennbar sind. Im Kern unterscheiden sich diese zwischen der Wertsteigerung eines vorhandenen Produktes/ Services, der internen Prozessoptimierung und einer effizienteren Ressourcennutzung der öffentlichen Hand. In der praktischen Implementierung dieser Geschäftsmodelle müssen nachfolgende Grundlagen erarbeitet werden.

Ein erfolgreicher IoT-Business-Case für Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen umfasst viele verschiedene Aspekte. Diese reichen grundsätzlich von der Identifikation möglicher Umsatztreiber, über Kostentreiber (CAPEX/ OPEX) bis hin zu indirekten Effekten. Umsatztreiber und Kostentreiber können quantitativ abgeschätzt werden. Eine solche Analyse für indirekte Effekte zu tätigen, erweist sich als wesentlich komplizierter.

Umsatztreiber

Bei Stadtwerken und Kommunen muss initial aus einer strategischen Perspektive heraus analysiert werden, welches Ziel der IoT-Business-Case erreichen soll. Soll auf Basis der IoT-Lösung ein betriebswirtschaftlicher Gewinn erzielt werden, oder soll vielmehr "nur" die Serviceleistung für Bürgerinnen und Bürger optimiert werden, wobei eine betriebswirtschaftliche "schwarze Null" berücksichtigt wird? Diese strategische Zieldefinition beeinflusst die Ausgestaltung der jeweiligen IoT-Lösung erheblich.

Unabhängig dieser Beurteilungen können IoT-Lösungen primär durch nachfolgende Einnahmequellen monetarisiert werden:

- **Einführung neuer Produkte und Services.** Die Einführung von IoT-Lösungen bei Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen kann helfen, neue Produkte und Services im öffentlichen Bereich zu ermöglichen. Diese Innovationen können dazu beitragen, dass bestimmte Produkte und Dienstleistungen monetarisiert werden und dadurch Erträge für den öffentlichen Bereich steigern. Gerade im Bereich der Smart Cities konnten IoT-Lösungen in der jüngeren Vergangenheit vermehrt wirtschaftliche Erfolge generieren.
- **Interne Effizienzsteigerungen.** Durch den Einsatz von IoT-Lösungen können Stadtwerke und Kommunen ihre internen und externen Prozesse effizienter gestalten. Konkret ergeben sich daraus Anwendungsfelder im Bereich der Automatisierung und Fernüberwachung, der Optimierung der Ressourcennutzung (wie z. B. Energieeffizienz), der vorausschauenden Wartung, sowie der umfassenden Datenanalyse zur verbesserten Entscheidungsfindung.
- **Datenmonetarisierung.** Daten sind bekannterweise das "Gold unserer Zeit." Datensätze werden von einer Vielzahl an Organisationen erfasst und gesammelt, jedoch oft nur unzureichend ausgewertet und organisational nutzbar gemacht. Auch Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen sehen sich dieser Problematik ausgesetzt und es gilt bewusst strategisch zu evaluieren, wie größere Datensätze nutzbar gemacht werden können. Datenmonetarisierung umfasst derweil alle Prozesse und Systeme, die darauf abzielen, einen messbaren Nutzen oder Wert aus Daten zu schöpfen, sei es direkt oder indirekt. Bei der direkten Datenmonetarisierung werden Daten in Rohform oder verarbeitet direkt an externe Parteien verkauft. Eine indirekte Datenmonetarisierung hingegen erfolgt durch die Nutzung von Daten zur Verbesserung eigener Produkte und Dienstleistungen, zur Steigerung von Produktivität und Prozesseffizienz, zur Optimierung der Kundenerfahrung sowie durch den Austausch von Daten oder die Generierung neuer Produkte und Dienste aus den Daten.



Verschiedenen deutsche Städte (siehe Kapitel 3) verfügen in diesem Kontext bereits heute über sogenannte Urban-Data-Plattformen. Diese Daten liefern in Echtzeit Informationen für Bürgerinnen und Bürger und können in der Zukunft voraussichtlich auch monetär für die Stadtwerke und Kommunen nutzbar gemacht werden. Für die Datenmonetarisierung sind nicht nur technische (Standards für Datenformate und -austausch, Schnittstellen usw.) und organisatorische (Datenqualität, Vorgaben zur Datenspeicherung, Dokumentation usw.) Voraussetzungen zu schaffen, sondern zudem auch rechtliche Rahmenbedingungen sorgfältig abzuwägen. Hierzu gehören neben Vertrags-, Wettbewerbs- und Datenschutzrecht auch weitere europäische und nationale Datengesetze (u. a. Data Act), die zu berücksichtigen sind.

Kostentreiber

Es erklärt sich von selbst, dass für einen erfolgreichen IoT-Business-Case im Bereich der Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen eine detaillierte Aufstellung aller einmaligen (CAPEX) und wiederkehrenden Betriebskosten (OPEX) durchgeführt werden muss:

- **CAPEX.** Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen müssen die initialen Kosten für Hardware, Software und Installation von IoT-Lösungen sorgfältig berücksichtigen. Typische CAPEX-Positionen für IoT-Lösungen beinhalten Sensoren und Geräte, die Netzwerkinfrastruktur (digitale Infrastruktur) sowie Investitionen in Sicherheitslösungen.
- **OPEX.** Die Betriebskosten für IoT-Lösungen in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen umfassen vor allem Ausgaben für die Instandhaltung und den Betrieb (einschließlich Konnektivität) der IoT-Infrastruktur. Zudem sind auch die Kosten für das Datenmanagement und die entsprechende Datenauswertung zu berücksichtigen. Neben den technologischen Software-Entgelten zählen hierzu auch die Personalkosten von geschulten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in diesem digitalen Ökosystem.

Indirekte Effekte

Indirekte Effekte äußern sich dadurch, dass sie keine umgehenden, ökonomischen Effekte auf einen IoT-Business-Case mit sich bringen, jedoch mittel- bis langfristig indirekt dazu beitragen können, dass die Anwendung von IoT-Lösungen erfolgreich ist:

- **Verbesserte Entscheidungsfindung.** IoT-Lösungen können dazu beitragen, dass der öffentliche Bereich durch Daten in Echtzeit bessere Entscheidungen fällen kann, welche auf einer umfassenden Datengrundlage beruhen. Auch wenn dieser Effekt ökonomisch nicht direkt nutzbar ist, kann sich diese Transparenz als Entscheidungsgrundlage mittel- bis langfristig auszahlen.
- **Erhöhte Kundenzufriedenheit.** Mit der fortschreitenden Entwicklung hin zu einem intelligenten Verwaltungswesen wird es immer wichtiger, dass die Verwaltung ihre Bürgerinnen und Bürger nicht nur als Teil der Bevölkerung, sondern als Kundinnen und Kunden betrachtet, die einen Anspruch auf effiziente Dienstleistungen haben. Dies erfordert eine konsequente Ausrichtung auf die Bedürfnisse dieser Kundengruppen, um ein hohes Maß an Zufriedenheit zu gewährleisten. Der Einsatz von IoT-Technologien kann einen wesentlichen Beitrag leisten, um diese serviceorientierten Ziele zu erreichen.
- **Umweltvorteile.** Umweltvorteile haben zwar keinen direkten Einfluss auf einen IoT-Business-Case, können jedoch langfristig die Standortqualität einer Kommune steigern. Die Anwendung von IoT-Lösungen kann zahlreiche Vorteile mit sich bringen, wie z. B. eine erhöhte Energieeffizienz, ein effizienteres Abfallmanagement, ein optimiertes Wassermanagement oder eine intelligente Luftqualitätsüberwachung.
- **Standortwettbewerb.** Indirekte Effekte tragen oft dazu bei, die Standortattraktivität einer Kommune zu erhöhen, was sich ökonomisch mittel- bis langfristig bemerkbar machen kann. IoT-Lösungen, wie z. B. durch eine intelligente Verwaltung, können für Bürgerinnen und Bürger ein ausschlaggebendes Argument sein, weshalb eine Standortwahl gegenüber einer anderen bevorzugt wird.

6. KONKRETE IOT-UMSETZUNGSPLANUNG

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf die wesentlichen Schritte und Überlegungen, die für die erfolgreiche Umsetzung von IoT-Projekten in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen erforderlich sind.

ÜBERBLICK

Der Aufbau einer IoT-Infrastruktur und die Planung der erforderlichen Ressourcen sind entscheidende Faktoren für den Erfolg von IoT-Projekten. Hierbei sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- **Vision.** Bevor mit der eigentlichen Umsetzung eines IoT-Projektes gestartet werden kann, muss eine Vision bzw. ein strategisches Zielbild mit IoT-Bezug definiert werden. Diese Vision agiert während der Umsetzung als innerer Anker sowie als gemeinsamer Nenner und ist eine Grundvoraussetzung für das Gelingen eines erfolgreichen IoT-Business-Cases wie im vorangegangenen Kapitel skizziert.
- **Bedarfsanalyse.** Führen Sie eine umfassende Bedarfsanalyse durch, um die spezifischen Anforderungen und Ziele des IoT-Projekts zu identifizieren. Dies hilft Ihnen, den Umfang der benötigten Infrastruktur und Ressourcen zu bestimmen und Prioritäten für die Umsetzung zu setzen.
- **Definition des gewünschten Nutzens und notwendiger funktionaler Fähigkeiten.** Identifizieren Sie den gewünschten Nutzen und die erforderlichen funktionalen Fähigkeiten, die durch die IoT-Lösung erreicht werden sollen. Dies kann beispielsweise die Verbesserung der Energieeffizienz, die Reduzierung von Wartungskosten oder die Erhöhung der Kundenzufriedenheit sein.
- **Budgetplanung.** Erstellen Sie eine detaillierte Budgetplanung, die sowohl die Investitionskosten für den Infrastrukturaufbau als auch die laufenden Betriebskosten berücksichtigt. Die Budgetplanung sollte auch mögliche Risiken und Unsicherheiten berücksichtigen, um finanzielle Engpässe während der Projektumsetzung zu vermeiden.
- **Technische Machbarkeit im Verhältnis zum geplanten Ressourceneinsatz.** Bewerten Sie die technische Machbarkeit der IoT-Lösung in Bezug auf den geplanten Ressourceneinsatz. Stellen Sie sicher, dass die erforderlichen Technologien, Infrastrukturen und Ressourcen verfügbar sind, um das Projekt erfolgreich umzusetzen.
- **Vorhandensein der Datengrundlage für die IoT-Lösung.** Prüfen Sie, ob die notwendige Datengrundlage für Ihre IoT-Lösung vorhanden ist und ob diese Daten aktuell, vollständig und von hoher Qualität sind. Eine solide Datengrundlage ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung von IoT-Projekten, da die Generierung der Daten einen langfristigen Mehrwert schafft.
- **Personalplanung.** Stellen Sie sicher, dass ausreichend qualifiziertes Personal für die Umsetzung und den Betrieb des IoT-Projekts zur Verfügung steht. Dies umfasst sowohl interne Mitarbeitende (Projektlead und Projektmitarbeitende) als auch externe Projektpartner. Planen Sie Schulungen und Weiterbildungen, um das notwendige Know-how im Bereich IoT aufzubauen und zu erhalten. Gleichzeitig sollten Strategien entwickelt werden, um die Transformation von Generalisten zu Spezialisten in den Folgejahren zu unterstützen und so langfristig Expertise im Projektteam zu sichern.



Durch die Berücksichtigung dieser strategischen Aspekte bei der Planung des Infrastrukturaufbaus und der Ressourcen für IoT-Projekte können Stadtwerke und Kommunen maßgeblich dazu beitragen, dass ihre Projekte erfolgreich umgesetzt werden und den gewünschten Nutzen für die Organisation und ihre Stakeholder erzielen.

ANALYSE DER IOT-OPTIONEN PRO KOMMUNALER EINRICHTUNG: HERAUSFORDERUNGEN, NUTZEN & SKALIERUNG

Unterschiedliche IoT-Projekte sind für unterschiedliche kommunale Bereiche möglich und sinnvoll. Die Aufgaben der einzelnen kommunalen Unternehmen und Ämter variieren von Kommune zu Kommune. Im Folgenden haben wir typische Aufgaben und IoT-Projekte für Sie aufgelistet:

1. Tiefbauamt

- **Bereiche** — Straßen- und Gehwegunterhalt, Stadtentwässerung, Beleuchtung, Erschließung und Neubau sowie intelligente Abfallwirtschaftssysteme.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Straßenbeleuchtung, Echtzeit-Kanalüberwachung, prädiktive Wartung für Abwasserpumpen, intelligente Abfallwirtschaft, Straßenschadensüberwachung und Schadenserkenkung bei Betonbrücken.

2. Wasserwirtschaftsamt

- **Bereiche** — Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, Bau und Unterhaltung von Gewässern, Gewässerschutz und Überwachung, Hochwasserschutz und Flussrenaturierung, Beratung und Information, Echtzeitüberwachung der Wasserqualität und -versorgung sowie Leckerkennung und -vermeidungssysteme, Siedlungswassermanagement.
- **IoT-Projekte** — Echtzeitüberwachung der Gewässer Wasserqualität, Leckageerkennung und -vermeidungssysteme sowie intelligenter Hochwasserschutz und intelligentes Regenwassermanagement.

3. Öffentlicher Energieversorger

- **Bereiche** — Stromversorgung, Gasversorgung, Fernwärmeversorgung, Kundenservice und Abrechnung.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Gasleckage-Erkennung und -vermeidung, prädiktive Wartung für Fernwärmesysteme, intelligente Zähler (Smart Meter) für Strom, Gas und Fernwärme, erneuerbare Energieintegration und Power Panels.

4. Straßenverkehrsbehörde

- **Bereiche** — Verkehrsüberwachung, Parkraumbewirtschaftung und Fußgängersicherheit.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Verkehrsüberwachung und -steuerung, intelligente Parkraumbewirtschaftung sowie Echtzeit-Warnsysteme für Fußgängerübergänge.

5. Polizei

- **Bereiche** — Kriminalprävention und -aufklärung, öffentliche Ordnung und Sicherheit, Verkehrssicherheit, Schutz von Personen und Eigentum sowie Notfall- und Krisenmanagement.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Videoüberwachung, intelligente Verkehrskontrollsysteme sowie Notfall- und Krisenmanagementsysteme.

6. Umweltbehörde

- **Bereiche** — Luft- und Lärmschutz, Naturschutz und Landschaftspflege, Umweltüberwachung und -berichterstattung sowie Energie- und Klimaschutz.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Luftqualitätsüberwachung und Naturschutzgebiete-Überwachung; lokale und regionale Umwelt- und Klimamessnetze.

7. Amt für Parkanlagen und Grünflächen

- **Bereiche** — Pflege und Instandhaltung von Grünflächen, Förderung der städtischen Biodiversität, Freizeit- und Erholungsangebote, Sicherheit und Sauberkeit.

- **IoT-Projekte** — Intelligente Bewässerungssysteme, Überwachung und Pflege von Spielplätzen und Freizeiteinrichtungen, intelligente Beleuchtung in Parks sowie Toilettensauberkeitssysteme.

8. Amt für Gebäude- und Wohnungswesen

- **Bereiche** — Verwaltung öffentlicher Gebäude und Wohnanlagen, Implementierung intelligenter Gebäudemanagementsysteme, Förderung energieeffizienter Wohnprojekte, Instandhaltung und Renovierung von Gebäuden, Sicherheit und Überwachung von öffentlichen Gebäuden sowie Verwaltung von Mietverhältnissen und Wohnungszuweisungen.
- **IoT-Projekte** — Intelligentes Gebäudemanagement, energieeffiziente, öffentliche Wohnprojekte, intelligente Sicherheits- und Überwachungssysteme sowie prädiktive Wartung für Gebäudeinfrastruktur.

9. Amt für Kultur, Denkmalpflege und Tourismus

- **Bereiche** — Schutz und Pflege historischer und kultureller Stätten, Förderung und Verwaltung des Tourismus, Entwicklung von Informations- und Bildungsangeboten für Besucher, Organisation von kulturellen Veranstaltungen und Festivals sowie Erhalt und Restaurierung von Denkmälern.
- **IoT-Projekte** — Intelligente Überwachung und Schutz historischer Stätten, Diebstahlschutz, Touristeninformationssystem mit QR-Codes, intelligente Besucherzählung und -analyse, intelligente Beleuchtung und Sicherheit in touristischen Gebieten sowie digitale Führungen und Informationssysteme.

Eine Bewertung sollte nach Nutzen, Schwierigkeit und Skalierbarkeit erfolgen. Spezifisch bedeutet das:

Nutzen

- **Niedrig** — Geringer Einfluss auf die Effizienz, Kosteneinsparungen oder Umweltvorteile. Verbesserungen sind marginal und betreffen nur einen kleinen Teilbereich.

- **Mittel** — Moderater Einfluss auf die Effizienz, Kosteneinsparungen oder Umweltvorteile. Verbesserungen sind signifikant, betreffen aber nicht die gesamte Organisation.
- **Hoch** — Hoher Einfluss auf die Effizienz, Kosteneinsparungen oder Umweltvorteile. Verbesserungen sind umfassend und betreffen die gesamte Organisation.

Schwierigkeit

- **Niedrig** — Einfache Implementierung mit minimalen technischen oder organisatorischen Herausforderungen. Geringer Bedarf an spezialisierten Kenntnissen und Ressourcen.
- **Mittel** — Moderat schwierige Implementierung mit einigen technischen oder organisatorischen Herausforderungen. Bedarf an spezifischen Kenntnissen und Ressourcen.
- **Hoch** — Komplexe Implementierung mit erheblichen technischen oder organisatorischen Herausforderungen. Hoher Bedarf an spezialisierten Kenntnissen und Ressourcen.

Skalierung

- **Niedrig** — Schwierige Skalierung mit begrenzten Möglichkeiten zur Erweiterung oder Anpassung. Hohe Kosten oder organisatorische Hürden bei der Erweiterung.
- **Mittel** — Moderat einfache Skalierung mit einigen Möglichkeiten zur Erweiterung oder Anpassung. Moderater Kosten- und Ressourcenaufwand bei der Erweiterung.
- **Hoch** — Einfache Skalierung mit umfangreichen Möglichkeiten zur Erweiterung oder Anpassung. Geringer Kosten- und Ressourcenaufwand bei der Erweiterung.

Weitere Faktoren sind:

- **Integration von Datenplattformen.** Ein gemeinsames, übergreifendes Datenmanagementsystem für alle IoT-Projekte kann die Effizienz und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Ämtern verbessern.
- **Cybersecurity und Datenschutz.** Bei allen Projekten sollte verstärkt auf Cybersecurity und Datenschutz geachtet werden, um die Sicherheit der gesammelten Daten zu gewährleisten.



TIEFBAUAMT

Hauptaufgaben des Tiefbauamtes:

- Straßen- und Gehwegeunterhalt
- Stadtentwässerung
- Beleuchtung
- Erschließung und Neubau
- Intelligente Abfallwirtschaftssysteme

Titel des Projektes	Intelligente Straßenbeleuchtung
Ziel des Projektes	Installation von mit Sensoren ausgestatteten, energieeffizienten Straßenlaternen, die auf Umgebungslicht und Bewegung reagieren
Bewertung	Kosten: 30.000€ Basiskosten + 300€ pro Beleuchtungseinheit Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Energieeinsparung • Geringere Betriebskosten
Voraussetzungen	• Unterstützung durch Bürgerinnen und Bürger sowie wichtigen Interessengruppen

Titel des Projektes	Echtzeit-Kanalüberwachung
Ziel des Projektes	Echtzeitüberwachung des Kanalsystems zur Erkennung von Überlastungen und Blockaden
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 200€ - 2000€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Vermeidung von Überschwemmungen • Reduzierte Wartungskosten • Verbesserte Effizienz der Abwasserentsorgung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform oder Abwassermanagementsysteme

Titel des Projektes	Prädiktive Wartung für Abwasserpumpen und andere mechanisch bewegte Teile
Ziel des Projektes	Implementierung eines prädiktiven Wartungssystems für Abwasserpumpen und andere mechanische Teile wie Ventile, um Ausfälle frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden
Bewertung	Kosten: 20.000€ Basiskosten + 250€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Verlängerte Lebensdauer der Geräte • Vermeidung ungeplanter Ausfälle • Reduzierte Wartungskosten • Optimierte Wartungsplanung
Voraussetzungen	• N.A.

Titel des Projektes	Intelligente Abfallwirtschaft für öffentlich Mülltonen
Ziel des Projektes	Optimierung der Abfallsammlung und -entsorgung durch den Einsatz von Sensoren zur Füllstandsmessung und Routenoptimierung. Versorgung mit Beuteln für Hundekot
Bewertung	Kosten: 40.000€ Basiskosten + 50€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Sauberer öffentlicher Raum • Reduzierte Kosten • Verbesserte Sicherheit
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes		Straßenschadensüberwachung für Hauptverkehrsstraßen
Ziel des Projektes		Frühzeitigen Erkennung von Schäden und Verschleiß
Bewertung		Kosten: 40.000€ Basiskosten + 200€ - 2.000€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile		• Verlängerte Lebensdauer der Infrastruktur • Reduzierte Wartungskosten • Verbesserte Sicherheit
Voraussetzungen		• GIS-Plattform

Titel des Projektes		Schadenserkennung bei Betonbrücken
Ziel des Projektes		Frühzeitige Erkennung von Schäden
Bewertung		Kosten: 10.000€ Basiskosten + 500€ pro Sensor Nutzen: mittel Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile		• Verbesserte Sicherheit • Frühzeitige Identifizierung von Wartungsbedarf
Voraussetzungen		• N.A.

**WASSERWIRTSCHAFTSAMT:**

Hauptaufgaben des Wasserwirtschaftsamtes:

- Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung
- Bau und Unterhaltung von Gewässern
- Gewässerschutz und -überwachung
- Hochwasserschutz und Flussrenaturierung
- Beratung und Information
- Echtzeitüberwachung der Wasserqualität und -versorgung
- Leckerkennung und -vermeidungssysteme

Echtzeitüberwachung der Gewässer-Wasserqualität. Einleitungskontrolle	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung eines Systems zur Echtzeitüberwachung der Wasserqualität in Fließgewässern, Seen und im Grundwasser sowie die Kontrolle von Einleitungen
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 500€ - 2.500€ pro Sensor (z. B. pH-Wert, Temperatur, Schadstoffe) Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Verbesserte Wasserqualität • Frühzeitige Erkennung von Verunreinigungen • Schutz der öffentlichen Gesundheit
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Leckerkennung und -vermeidungssysteme	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Entwicklung und Betrieb von Systemen zur Erkennung und Vermeidung von Lecks in der Wasserversorgung
Bewertung	Kosten: 60.000€ Basiskosten + 200€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Reduzierung von Wasserverlusten • Erhöhung der Versorgungssicherheit • Senkung der Betriebskosten
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Intelligenter Hochwasserschutz	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung eines intelligenten Systems zur Überwachung und Steuerung von Hochwasserschutzmaßnahmen
Bewertung	Kosten: 70.000€ Basiskosten + 300€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Reduzierung des Hochwasserrisikos • Schutz von Menschen und Eigentum • Verbesserte Planungsmöglichkeiten für Hochwasserschutzmaßnahmen
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

ÖFFENTLICHER ENERGIEVERSORGER

Hauptaufgaben von öffentlichen
Energieversorgern:

- Stromversorgung
- Gasversorgung
- Fernwärmeversorgung
- Kundenservice und Abrechnung

Titel des Projektes	Intelligente Gasleckage-Erkennung und -vermeidung
Ziel des Projektes	Entwicklung und Betrieb von Systemen zur Erkennung und Vermeidung von Gasleckagen in der Gasversorgung
Bewertung	Koste 50.000€ Basiskosten + 50€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhung der Sicherheit für die Bevölkerung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Prädiktive Wartung für Fernwärmesysteme
Ziel des Projektes	Implementierung eines prädiktiven Wartungssystems für Pumpen und Ventile im Fernwärmesystem, um Ausfälle frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden
Bewertung	Kosten: 70.000€ Basiskosten + 250€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Verlängerte Lebensdauer der Geräte • Vermeidung ungeplanter Ausfälle • Reduzierte Wartungskosten • Optimierte Wartungsplanung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Intelligente Zähler (Smart Meter) für Strom, Gas und Fernwärme
Ziel des Projektes	Implementierung von intelligenten Zählern zur Echtzeitüberwachung des Verbrauchs von Strom, Gas und Fernwärme
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 150€ pro Smart Meter Nutzen: niedrig Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Transparente Verbrauchsdaten • Optimierte Abrechnung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Erneuerbare Energieintegration und Power Panels
Ziel des Projektes	Implementierung eines Systems zur Integration und Echtzeitüberwachung erneuerbarer Energiequellen sowie Steuerung von Batterien und Wärmepumpen
Bewertung	Kosten: 90.000€ Basiskosten + 1.000€ pro Power Panel Nutzen: hoch Schwierigkeit: hoch Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Nutzung erneuerbarer Energien • Reduzierung der CO₂-Emissionen • Verbesserte Netzstabilität • Effiziente Steuerung von Lade- und Entladeprozessen sowie Wärmepumpenbetrieb
Voraussetzungen	• Smart Grid



STRASSENVERKEHRSBEHÖRDE

Hauptaufgaben der Straßenverkehrsbehörde:

- Anordnung von Verkehrszeichen und Straßenmarkierungen
- Genehmigung von Schwertransporten
- Ausstellen von Parkberechtigungen für Schwerbehinderte
- Regulierung des gewerblichen Personen- und Güterverkehrs
- Zulassung von Fahrzeugen
- Fahrerlaubnisbehörde

Intelligente Verkehrsüberwachung und -steuerung	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung eines Overlay-Systems zur Echtzeitüberwachung und -steuerung des Verkehrsflusses zur Reduzierung von Staus und Verbesserung der Verkehrssicherheit
Bewertung	Kosten: 80.000€ Basiskosten + 500€ pro Sensor/Kamera Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Geringere Verkehrsstaus • Erhöhte Verkehrssicherheit • Effizientere Nutzung der Verkehrsinfrastruktur
Voraussetzungen	• GIS-Plattform • Integration in Ampelsteuerungen

Intelligente Parkraumbewirtschaftung	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Entwicklung und Betrieb eines Systems zur Überwachung und ggf. Verwaltung von Parkplätzen in Echtzeit, um die Effizienz zu steigern und den Parksuchverkehr zu reduzieren sowie die Integration in einer App
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 200€ pro Sensor Nutzen: mittel Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Reduzierter Parksuchverkehr • Bessere Auslastung der Parkplätze • Höhere Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Echtzeit-Warnsysteme für Fußgängerübergänge	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung von Echtzeit-Warnsystemen an Fußgängerüberwegen zur Erhöhung der Sicherheit für Fußgänger
Bewertung	Kosten: 40.000€ Basiskosten + 1.000€ pro Übergang Nutzen: mittel Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Sicherheit für Fußgänger • Reduzierung von Unfällen
Voraussetzungen	• Ggf. Integration in Ampelsysteme



POLIZEI

Hauptaufgaben der Polizei:

- Kriminalprävention und -aufklärung
- Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung und Sicherheit
- Verkehrssicherheit und -überwachung
- Schutz von Personen und Eigentum
- Notfall- und Krisenmanagement

Titel des Projektes		Intelligente Videoüberwachung, Notfall und Krisenmanagement
Ziel des Projektes		Implementierung von intelligenten Videoüberwachungssystemen zur Erhöhung der Sicherheit und zur Unterstützung bei der Kriminalaufklärung
Bewertung		Kosten: 100.000€ Basiskosten + 1.000€ pro Kamera Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile		• Erhöhte Sicherheit im öffentlichen Raum • Unterstützung bei der Kriminalaufklärung • Präventive Wirkung
Voraussetzungen		• Regulation, GDPR • GIS-Plattform • Datenspeicher- und Analyseeinheiten



UMWELTBEHÖRDE

Hauptaufgaben der Umweltbehörde:¹⁸

- Luft- und Lärmschutz
- Überwachung der Luftqualität
- Maßnahmen zur Lärminderung
- Naturschutz und Landschaftspflege
- Schutz und Pflege von Naturschutzgebieten
- Förderung der Biodiversität
- Umweltüberwachung und -berichterstattung
- Erfassung und Analyse von Umweltdaten
- Erstellung von Umweltberichten
- Energie- und Klimaschutz
- Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen
- Förderung erneuerbarer Energien

Intelligente Luftqualitätsüberwachung	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung eines Systems zur Echtzeitüberwachung der Luftqualität zur Identifizierung und Reduzierung von Schadstoffbelastungen
Bewertung	Kosten: 100.000€ Basiskosten + 300€ pro Sensor Nutzen: niedrig Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Verbesserte Luftqualität • Frühzeitige Erkennung von Schadstoffbelastungen • Maßnahmen zur Luftreinhaltung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Naturschutzgebiete-Überwachung	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Einsatz von IoT-Technologien zur Überwachung und Pflege von Naturschutzgebieten zur Förderung der Biodiversität
Bewertung	Kosten: 80.000€ Basiskosten + 500€ pro Sensor/Kamera Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Schutz der Flora und Fauna • Früherkennung von Umweltverstößen • Unterstützung von Pflegemaßnahmen
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

¹⁸ Vermerk: Wasserversorgung und -wirtschaft wurde bereits oben bearbeitet.

AMT FÜR PARKANLAGEN UND GRÜNFLÄCHEN

Hauptaufgabe des Amtes für Parkanlagen und Grünflächen:

- Pflege und Instandhaltung von Grünflächen und Parks
- Instandhaltung von Gehwegen und Anlagen
- Förderung der städtischen Biodiversität
 - Anlage und Pflege von Biotopen und Naturgärten
 - Förderung von städtischer Fauna und Flora
- Freizeit- und Erholungsangebote
- Bereitstellung und Pflege von Spielplätzen, Sportanlagen und Freizeiteinrichtungen
- Organisation von Veranstaltungen und Programmen
- Sicherheit und Sauberkeit
- Überwachung und Gewährleistung der Sicherheit in Parks
- Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sauberkeit

Titel des Projektes	Intelligente Bewässerungssysteme
Ziel des Projektes	Einsatz von IoT-Technologien zur effizienten Bewässerung städtischer Grünflächen und Parks
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 200€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Optimierter Wasserverbrauch • Gesundere Pflanzen und Grünflächen • Reduzierte Betriebskosten
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Überwachung und Pflege von Spielplätzen und Freizeiteinrichtungen
Ziel des Projektes	Implementierung von IoT-Systemen zur Überwachung und Pflege von Spielplätzen und Freizeiteinrichtungen zur Gewährleistung der Sicherheit und Sauberkeit
Bewertung	Kosten: 40.000€ Basiskosten + 300€ pro Sensor/Kamera Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Sicherheit • Bessere Instandhaltung • Höhere Zufriedenheit der Besucher*innen
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Intelligente Beleuchtung in Parks
Ziel des Projektes	Installation von sensorbasierten, energieeffizienten Beleuchtungssystemen in Parks zur Erhöhung der Sicherheit und Reduzierung der Energiekosten
Bewertung	Kosten: 30.000€ Basiskosten + 300€ pro Beleuchtungseinheit Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Sicherheit • Energieeinsparung • Reduzierte Betriebskosten
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Titel des Projektes	Intelligentes Toilettensauberkeitssystem
Ziel des Projektes	Implementierung eines Systems zur Überwachung und Gewährleistung der Sauberkeit öffentlicher Toiletten in Parks
Bewertung	Kosten: 20.000€ Basiskosten + 100€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Verbesserte Hygiene und Sauberkeit • Höhere Zufriedenheit der Besucher • Effizientere Reinigungseinsätze
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

**AMT FÜR GEBÄUDE- UND WOHNUNGSWESEN**

Hauptaufgaben des Amtes für Gebäude- und Wohnungswesen:

- Verwaltung öffentlicher Gebäude und Wohnanlagen
- Implementierung intelligenter Gebäudemanagementsysteme
- Förderung energieeffizienter Wohnprojekte
- Instandhaltung und Renovierung von Gebäuden
- Sicherheit und Überwachung von öffentlichen Gebäuden
- Verwaltung von Mietverhältnissen und Wohnungszuweisungen

Titel des Projektes	Intelligentes Gebäudemanagement
Ziel des Projektes	Implementierung eines IoT-basierten Gebäudemanagementsystems zur Überwachung und Steuerung von Gebäudefunktionen in Echtzeit
Bewertung	Kosten: 100.000€ Basiskosten + 200€ pro Sensor/Aktor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Verbesserte Energieeffizienz • Reduzierte Betriebskosten • Optimierte Gebäudeverwaltung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform • Kompatibilität mit bestehenden Gebäudemanagementsystemen

Titel des Projektes	Energieeffiziente Wohnprojekte
Ziel des Projektes	Entwicklung und Implementierung von IoT-Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz in Wohnprojekten
Bewertung	Kosten: 80.000€ Basiskosten + 400€ pro Wohnungseinheit für Sensoren und Aktoren Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Reduzierter Energieverbrauch • Niedrigere Energiekosten für Bewohner*innen • Verbesserte Nachhaltigkeit
Voraussetzungen	• GIS-Plattform • Kompatibilität mit bestehenden Energiemanagementsystemen

Titel des Projektes	Intelligente Sicherheits- und Überwachungssysteme
Ziel des Projektes	Implementierung von IoT-basierten Sicherheits- und Überwachungssystemen in öffentlichen Gebäuden zur Sicherheitssteigerung und Überwachungseffizienz
Bewertung	Kosten: 60.000€ Basiskosten + 300€ pro Kamera/Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Sicherheit für Bewohner*innen und Besucher*innen • Schnellere Reaktionszeiten bei Zwischenfällen • Präventive Wirkung gegen Vandalismus und Einbruch
Voraussetzungen	• GIS-Plattform • Kompatibilität mit bestehenden Sicherheitssystemen

Titel des Projektes	Prädiktive Wartung für Gebäudeinfrastruktur
Ziel des Projektes	Implementierung eines prädiktiven Wartungssystems für die Gebäudetechnik, um Ausfälle frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden
Bewertung	Kosten: 10.000€ Basiskosten + 50€ pro Sensor Nutzen: mittel Schwierigkeit: hoch Skalierung: hoch
Vorteile	• Verlängerte Lebensdauer der Geräte und Infrastruktur • Vermeidung ungeplanter Ausfälle • Reduzierte Wartungskosten • Optimierte Wartungsplanung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform • Analytik-Plattform zur Datenanalyse

AMT FÜR KULTUR, DENKMALPFLEGE UND TOURISMUS

Hauptaufgaben des Amtes für Kultur, Denkmalpflege und Tourismus:

- Schutz und Pflege historischer und kultureller Stätten
- Förderung und Verwaltung des Tourismus
- Entwicklung von Informations- und Bildungsangeboten für Besucher*innen
- Organisation von kulturellen Veranstaltungen und Festivals
- Erhalt und Restaurierung von Denkmälern

Intelligente Überwachung und Schutz historischer Stätten	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung von IoT-basierten Überwachungssystemen zum Schutz und zur Pflege historischer und kultureller Stätten
Bewertung	Kosten: 70.000€ Basiskosten + 500€ pro Sensor/Kamera Nutzen: mittel Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Schutz vor Vandalismus und Diebstahl • Überwachung des Zustands der Denkmäler • Unterstützung bei der Pflege und Erhaltung
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Touristeninformationssystem mit QR-Codes	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Einrichtung eines Informationssystems für Touristen, das auf QR-Codes basiert und Zugang zu digitalen Inhalten über historische Stätten bietet
Bewertung	Kosten: 20.000€ Basiskosten + 50€ pro QR-Code Schild Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig Skalierung: hoch
Vorteile	• Einfache und kostengünstige Bereitstellung von Informationen • Erhöhte Zufriedenheit der Besucher • Förderung des Tourismus
Voraussetzungen	• Erstellung und Pflege einer informativen Website

Intelligente Besucherzählung und -analyse	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Implementierung eines Systems zur Zählung und Analyse von Besucherströmen zur Optimierung der Tourismusangebote
Bewertung	Kosten: 40.000€ Basiskosten + 200€ pro Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Optimierung von Ressourcen und Personal • Verbesserte Planung und Verwaltung von Besucherströmen • Datenbasierte Entscheidungen zur Verbesserung des Tourismusangebots
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Intelligente Beleuchtung und Sicherheit in touristischen Gebieten	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Installation von sensorbasierten, energieeffizienten Beleuchtungssystemen und Sicherheitssystemen in touristischen Gebieten
Bewertung	Kosten: 50.000€ Basiskosten + 300€ pro Beleuchtungseinheit/Sensor Nutzen: hoch Schwierigkeit: mittel Skalierung: hoch
Vorteile	• Erhöhte Sicherheit für Touristen • Energieeinsparung • Verbesserte Attraktivität der touristischen Gebiete
Voraussetzungen	• GIS-Plattform

Digitale Führungen und Informationssysteme	
Titel des Projektes	
Ziel des Projektes	Entwicklung von digitalen Führungen und Informationssystemen für Touristen mittels Apps und Augmented Reality (AR)
Bewertung	Kosten: 60.000€ Basiskosten + 10.000€ - 1.000.000€ für App-Entwicklung Nutzen: hoch Schwierigkeit: niedrig bis hoch Skalierung: hoch
Vorteile	• Interaktive und informative Erlebnisse für Besucher*innen • Förderung des Tourismus • Moderne und attraktive Präsentation der historischen Stätten
Voraussetzungen	• Entwicklung und Wartung der App



ADL BEWERTUNGS-TOOL ZUR IOT-PROJEKTAUSWAHL UND ENTSCHEIDUNGSFINDUNG FÜR KOMMUNEN

Die Auswahl der passenden IoT-Projekte stellt eine große Herausforderung für Behörden und öffentliche Versorger dar. Die lokale Situation macht unterschiedliche Projekte sinnvoll oder weniger empfehlenswert.

Der Zweck dieses Bewertungstools ist es, Entscheiderinnen und Entscheidern bei der Auswahl der am besten geeigneten IoT-Projekte zu unterstützen. Durch eine strukturierte Bewertung der Projekte können Ressourcen optimal genutzt und die Effizienz sowie der Nutzen der IoT-Initiativen maximiert werden. Wir laden Sie herzlich ein, gemeinsam mit uns eine detaillierte Bewertung durchzuführen, um maßgeschneiderte Lösungen für Ihre spezifischen Bedürfnisse zu finden.

Zielsetzung des Tools

Das Bewertungstool wurde entwickelt, um folgende Ziele zu erreichen:

- **Unterstützung bei der Entscheidungsfindung** — Bereitstellung einer klaren Grundlage für die Auswahl der besten IoT-Projekte
- **Optimierung der Ressourcennutzung** — Effiziente Zuweisung von Budget und Personal zur Maximierung des Projektnutzens

- **Maximierung der Effizienz und des Nutzens der IoT-Projekte** — Sicherstellung, dass die ausgewählten Projekte den größtmöglichen positiven Einfluss haben

Bewertungsfaktoren und Kriterien

Es ist notwendig, die Eignung der einzelnen Ämter und Versorger in der Kommune zu bestimmen. Auswahlkriterien sind unter anderem:

- **Readiness** — Bereitschaft der Behörde, IoT-Projekte umzusetzen (niedrig, mittel, hoch)
- **Nutzen und Relevanz der Projekte** — Bewertung des potenziellen Nutzens der IoT-Projekte für die Behörde sowie deren Passgenauigkeit zu den spezifischen Zielen und Herausforderungen der Behörde (niedrig, mittel, hoch)
- **Finanzielle Ressourcen** — Verfügbarkeit von Finanzmitteln für die Umsetzung (niedrig, mittel, hoch)
- **Technische Infrastruktur** — Vorhandene technische Voraussetzungen und Infrastruktur (niedrig, mittel, hoch)
- **Gesamtbewertung** — Durchschnitt der Einzelbewertungen (niedrig, mittel, hoch)

Dies variiert stark von Kommune zu Kommune. Hier einige Beispiele:

Im Weiteren werden die einzelnen Projekte bewertet und die besten Optionen ausgewählt. Die Kriterien setzen sich aus folgenden Bereichen zusammen:

Beispiel 1. Großstadt mit gut ausgebauter Infrastruktur

Behörde	Readiness	Nutzen und Relevanz der Projekte	Finanzielle Ressourcen	Technische Infrastruktur	Gesamtbewertung
Tiefbauamt	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
Wasserwirtschafts-amt	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel-hoch
Öffentlicher Energieversorger	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
Straßenverkehrs-behörde	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel-hoch
Polizei	niedrig	mittel	niedrig	mittel	mittel
Umweltbehörde	hoch	hoch	niedrig	niedrig	mittel
Amt für Parkanlagen und Grünflächen	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel-hoch
Amt für Gebäude- und Wohnungswesen	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel-hoch
Kultur, Denkmalpflege & Tourismus	mittel	hoch	hoch	hoch	hoch

Quelle: Arthur D. Little

Beispiel 2. Kleinstadt mit begrenzten Ressourcen

Behörde	Readiness	Nutzen und Relevanz der Projekte	Finanzielle Ressourcen	Technische Infrastruktur	Gesamt-bewertung
Tiefbauamt	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel-hoch
Wasserwirtschafts-amt	niedrig	mittel	niedrig	mittel	niedrig-mittel
Öffentlicher Energieversorger	hoch	hoch	mittel	hoch	hoch
Straßenverkehrs-behörde	mittel	mittel	niedrig	mittel	mittel
Polizei	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Umweltbehörde	mittel	mittel	niedrig	mittel	mittel
Amt für Parkanlagen und Grünflächen	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Amt für Gebäude- und Wohnungs-wesen	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel-hoch
Kultur, Denkmal-pflege & Tourismus	niedrig	niedrig	niedrig	mittel	niedrig

Quelle: Arthur D. Little

Kosten

Die Kostenbewertung umfasst:

- **Initiale Investitionskosten** — Einmalige Kosten für die Implementierung des Projekts
- **Laufende Betriebskosten** — Regelmäßige Ausgaben für den Betrieb des Projekts
- **Wartungskosten** — Kosten für die Instandhaltung und Aktualisierung des Systems

Nutzen

Die Nutzenbewertung berücksichtigt:

- **Operative Vorteile** — Verbesserungen in der täglichen Betriebsführung
- **Finanzielle Vorteile** — Einsparungen und finanzielle Gewinne durch das Projekt
- **Umweltvorteile** — Positive Auswirkungen auf die Umwelt, wie z. B. die Energieeinsparungen und die Reduzierung von Emissionen

Schwierigkeit

Die Schwierigkeit des Projekts wird anhand folgender Kriterien bewertet:

- **Technische Komplexität** — Der technische Aufwand, der für die Implementierung erforderlich ist
- **Integrationsaufwand** — Der Aufwand, das Projekt in bestehende Systeme zu integrieren
- **Notwendige Schulungen** — Der Bedarf an Schulungen für das Personal zur Nutzung des neuen Systems

Skalierungspotenzial

Das Skalierungspotenzial umfasst:

- **Möglichkeit zur Ausweitung auf andere Bereiche oder Projekte** — Die Fähigkeit des Projekts, in anderen Abteilungen oder für weitere Anwendungen genutzt zu werden
- **Anpassungsfähigkeit und Flexibilität** — Wie gut das Projekt auf Veränderungen und neue Anforderungen reagieren kann

Technische Voraussetzungen

Die technischen Voraussetzungen umfassen:

- **Notwendige Infrastruktur** — Die benötigte technische Infrastruktur zur Unterstützung des Projekts
- **Kompatibilität mit bestehenden Systemen** — Die Fähigkeit des Projekts, nahtlos in vorhandene Systeme integriert zu werden
- **Sicherheitsanforderungen** — Die Erfüllung der notwendigen Sicherheits- und Datenschutzanforderungen

Relevanz für die spezifischen Bedürfnisse der Behörde

Die Relevanz der Bedürfnisse erfordert:

- **Anpassung an die spezifischen Herausforderungen und Ziele der Behörde** — Wie gut das Projekt zur Erreichung der behördlichen Ziele beiträgt und inwieweit es auf spezifische Herausforderungen eingeht.

Im folgenden Beispiel wird eine intelligente Straßenbeleuchtung bewertet.

**Bewertungsmatrix Beispiel — intelligente Straßenbeleuchtung**

Kriterium	Gewichtung (%)	Projektbewertung	Punkte (0-10)
Kosten (Startinvestition)	20%	450€ pro Einheit + 30.000€ Startinvestition	7
Finanzieller Nutzen (ROI)	10%	ROI: 15 Jahre (exklusive Startinvestition)	3
Nutzen für Bürger/Akzeptanz	25%	Akzeptanz - Bevölkerung muss sich an dunklere Straßen gewöhnen	3
Umweltvorteil	10%	Hohe Energieeinsparung und reduzierter negativer Einfluss auf Insekten	10
Schwierigkeit	10%	Niedrig, einfache Implementierung	9
Skalierungspotenzial	10%	Hoch, leicht auf andere Bereiche übertragbar	9
Technische Voraussetzungen	5%	GIS-Plattform, Integration mit bestehenden Systemen	7
Relevanz für die Behörde	10%	Passt gut zu den Zielen der Behörde zur Energieeinsparung und Modernisierung der Infrastruktur	9
Gesamtbewertung	100%	-	6,5

Quelle: Arthur D. Little

In der nachfolgenden Tabelle finden Sie die Bewertung für eine prädiktive Wartung von Abwasserpumpen.

Abschließend können die optimalen Projekte für die jeweilige Kommune ausgewählt werden.

Bewertungsmatrix Beispiel — prädiktive Wartung von Abwasserpumpen

Kriterium	Gewichtung (%)	Projektbewertung	Punkte (0-10)
Kosten (Startinvestition)	20%	500€ pro Einheit + 20.000€ Startinvestition	8
Finanzieller Nutzen (ROI)	10%	ROI: 1,5 Jahre (exklusive Startinvestition)	9
Nutzen für Bürger/Akzeptanz	25%	Akzeptanz: Wichtig, aber nicht sichtbar für Bürger	5
Umweltvorteil	10%	Reduzierte Ressourcenverschwendung	5
Schwierigkeit	10%	Niedrig, leichte Nachrüstbarkeit, einfache Implementierung	8
Skalierungspotenzial	10%	Hoch, leicht breit ausrollbar	9
Technische Voraussetzungen	5%	SaaS-Lösung, einfach	9
Relevanz für die Behörde	10%	Passt gut zu den Zielen der Behörde (Energieeinsparung und Modernisierung der Infrastruktur)	10
Gesamtbewertung	100%	-	7,4

Quelle: Arthur D. Little

Beispielmatrix der IoT-Projekte für eine Kleinstadt — Gesamtbewertung

Amt/Versorger	Projektname	Gesamt-bewertung K
Öffentlicher Energieversorger	Intelligente Gasleck-Erkennung und -vermeidung	6,0
Tiefbauamt	Prädiktive Wartung für Abwasserpumpen	7,4
Amt für Gebäude- und Wohnungswesen	Intelligentes Gebäudemanagement	7,5
Tiefbauamt	Intelligente Straßenbeleuchtung	6,5
Straßenverkehrsbehörde	Intelligente Verkehrsüberwachung und -steuerung	6,2
Straßenverkehrsbehörde	Intelligente Parkraumbewirtschaftung	5,5
Umweltbehörde	Intelligente Luftqualitätsüberwachung	6,3
Umweltbehörde	Naturschutzgebiete-Überwachung	6,2
Wasserwirtschaftsamt	Echtzeitüberwachung der Wasserqualität	5,3
Wasserwirtschaftsamt	Leckerkennung und -vermeidungssysteme	5,5
Tiefbauamt	Echtzeit-Kanalüberwachung	5,3
Öffentlicher Energieversorger	Intelligente Zähler (Smart Meter) für Strom, Gas und Fernwärme	6,0
Amt für Gebäude- und Wohnungswesen	Energieeffiziente, öffentliche Wohnprojekte	6,3
Polizei	Intelligente Videoüberwachung, Notfall- und Krisenmanagement	5,0
Amt für Parkanlagen und Grünflächen	Intelligente Bewässerungssysteme	4,8
Amt für Parkanlagen und Grünflächen	Überwachung und Pflege von Spielplätzen und Freizeiteinrichtungen	4,8
Kultur, Denkmalpflege & Tourismus	Touristeninformationssystem mit QR-Codes	4,3
Kultur, Denkmalpflege & Tourismus	Intelligente Besucherzählung und -analyse	4,3

Quelle: Arthur D. Little

Exemplarisches Beispiel für die obige Kleinstadt mit begrenzten Mitteln.

Durch die Anwendung dieses Bewertungstools können Behörden fundierte Entscheidungen treffen, die ihre Ressourcen optimal nutzen und die Effizienz sowie den Nutzen ihrer IoT-Projekte maximieren. Wir laden Sie ein, diesen Prozess gemeinsam mit uns zu durchlaufen, um die besten IoT-Lösungen für Ihre Bedürfnisse zu identifizieren und umzusetzen.

ZUSAMMENARBEIT MIT EXTERNEN PARTNERN

Die Zusammenarbeit mit externen Partnern und Dienstleistern ist ausschlaggebend für den Erfolg von IoT-Projekten. Hierbei sollten die folgenden Aspekte beachtet werden:

- **Auswahl der Partner.** Wählen Sie Partner und Dienstleister sorgfältig aus, um sicherzustellen, dass sie über die erforderlichen Kompetenzen und Erfahrungen verfügen. Kriterien hierfür sollten technische Expertise, Erfahrungen in ähnlichen Projekten, finanzielle Stabilität und die Fähigkeit zur Skalierung ihrer Dienstleistungen umfassen. Es ist wichtig, Partner zu wählen, die nachweislich erfolgreich in der Implementierung von IoT-Lösungen in ähnlichen städtischen Umgebungen gearbeitet haben. Partner sollten nicht nur allgemeine IT-Kompetenzen, sondern

auch spezialisiertes Wissen in IoT-Technologien wie Sensornetzwerke, Datenintegration, Plattformmanagement und Cybersecurity vorweisen können.

- **Vertragsmanagement.** Verträge sollten klare Leistungsziele, Verantwortlichkeiten und Erfolgskriterien enthalten. Leistungskennzahlen (KPIs), Datenschutzvereinbarungen und Exit-Strategien sind zu definieren, um die Erwartungen klar zu setzen und einen Rahmen für die Behebung von Problemen zu bieten. Darüber hinaus sollten spezifische Aspekte der IoT-Implementierung berücksichtigt werden, wie z. B. Datenmanagement, Eigentumsrechte an Daten, Service-Level-Agreements (SLAs) für Systemverfügbarkeit und Reaktionszeiten bei Systemausfällen. Es ist auch wichtig, Mechanismen für die regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Technologie an neue Entwicklungen und Standards festzulegen und technologische Lock-In-Effekte zu vermeiden.
- **Kommunikation und Koordination.** Eine effektive Kommunikation und Koordination zwischen allen beteiligten Partnern ist entscheidend, um den reibungslosen Ablauf des Projekts zu gewährleisten. Einsatz von Projektmanagement-Software, regelmäßige Statusmeetings und dedizierte Kommunikationskanäle sind empfehlenswert, um alle Stakeholder stets auf dem Laufenden zu halten und synchron zu arbeiten.



7. FALLBEISPIELE — IOT-LEUCHTTURMPROJEKTE

BEISPIELE ERFOLGREICHER IOT-PROJEKTE IN KOMMUNEN UND KOMMUNALEN VERSORGUNGSUNTERNEHMEN

Best Practise: onnecto GmbH — Kooperationsgesellschaft zur Umsetzung smarter, digitaler Lösungen im Osnabrücker Land

Die Stadtwerke Osnabrück und die Beteiligungs- und Vermögensverwaltungsgesellschaft mbH des Landkreises Osnabrück (BEVOS) haben die Gesellschaft "onnecto" gegründet, um den Roll-Out von IoT-Technologien im Osnabrücker Land entscheidend voranzutreiben. Durch diese Neugründung beschreiten die Stadtwerke und der Landkreis Osnabrück innovative Wege der Kooperation und vereinen ihre Kräfte, um Digitalprojekte künftig schneller umzusetzen und dabei wertvolle Synergieeffekte zu entwickeln.

Das zentrale Anliegen der beiden Partner ist es, durch den Aufbau smarter Infrastrukturen sowohl die Grundlage für die digitale Weiterentwicklung von Verwaltungsaufgaben zu schaffen, um diese effizienter und zukunftsfähiger zu gestalten, als auch die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger ebenso wie die Standortattraktivität für Unternehmen zu erhöhen.

Die onnecto GmbH baut auf die technischen Kompetenzen der Stadtwerke Osnabrück auf, die in der kreisfreien Stadt Osnabrück ein flächendeckendes Funknetz aufgebaut haben, das bereits heute für zahlreiche smarte Anwendungen genutzt wird. Die positiven Erfahrungen in der Stadt Osnabrück haben dazu geführt, die vielfältigen Potenziale der reichweitenstarken und energieeffizienten

LoRaWAN-Technologie auch für den gesamten Landkreis nutzbar zu machen. Als flächenmäßig zweitgrößter Landkreis Niedersachsens ist der Landkreis Osnabrück für den IoT-Einsatz bestens geeignet. Die Zusammenarbeit mit dem Landkreis ermöglicht es den Stadtwerken die erprobte LoRaWAN-Technologie landkreisweit auszubauen, neue Anwendungsfälle zu erschließen und damit das Marktpotenzial zu erweitern. Durch die Skalierung der Technologie und die Nutzung gemeinsamer Ressourcen, Infrastrukturen und Kompetenzen können Kosten auf beiden Seiten gesenkt, Prozesse effizienter gestaltet und die Geschwindigkeit der Projektumsetzung erhöht werden. Darüber hinaus bietet die Partnerschaft eine stabilere Basis für Investitionen in neue Technologien und Infrastrukturen, da Risiken und Kosten auf mehrere Partner verteilt werden. Dies macht Investitionen kalkulierbarer und sicherer.

Im Mittelpunkt der Gesellschaft wird zunächst der Aufbau eines flächendeckenden LoRaWAN-Netzes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück stehen. Aufbauend auf dieser Basistechnologie sind Projekte geplant, die verschiedenste Anwendungsfelder berücksichtigen. Diese reichen von Energie und Mobilität über Klima und Umwelt bis hin zum Katastrophenmanagement.

Intelligenter Hochwasserschutz für Haßfurt

Die unterfränkische Kreisstadt Haßfurt sieht sich zunehmend mit Starkregen und Hochwasser konfrontiert. Im Rahmen des Förderprogramms Modellprojekt Smart Cities des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauen wurde eine Smart-City-Strategie entwickelt. Dabei spielt der datenbasierte Hochwasserschutz eine zentrale Rolle.



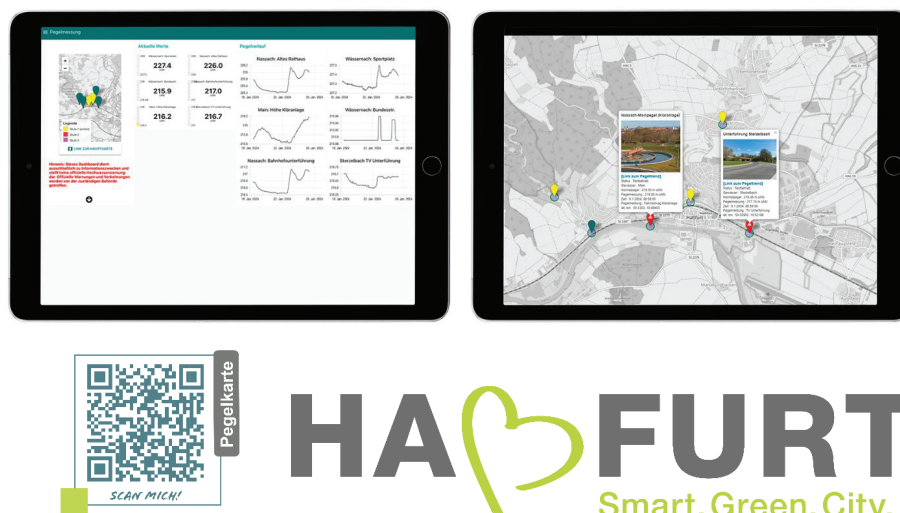
Zu Beginn des Projekts wurden an sechs neuralgischen Messpunkten entlang der städtischen Mainzuflüsse Sensoren installiert. Diese ermitteln die aktuellen Pegelstände und übermitteln sie über das stadteigene Kommunikationsnetz. In einem übersichtlichen Dashboard werden die Daten für den Katastrophenschutz und die Bevölkerung im Stadtgebiet visuell aufbereitet. Diese benutzerfreundliche und interaktive Darstellung ermöglicht eine zeitnahe und effektive Reaktion bei Erreichen oder Überschreiten kritischer Pegelstände. Ob es um die Sicherung von Kellern im privaten Bereich oder um Schutzmaßnahmen im kommunalen Bereich (z. B. Straßensperrungen) geht, die Interpretation der gesammelten Echtzeitdaten zu den Pegelständen kann für das Stadtgebiet von Haßfurt entscheidend sein. Durch die Integration weiterer Wetter- und Umweltdaten (wie Wetter- und Niederschlagsdaten) wird insbesondere im Bereich des Katastrophenschutzes ein vorausschauendes Handeln ermöglicht.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Kläranlage Haßfurt und dem Katastrophenschutz vor Ort stetig weiterentwickelt.

Best Practise: Smart City Mannheim GmbH — Joint Venture für kommunale Digitalisierungslösungen

Die Smart City Mannheim GmbH wurde 2021 als Joint Venture zwischen dem Mannheimer Energieunternehmen MVV Energie und der Holdinggesellschaft der Stadt Mannheim gegründet. Ziel der Neugründung ist es, kommunale Digitalisierungslösungen zu entwickeln und umzusetzen, die sowohl die Dekarbonisierung als auch Digitalisierung der Stadt Mannheim fördern und die Stadt lebenswerter und nachhaltiger machen. Der Bereich Smart Cities von MVV Energie agiert dabei als Technologiepartner und stellt die notwendige Technik insbesondere die Datenplattform zur Verfügung. Die Smart City Mannheim GmbH kann über die beiden Gesellschafter, MVV Energie und Stadt Mannheim, auf ein umfangreiches Expertennetzwerk der beiden Organisationen zugreifen wie z. B. Projektleitenden, Expert*innen für Digitalisierung, IoT und Analytics sowie eigene Entwickler*innen. Dadurch kann die gesamte Leistungskette, von Anforderungsmanagement über Entwicklung bis in den Betrieb, in Eigenregie erfolgen.

Abbildung 8. Beispiel User-Interface zur Katastrophenüberwachung in Haßfurt



Auf Basis der skalierbaren Datenplattform inklusive eines leistungsstarken LoRaWAN-Netzwerkes entwickelt die Smart City Mannheim zusammen mit seinen Partnern innovative Lösungen in den Bereichen Klima, Ressourcen und Mobilität. Dazu gehören unter anderem:

- **Ein Stadtklimamodell.** Das Modell basiert auf einer "Stadtklimaanalyse-Karte," die auf Grundlage von relevanten Klimakennzahlen großflächige Simulationen in echtzeitnaher Darstellung ermöglicht und damit stadtplanerische Maßnahmen und Planungen unterstützen soll.
- **Verkehrszählungen und -modellierungen.** Diese basieren auf einer 24/7 sensorbasierten Erfassung von Echtzeitverkehrsdaten und Fließgeschwindigkeiten.
- **Ein "Ressourcendashboard."** Dieses Board verfügt über Echtzeit-Verbrauchsvisualisierungen für Strom, Wärme, Gas und Wasser, die zur Information von Bürgerinnen und Bürgern oder für kommunale Energiemanagementsysteme genutzt werden können.

Die Finanzierung dieser Projekte erfolgt durch das vom Ministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) geförderte Programm "Modellprojekte Smart Cities." Auf Grundlage der im April 2023 verabschiedeten Smart-City-Strategie werden Digitalisierungsprojekte in Höhe von 18 Mio. Euro (davon 65% gefördert) bis Ende 2027 im Mannheimer Stadtgebiet umgesetzt.

Entsprechend den Förderrichtlinien werden die entwickelten Lösungen allen Kommunen im Sinne von Open Source zur Verfügung gestellt. Ziel ist es, durch die Verallgemeinerung dieser Lösungen Produkte zu entwickeln, die auch von kleineren oder nicht geförderten Kommunen sowie Kommunen, die sich gegen eine Eigenentwicklung entscheiden, übernommen werden können.

Grundsätzlich muss bei Eigenentwicklungen von Smart-City-Lösungen neben der Ressourcenfrage vor allem geprüft werden, ob die Lösungen auch langfristig weitergeführt werden können. Entsprechend dazu ist eine organisatorische und finanzielle Aufstellung notwendig. Die Zusammenarbeit zwischen der Stadt Mannheim und dem Versorgungsunternehmen MVV Energie ermöglicht es, diese Lösung sowohl für den Betrieb und die Optimierung von Energienetzen einzusetzen als auch deutschlandweit Dritten

anzubieten. Dadurch entsteht eine ausreichend große Anzahl an Anwendungen und Anwendern, die eine stabile Entwicklungs- und Betriebseinheit sicherstellen. Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen erfüllen somit gemeinsam die Anforderung an eine sichere und dauerhafte Smart-City-Lösung für die Bürgerschaft.

IoT-Metering: Ein Schlüssel zur Effizienz und Nachhaltigkeit

Das Internet der Dinge (IoT) revolutioniert zahlreiche Branchen und eine der spannendsten Anwendungen ist das IoT-Metering. Unter IoT-Metering versteht man die Nutzung von IoT-Technologien zur automatisierten und kontinuierlichen Überwachung und Analyse von Verbrauchsdaten wie Strom, Wasser, Gas oder Wärme. Sensoren und smarte Zähler erfassen diese Daten in Echtzeit und übertragen sie an zentrale Systeme, wo sie ausgewertet und visualisiert werden können.

Eine spezifische Implementierung von IoT-Metering für den Stromsektor sind die intelligenten Messsysteme (iMS), die den gesetzlichen und technischen Anforderungen für die Messung und Übermittlung von Stromverbrauchsdaten im Energiesektor entsprechen. Integraler Bestandteil des iMS ist das Smart-Meter-Gateway (SMGW). Diese zentrale Komponente stellt sicher, dass die Kommunikation zwischen den Messgeräten und den externen Systemen sicher und datenschutzkonform erfolgt. Über den Stromsektor hinaus bietet IoT-Metering jedoch auch für andere Versorgungssparten wie Wasser sowie Gas und Wärme erhebliche Vorteile.

Warum ist IoT-Metering so wichtig?

- **Energieeffizienz und Kostenreduktion.** IoT-Metering ermöglicht eine detaillierte Überwachung des Energieverbrauchs. Unternehmen und Haushalte können ihren Energieverbrauch genauer analysieren und ineffiziente Nutzungsmuster erkennen. Dies ermöglicht gezielte Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und somit zur Kosteneinsparung.
- **Nachhaltigkeit und Umweltschutz.** Durch die Optimierung des Energieverbrauchs tragen IoT-Metering-Systeme zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes bei. Dies unterstützt die globalen Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels und fördert nachhaltige Praktiken.



- **Transparenz und Kontrolle.** Echtzeitdaten geben Nutzern die Kontrolle über ihren Verbrauch. Sie können Verbrauchsmuster erkennen und bei Bedarf Anpassungen vornehmen. Dies erhöht die Transparenz und führt zu einem bewussteren Umgang mit Ressourcen.
- **Präventive Wartung.** IoT-Metering kann auch zur Überwachung der Funktionalität von Geräten und Systemen verwendet werden. Anomalien im Verbrauch können frühzeitig erkannt werden, was präventive Wartung und schnelle Reaktionen auf Probleme ermöglicht.
- **Optimierung der Infrastruktur.** Versorgungsunternehmen können mithilfe von IoT-Metering ihre Netzwerke effizienter betreiben. Sie erhalten präzise Daten zur Belastung und Nutzung, was die Planung und Wartung der Infrastruktur optimiert und Ausfälle reduziert.

Fazit

IoT-Metering ist ein entscheidender Schritt hin zu einer effizienteren und nachhaltigeren Nutzung von Ressourcen. Die zahlreichen Vorteile umfassen Bereiche wie Kosteneinsparungen, Umweltschutz sowie eine bessere Kontrolle und Transparenz. Die Implementierung von IoT-Metering-Systemen ist daher nicht nur aus ökonomischer, sondern auch aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung.

LERNERFAHRUNGEN FÜR DIE EIGENE UMSETZUNG

Aus den oben genannten Beispielen lassen sich folgende Lernerfahrungen und Anpassungsmöglichkeiten für die eigene Umsetzung von IoT-Projekten ableiten:

- **Interdisziplinäre Zusammenarbeit.** Erfolgreiche IoT-Projekte erfordern die Zusammenarbeit von Experten und Expertinnen aus verschiedenen Fachdisziplinen und Institutionen (wie etwa Stadtwerken, Landkreisen, Kläranlagen und Katastrophenschutz). Stellen Sie sicher, dass alle relevanten Abteilungen und Stakeholder in den Planungs- und Umsetzungsprozess einbezogen werden.
 - **Skalierbarkeit und Modularität unter Einbezug von Quick-Wins.** Planen Sie Ihre IoT-Projekte modular und skalierbar.
- Berücksichtigen Sie dabei nicht nur die langfristige Entwicklung, sondern auch die Bedeutung von Quick-Wins. Diese ermöglichen es, klein anzufangen und das Projekt schrittweise zu erweitern, ohne die bestehende Infrastruktur komplett zu ersetzen. Quick-Wins sollen schnelle, sichtbare Erfolge liefern und dienen nicht nur als Motivationshilfe für die Beteiligten, sondern auch als praktische Beispiele, die die Vorteile und das Potenzial der Technologie frühzeitig aufzeigen und so die Akzeptanz und das Engagement fördern.
- **Datensicherheit, Datenschutz und Datensouveränität.** Achten Sie darauf, dass die Datensicherheit und der Datenschutz bei der Planung und Umsetzung von IoT-Projekten eine hohe Priorität haben. Implementieren Sie geeignete Sicherheitsmaßnahmen, um die Integrität und Vertraulichkeit der gesammelten Daten zu gewährleisten. Stellen Sie zusätzlich sicher, dass die Datensouveränität gewahrt bleibt, indem Sie klare Richtlinien für den Zugriff und die Nutzung der Daten festlegen.
 - **Anwenderfreundlichkeit und Akzeptanz.** Implementieren Sie IoT-Lösungen, die einfach zu bedienen und in der Anwendung verständlich sind. Dies fördert die Akzeptanz der Technologie und trägt zu einer erfolgreichen Umsetzung bei. Setzen Sie intuitive und leicht verständliche Benutzeroberflächen für Ihre IoT-Anwendungen ein. Schulen Sie die Nutzer, um den Nutzen der Technologie zu erläutern und die Akzeptanz zu fördern.
 - **Kontinuierliche Verbesserung und Anpassung.** Verankern Sie das Prinzip des "Learning by Doing" in der kontinuierlichen Verbesserung Ihrer IoT-Projekte. Erfolgreiche IoT-Projekte sind nicht statisch, sondern entwickeln sich stetig weiter. Nutzen Sie die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen, um das Projekt kontinuierlich zu optimieren und an veränderte Bedingungen anzupassen.
 - **Austausch mit anderen Kommunen.** Der Austausch mit anderen Kommunen ist von großer Bedeutung und kann äußerst hilfreich für Sie sein. Durch den regelmäßigen Dialog und die Zusammenarbeit können wertvolle Erfahrungen und Best Practices geteilt werden, die helfen, Herausforderungen zu bewältigen und die Effizienz und Effektivität der eigenen IoT-Projekte zu steigern. Netzwerke und Partnerschaften mit anderen Kommunen können zudem die Innovationskraft stärken und gemeinsame Lösungen fördern.

8. OFFENE FRAGEN UND WEITERFÜHRENDE THEMEN

DATENSCHUTZ IM KONTEXT VON IOT

Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen arbeiten tagtäglich mit sensiblen, schützenswerten Daten. Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung und der zunehmenden Vernetzung von digitaler und physischer Welt wächst die Anzahl datengenerierender und -verarbeitender Prozesse. Daher ist es von großer Bedeutung, dem Schutz dieser Daten im digitalen Raum besondere Aufmerksamkeit zu schenken. IoT-Lösungen waren in der Vergangenheit schon des Öfteren Opfer von Cyberangriffen betroffen. Die Gründe hierfür sind die nachfolgenden:¹⁹

- **Energieversorgung.** IoT-Lösungen, wie z. B. Sensoren zur Überwachung von Infrastruktur, befinden sich oft an Außenstandorten und müssen vor Ort mit einer begrenzten Energieversorgung bzw. Batterieladung auskommen. Aufgrund dessen müssen diese IoT-Lösungen mit geringem Energieaufwand Daten senden und empfangen können. Je mehr Sicherheitsprotokolle, Verschlüsselungen und Authentifizierungen benötigt werden, umso höher fällt auch der Energieverbrauch aus, weshalb viele IoT-Geräte nicht über solche Funktionen verfügen und deshalb anfälliger sind für Cyberangriffe.
- **Schnelllebigkeit.** Die kriminelle Energie im Cyber-Bereich ist groß. Es kommen ständig neue Lösungen zur Anwendung, welche auch die fortschrittlichsten Cyber-Abwehr-Technologien vor Herausforderungen stellen. Es liegt in der Sache der Natur, dass gerade IoT-Lösungen an der Schnittstelle zwischen physischer (Sensor) und digitaler Welt (Vernetzung) mit dieser Schnelllebigkeit nur begrenzt mithalten können. Entsprechend kann diese Schnelllebigkeit für IoT-Lösungen zur Gefahr werden.

- **Technische Sicherheit.** Ein weiterer Grund für die hohe Anfälligkeit von Cyberangriffen bei IoT-Lösungen liegt in deren technischer Konzeption. Oft fehlen sichere Authentifizierungsmechanismen und eine verschlüsselte Datenübertragung. Zudem bleiben offene Ports ungesichert und es mangelt an regelmäßigen Firmware-Updates. Häufig werden mehr Daten erhoben als notwendig, ohne ausreichende Schutzmaßnahmen gegen Datenabfluss. Dies führt dazu, dass viele wichtige technische Sicherheitsmaßnahmen in IoT-Komponenten nicht standardmäßig implementiert sind. Daher müssen bei der Systemgestaltung die Angriffsmöglichkeiten bekannt sein und entsprechende Hardware- und Softwarekomponenten sorgfältig ausgewählt werden.

Die Schwachstelle des IoT im Rahmen der digitalen Infrastruktur kann für weitere Geräte, die mit dem gleichen Netzwerk verbunden sind, schnell zur Gefahr werden, da sogenannte Spillover-Effekte entstehen und sich der Cyberangriff bewusst oder unbewusst auf weitere Bestandteile des Netzwerks ausweitet. Öffentlich-rechtliche Institutionen wie Stadtwerke und Kommunen müssen das Thema Datenschutz im Kontext von IoT-Lösungen also sehr ernst nehmen und für alle Szenarien vorbereitet sein. Diese und weitere Überlegungen müssen sich kommunale Entscheidungsträgerinnen und -träger wie Sie stellen, um eine IoT-Strategie für Ihre Versorger oder Ihre Kommune zu treffen. Denn eines ist sicher: Die Datensicherheit ist ein kritischer Entscheidungsfaktor für die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger von IoT-Technologien.

¹⁹ Emnify.



VERGABEVERFAHREN

Die Vergabe von IoT-Projekten in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen muss sowohl rechtlichen als auch operativen Anforderungen genügen. Beispielhafte rechtliche Grundlagen sind § 103 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) und die Unterschwellenvergabeordnung (UVgO). § 103 GWB legt fest, welche öffentlichen Aufträge und Konzessionen dem Vergaberecht unterliegen, insbesondere bei Überschreitung festgelegter Schwellenwerte. Die UVgO regelt die Vergabe öffentlicher Aufträge unterhalb dieser Schwellenwerte und bietet flexiblere Verfahren. Diese Gesetze und Verordnungen dienen als Beispiele für die Rahmenbedingungen, die bei der Vergabe beachtet werden müssen.

Zur erfolgreichen Durchführung von Vergabeverfahren ist zunächst eine gründliche Bedarfsanalyse erforderlich. Kommunale Unternehmen und Kommunen müssen ihre spezifischen Anforderungen an IoT-Lösungen klar definieren und dokumentieren. Eine Markterkundung hilft, ein realistisches Bild der verfügbaren Technologien und Anbieter zu erhalten. Die Budgetplanung und die Prüfung von Fördermöglichkeiten sind ebenfalls entscheidend.

Das geeignete Vergabeverfahren wird basierend auf dem Projektumfang gewählt. Optionen wie das offene oder nicht offene Verfahren sowie der wettbewerbliche Dialog bieten unterschiedliche Vorteile. Die Ausschreibungsunterlagen müssen präzise technische Anforderungen vor allem im Hinblick auf Datensouveränität und IT- bzw. Datensicherheit sowie Bewertungskriterien enthalten, um die Vergleichbarkeit der Angebote sicherzustellen.

Neben den klassischen Vergabeverfahren gibt es auch die Möglichkeit der In-House-Vergabe. Bei dieser Methode vergibt eine öffentliche Stelle Aufträge direkt an ein Unternehmen, das sie vollständig oder überwiegend kontrolliert und das seine Tätigkeiten hauptsächlich für diese öffentliche Stelle erbringt. Die In-House-Vergabe kann insbesondere bei komplexen IoT-Projekten vorteilhaft sein, da sie ohne ein formales Vergabeverfahren Zeit und Kosten sparen kann sowie eine größere Kontrolle über das Projekt ermöglicht. Für die In-House-Vergabe müssen jedoch detaillierte Regeln befolgt werden, um sicherzustellen, dass diese Form der Auftragsvergabe rechtmäßig und transparent durchgeführt wird. Es ist entscheidend, dass die genauen rechtlichen Anforderungen und Bedingungen im Vorfeld sorgfältig geprüft und eingehalten werden.

Die Angebotsbewertung erfolgt anhand festgelegter Kriterien wie technischer Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Eine strukturierte Bewertungsmatrix sowie ein objektives Bewertungsteam sind dabei essenziell für eine transparente Entscheidung. Nach der Vergabe ist es durch die Vertragsgestaltung und das Projektmanagement entscheidend, die Vertragserfüllung zu überwachen und Abweichungen frühzeitig zu erkennen.

Die Einhaltung der rechtlichen Vorgaben und eine strukturierte Vorgehensweise sind grundlegende Voraussetzung für kommunale Versorgungsunternehmen und Kommunen, um IoT-Projekte erfolgreich umzusetzen.

9. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN & FAZIT

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

In einer Welt, die immer stärker vernetzt ist, eröffnet das Internet of Things (IoT) Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen zahlreiche Möglichkeiten, städtische Dienstleistungen und das Leben der Bürgerinnen und Bürger zu verbessern. Um das IoT effektiv zu nutzen und in den städtischen Alltag zu integrieren, ist eine sorgfältige Planung und eine strategische Herangehensweise notwendig. Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen zielen darauf ab, eine Brücke zwischen den technologischen Möglichkeiten des IoT und den realen Anforderungen und Erwartungen der städtischen Gemeinschaften zu schlagen.

Diese Empfehlungen sind so konzipiert, dass sie nicht nur die technische Implementierung, sondern auch die organisatorischen, sicherheitstechnischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Dimensionen umfassen. Sie bieten einen Anstoß, um die Potenziale des IoT zu erschließen und gleichzeitig sicherzustellen, dass die Projekte nachhaltig, sicher und im Einklang mit den Bedürfnissen der Bürgerinnen und Bürger stehen. Darüber hinaus wird ein besonderes Augenmerk auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit gelegt, um einen klaren Mehrwert für kommunale Betriebe zu schaffen.

Mit diesen Handlungsempfehlungen möchten wir Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen eine Unterstützung bieten, die sie durch den Prozess der strategischen Planung und Umsetzung ihrer IoT-Initiativen führt. Ziel ist es, eine Zukunft zu gestalten, in der Technologie und Gemeinwohl Hand in Hand gehen.

1. Strategische Integration und Governance

- **Entwickeln Sie eine umfassende IoT-Strategie.** Definieren Sie klare Ziele und Prioritäten, die sich aus einer umfassenden Markt- und Technologieanalyse ableiten. Identifizieren Sie Schlüsselbereiche, in denen das IoT für Sie den größten Einfluss haben kann.
- **Einrichten eines IoT-Governance-Komitees.** Bilden Sie ein interdisziplinäres Team, das regelmäßig zusammenkommt, um die Umsetzung der IoT-Strategie zu überwachen und anzupassen.

2. Entwicklung und Bewertung von Business-Cases

- **Detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse für jedes Projekt.** Erstellen Sie detaillierte Berichte, welche die Kosten, die erwartete Vorteile und die Risiken jedes IoT-Projekts aufzeigen. Nutzen Sie diese Analysen, um fundierte Entscheidungen über die Projektfortführung zu treffen.
- **Pilotprojekte zur Validierung von Business-Cases.** Starten Sie kleine, kontrollierte Pilotprojekte, um die Machbarkeit und den potenziellen ROI von größeren IoT-Initiativen zu testen. Nutzen Sie die Ergebnisse, um Ihre Business-Cases zu verfeinern und zu skalieren.

3. Kompetenz- und Kapazitätsaufbau

- **Zertifizierte IoT-Schulungsprogramme für Mitarbeitende.** Implementieren Sie ein Schulungsprogramm, das Mitarbeitende in IoT-spezifischen Fähigkeiten ausbildet, einschließlich Datenanalyse, Netzwerksicherheit und Systemintegration.



- **Teilnahme an bestehenden IoT-Innovationshubs.** Statt eigene Hubs zu gründen, beteiligen Sie sich zunächst an bestehenden Plattformen, wo Mitarbeitende, Technologiepartner und akademische Einrichtungen zusammenarbeiten können, um neue Ideen zu entwickeln und Prototypen zu erstellen.

4. Stärkung von Datenschutz und Cybersicherheit

- **Regelmäßige Sicherheitsaudits und Penetrationstests.** Führen Sie regelmäßige Überprüfungen durch, um Sicherheitslücken zu identifizieren und zu schließen. Nutzen Sie externe Sicherheitsexperten, um die Effektivität Ihrer Sicherheitsmaßnahmen zu bewerten.
- **Regelmäßige Schulungen und Sensibilisierung der Mitarbeitenden.** Ihre Mitarbeitenden sollten regelmäßig geschult werden, um ein Bewusstsein für Cybersicherheitsrisiken zu schaffen und zu verstehen, wie sie im Arbeitsalltag zur Sicherheit der IoT-Systeme beitragen können.
- **Technische Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen.** Stellen Sie sicher, dass alle IoT-Systeme robuste technische Sicherheitsmaßnahmen beinhalten, wie Verschlüsselung, Zugriffskontrollen und sichere Kommunikationsprotokolle, um Datenintegrität und -vertraulichkeit zu gewährleisten.

5. Ausbau zukunftssicherer IoT- Infrastruktur

- **Investition in moderne IoT-Plattformen.** Prüfen Sie die Investition in fortschrittliche IoT-Plattformen, die nicht nur durch Skalierbarkeit und hohe Leistungsfähigkeit überzeugen, sondern auch eine nahtlose Integration in die bereits vorhandenen Systeme der städtischen Infrastruktur ermöglichen. Solche Plattformen müssen in der Lage sein, mit dem Wachstum der Stadt und der zunehmenden Anzahl von IoT-Geräten Schritt zu halten, um eine kontinuierliche und effiziente Datenverarbeitung und -analyse zu gewährleisten.

- **Kompatibilität und Zukunftssicherheit.**

Achten Sie bei der Auswahl von IoT-Plattformen besonders darauf, dass diese mit aktuellen und zukünftigen Technologiestandards kompatibel sind. Dies umfasst die Unterstützung von verschiedenen Kommunikationsprotokollen, die Fähigkeit zur Integration neuer Sensoren und Geräte sowie die Möglichkeit, Software-Updates und Sicherheitspatches ohne größere Systemunterbrechungen durchzuführen. Dadurch wird sichergestellt, dass die technologische Infrastruktur nicht nur den heutigen Anforderungen entspricht, sondern auch für zukünftige Entwicklungen gerüstet ist.

6. Förderung von Innovation und Partnerschaften

- **Förderung von Start-ups und Technologiepartnerschaften.** Engagieren Sie sich in Förderprogrammen, die Start-ups und Technologieunternehmen unterstützen, die innovative IoT-Lösungen für städtische Herausforderungen zu entwickeln. Die Teilnahme an solchen Initiativen und Partnerschaften ermöglicht es Ihnen oft, neue Perspektiven und unkonventionelle Lösungsansätze zu städtischen Herausforderungen zu gewinnen.

ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Digitalisierung wirkt sich grundlegend auf die öffentlichen Dienstleistungen und die Infrastruktur aus. Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen sind dabei nicht nur Beteiligte, sondern auch wichtige Katalysatoren der digitalen Transformation in Deutschland. Sie stellen die notwendige Infrastruktur bereit und entwickeln innovative Lösungen. Das Internet der Dinge bietet Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen eine Chance, vielfältige Probleme und Herausforderungen in Gemeinden für Bürgerinnen und Bürger zu lösen, kommunale Prozesse effizienter zu gestalten und teilweise zu automatisieren.



Eine Herausforderung bei der Implementierung von IoT im kommunalen Kontext ist, den hohen Erwartungen der Bürgerinnen und Bürger gerecht zu werden und gleichzeitig mit begrenzten Budgets und einem akuten Fachkräftemangel umzugehen. Gleichzeitig verbraucht die beschleunigte digitale Transformation zusätzliche finanzielle, menschliche und zeitliche Ressourcen. Kommunen und kommunale Versorgungsunternehmen befinden sich somit in einem wichtigen Spannungsfeld: Sie profitieren einerseits von der zunehmenden Effizienz und Qualität, die IoT-Lösungen im Rahmen kommunaler Aufgaben bieten und agieren andererseits aber auch als Infrastrukturgeber, um die Transformation in alle Gesellschaftsbereiche zu tragen.

Dabei ist es wichtig zu betonen, dass in IoT-Projekten, eine nahtlose und effiziente Integration sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen städtischen Systemen und Diensten notwendig ist.

Dieser Report liefert Ihnen neben verschiedenen konkreten Anwendungsfeldern von IoT in Kommunen und kommunalen Versorgungsunternehmen ebenfalls Empfehlungen, die nicht nur die technische Umsetzung, sondern auch organisatorische, sicherheitstechnische, soziale und wirtschaftliche Dimensionen umfassen. Sie können sich zudem an den Methodiken des ADL-Bewertungstools orientieren, um potenzielle IoT-Projekte zu evaluieren und die Entscheidungsfindung zu erleichtern. Sollten Sie zusätzliche Beratung bei der Einführung von IoT in Ihrem Anwendungsfall benötigen, stehen Ihnen die Experten von Civitas Connect e. V. und Arthur D. Little jederzeit zur Verfügung.





ALLGEMEINER HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieser Bericht wurde von Civitas Connect e. V. in Auftrag gegeben, unter Bedingungen, die die Haftung von Arthur D. Little ausdrücklich begrenzen. Die von Arthur D. Little gezogenen Schlussfolgerungen beruhen auf bestmöglichem professionellem Urteilsvermögen, welches auf Materialien und Informationen von Civitas Connect, Sekundärforschungen und Experteninterviews von Arthur D. Little basiert. Jede Nutzung dieses Berichts durch Dritte sollte mit der gebotenen Sorgfalt bei der Überprüfung seines Inhalts verbunden sein. Die Verantwortung für die Nutzung, das Vertrauen oder die Entscheidungen, die auf der Grundlage dieses Dokuments getroffen werden, liegt beim Dritten. Weder Arthur D. Little noch Civitas Connect übernehmen eine Sorgfaltspflicht oder Haftung gegenüber Dritten oder übernehmen keine Verantwortung für Schäden, die durch Handlungen entstehen, die auf der Grundlage dieses Dokuments ergriffen oder unterlassen wurden.





ÜBER CIVITAS CONNECT

Der Verein Civitas Connect versteht sich als kommunale Kooperationsplattform für die interdisziplinären Themen Smart City/Smart Region, digitale Daseinsvorsorge und IoT. Zu den Vereinsmitgliedern gehören mehr als 50 kommunale Versorgungsunternehmen und Gebietskörperschaften, die zusammen die Verwaltung und Versorgung von mehr als 6,5 Millionen Bürgerinnen und Bürger übernehmen und mehr als 18.000 Mitarbeitende beschäftigen. Der Vereinszweck liegt in der Vernetzung kommunaler Akteure mit dem Ziel, durch Wissenstransfer und gemeinsame Projektarbeit Lösungsansätze für die Digitalisierung der kommunalen Daseinsvorsorge zu entwickeln und damit verschiedenste regionale und kommunale Herausforderungen zu bewältigen. Im Mittelpunkt steht dabei stets die Vermittlung von Lösungskompetenzen und Know-how. Eine aktive Mitarbeit der Vereinsmitglieder ermöglicht es, konkrete Lösungen zu erarbeiten und die Mitglieder zur eigenständigen Umsetzung in ihren jeweiligen Kommunen zu befähigen. Die in den Arbeitsgruppen erarbeiteten Inhalte werden in einer zentralen Wissensdatenbank gebündelt und den Vereinsmitgliedern zugänglich gemacht.

ÜBER ARTHUR D. LITTLE

Seit 1886 ist Arthur D. Little Vordenker in Sachen Innovation. Das Unternehmen ist bekannt für die Verknüpfung von strategischem Know-how mit Innovations- und Transformationsprozessen in technologieintensiven und konvergierenden Industrien. Dabei navigieren die Expertinnen und Experten von Arthur D. Little ihre Kunden durch sich stetig wandelnde wirtschaftliche Ökosysteme, um gemeinsam mit ihnen neue Opportunities aufzudecken. Hierbei befähigen sie ihre Kunden zur Entwicklung innovativer Lösungen und zur Transformation ihrer Unternehmen. Die Berater*innen von Arthur D. Little besitzen nicht nur ausgeprägte industrielle Expertise, sondern verfügen auch über ein breites Wissen branchenübergreifender Trends und Dynamiken. Arthur D. Little ist in den wichtigsten Wirtschaftszentren der Welt vertreten und macht die meisten Fortune-1000-Unternehmen sowie andere führende Unternehmen und Organisationen des öffentlichen Sektors stark für die Zukunft. Weitere Informationen finden Sie unter www.adlittle.com.