



Bericht im Rahmen der Smart City LoRaWAN Integration Labs@bw

# Handlungsleitfaden für den kommunalen Einsatz von LoRaWAN

Stuttgart, 30. Dezember 2024



Baden-Württemberg  
MINISTERIUM DES INNEREN, FÜR DIGITALISIERUNG UND KOMMUNEN



Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Handlungsleitfaden .....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Technische Infrastruktur .....</i>	<i>3</i>
2.2	<i>Use Cases.....</i>	<i>5</i>
2.3	<i>Recht und Sicherheit .....</i>	<i>7</i>
2.4	<i>Management .....</i>	<i>9</i>
2.5	<i>Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung .....</i>	<i>11</i>



Im Rahmen der »Smart City LoRaWAN Integration Labs@bw« wurden Handlungsempfehlungen für den effektiven und effizienten kommunalen Einsatz der LoRaWAN-Technologie unter besonderer Berücksichtigung des Standorts Baden-Württemberg erarbeitet. Als Grundlage dienen zum einen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Analysen, die innerhalb des Forschungsprojektes durchgeführt wurden:

- Ist-Analyse der kommunalen LoRaWAN-Nutzung in BW
- Nationales und internationales Benchmarking des Nutzungsstandes in BW
- Best-Practice-Analyse

Zum anderen flossen Erkenntnisse aus Workshops und Umsetzungsprojekten ein, die im Rahmen der Smart City LoRaWAN Integration Labs@bw gemeinsam mit Kommunen und Umsetzungspartnern durchgeführt wurden.

Kommunale Projektbeteiligte:

- Gemeinde Brigachtal
- Gemeinde Neulingen
- Gemeinde Ölbrenn-Dürrn
- Stadt Friedrichshafen
- Stadt Herrenberg
- Stadt Karlsruhe
- Stadt Knittlingen
- Stadt Neckarsulm
- Stadt Ulm

Umsetzungspartner:

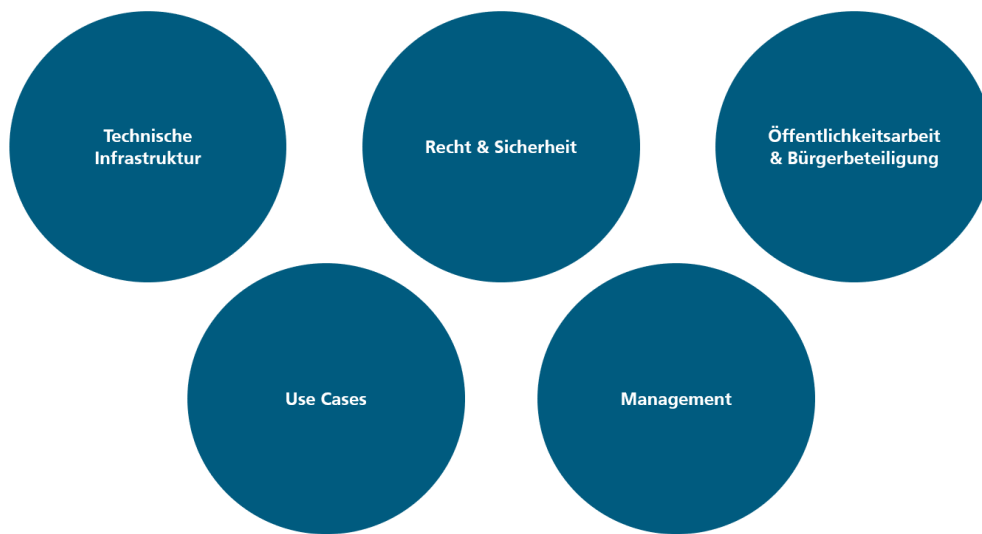
- citysens GmbH
- Fichtner IT Consulting GmbH
- SWP Stadtwerke Pforzheim GmbH & Co. KG

Eine zentrale Herausforderung bei der kommunalen Implementierung und Nutzung von LoRaWAN ist derzeit die fehlende Standardisierung des Vorgehens, z.B. in Bezug auf Aspekte wie Ausschreibung, Netzaufbau und -betrieb, Use-Case-Auswahl und -Priorisierung, Vertragsgestaltung und Rollenverteilung. Gründe hierfür sind die hohe technische Offenheit und Implementierungsfreiheit von LoRaWAN, mangelnde interkommunale Zusammenarbeit und fehlende zentral gesteuerte Maßnahmen zur Standardisierung. Die Folge sind unnötige administrative Doppelarbeiten und viele verstreute Insellösungen, die einem personal- und kosteneffizienten Einsatz von LoRaWAN entgegenstehen. Handlungsleitfäden, die auf dem Wissen und den Erfahrungen von Forschung, Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung aufbauen und flexibel auf unterschiedliche kommunale Rahmenbedingungen übertragbar sind, können einen Beitrag zur Verbesserung dieser Problematik leisten. Vor diesem Hintergrund wurde der Handlungsleitfaden der »Smart City LoRaWAN Integration Labs@bw« entwickelt.

Der Handlungsleitfaden bezieht sich auf insgesamt 5 Handlungsfelder, die bei der Implementierung und Nutzung der LoRaWAN-Technologie durch Kommunen zu beachten sind. Innerhalb dieser Handlungsfelder werden Empfehlungen und Hinweise gegeben, die Kommunen dabei unterstützen sollen, LoRaWAN optimal in ihre Systeme und Prozesse zu integrieren.

Abbildung 1 zeigt die 5 Handlungsfelder, auf die sich der Leitfaden bezieht:

-----  
Einleitung  
-----



*Abbildung 1: Zentrale Handlungsfelder für den kommunalen LoRaWAN-Einsatz*

## 2.1 Technische Infrastruktur

**I.** Der Stand der Technik des kommunalen LoRaWAN-Einsatzes unterliegt einem dynamischen Wandel, der durch Fortschritte in vielen verschiedenen, eng miteinander verknüpften Bereichen bestimmt wird. Dazu gehören insbesondere:

- Sensorik und Aktorik
- Künstliche Intelligenz und autonome Systeme
- Big Data Analytics und digitale Zwillinge
- Cloud und Edge Computing

Durch Weiterentwicklungen und Innovationen auf Hard- und Softwareebene ergeben sich ständig neue Möglichkeiten, LoRaWAN zu nutzen und wichtige Parameter bestehender Use Cases wie Kosten- und Energieeffizienz, Datenquantität und -qualität zu optimieren. Kommunen sollten daher nicht nur offen für neue technologische Ansätze rund um LoRaWAN sein, sondern diese auch proaktiv suchen und vorantreiben. Dazu gehört die gezielte Zusammenarbeit mit Dienstleistern, die über ein entsprechend fortschrittliches Leistungsspektrum verfügen.

**II.** Kommunen verfügen in der Regel über eine Vielzahl von physischen Infrastrukturen, die für die Installation von LoRaWAN-Hardware - Gateways und Endgeräte - geeignet sind, wie z.B. Verwaltungsgebäude, Brücken, Straßenlaternen und Verkehrsmasten. Die intelligente Nutzung dieser Infrastrukturen bietet nicht nur Kosteneinsparungen, z.B. durch den Wegfall von Installationsmaterial und Verträgen mit externen Gebäudebesitzenden, sondern häufig auch weitere Vorteile wie gute Funkabdeckung, stabile Stromversorgung, Schutz vor Umwelteinflüssen und einfache Zugänglichkeit. Darüber hinaus können bestimmte Genehmigungen überflüssig werden. Kommunen sollten daher im Vorfeld von Installationsarbeiten im Zusammenhang mit LoRaWAN immer ämterübergreifend prüfen, inwieweit eigene physische Infrastrukturen oder die von nahestehenden Institutionen, z.B. kommunalen Unternehmen, sinnvoll mitgenutzt werden können.

Neben der bestehenden physischen Infrastruktur sollten Kommunen auch ihre digitale Infrastruktur im Detail daraufhin überprüfen, wo Synergien für die Implementierung von LoRaWAN bestehen. Insbesondere größere Kommunen verfügen häufig über digitale Plattformen für das Daten- und Prozessmanagement, die für LoRaWAN-Anwendungen erweitert oder integriert werden können, wie z.B. städtische Alarm- und Ticketsysteme oder Smart City-Portale. Wenn diese Synergien von Anfang an berücksichtigt werden und somit bereits etablierte Schnittstellen, Zugangspunkte und Protokolle genutzt werden, können Implementierungskosten und -dauer erheblich reduziert werden.

**III.** Bei der Auswahl von LoRaWAN-Hard- und Softwareprodukten sollten Kommunen eine möglichst hohe Interoperabilität anstreben. Denn die Verwendung offener Standards und Schnittstellen erleichtert die Integration unterschiedlicher Systeme, reduziert technische Abhängigkeiten von einzelnen Anbietern und ermöglicht die Anpassung der Infrastruktur an sich ändernde technische Möglichkeiten und Anforderungen ohne grundlegende Änderungen oder hohe Kosten. Proprietäre Systeme sollten nur in Einzelfällen eingesetzt werden, wenn sie wichtige spezifische Anforderungen erfüllen, die durch offene Lösungen nicht oder nur wesentlich schlechter abgedeckt werden können.

**IV.** Um als Kommune das volle Anwendungspotenzial von LoRaWAN ausschöpfen zu können, ist ein flächendeckendes und zuverlässiges Netz erforderlich. Ohne ein solches

besteht ein erhöhtes Risiko, aufgrund schlechter Empfangsqualität an den Endgerätestandorten mit fehlenden oder ungenauen Daten konfrontiert zu werden, und die Vielfalt der realisierbaren Anwendungen sowie deren innerkommunale Skalierbarkeit sind eingeschränkt. Kommunen sollten daher möglichst frühzeitig eine umfassende Netzinfrastruktur aufbauen, um die Entwicklungsgeschwindigkeit und -qualität im Zusammenhang mit LoRaWAN zu fördern. Je nach Größe und Ressourcen einer Kommune kann ein flächendeckendes Netz in kürzester Zeit oder nur schrittweise realisiert werden. In beiden Fällen sollten bis zum Abschluss des Netzaufbaus Investitionen in technische Endgeräte und Software eine geringere Priorität haben.

**V.** Der Aufbau eines (über der Erde) flächendeckenden LoRaWAN-Netzes verursacht je nach Fläche, Topografie und Bebauungsdichte einer Kommune typischerweise Kosten im niedrigen vier- bis hohen fünfstelligen Bereich. Im Verhältnis zu den vorhandenen Ressourcen ist dies meist ein überschaubarer Aufwand, der sich durch den intelligenten Einsatz der Technologie schnell amortisieren kann. Voraussetzung für einen effizienten Netzaufbau ist eine fundierte Netzplanung, in der anhand verschiedener Parameter die erforderliche Gateway-Anzahl und die strategisch günstigsten Gateway-Standorte ermittelt werden. Derzeit sind Kommunen bei der Netzplanung in der Regel stark auf externe Dienstleister angewiesen, da sie intern nicht über das erforderliche Know-how und die entsprechenden Softwaretools verfügen.

**VI.** Um die Zuverlässigkeit ihrer LoRaWAN-Infrastruktur zu maximieren, können Kommunen sowohl bei den Gateways als auch bei den Endgeräten gezielt Redundanzen einbauen. So kann sichergestellt werden, dass auch beim Ausfall einzelner Komponenten die Netzabdeckung und wichtige Datenströme erhalten bleiben. Eine solche Ausfallsicherheit ist insbesondere in kritischen Anwendungsbereichen wie dem Katastrophenmanagement wichtig.

**VII.** Kommunen, die bereits über ein eigenes LoRaWAN-Netz verfügen oder in Zukunft ein solches aufbauen, sollten dieses der Bürgerschaft und lokalen Institutionen zur Nutzung zur Verfügung stellen. Dies birgt verschiedene Potenziale, die weit über einen reinen Imagegewinn hinausgehen. Erstens wird die allgemeine lokale Auseinandersetzung mit LoRaWAN angeregt, was sich positiv auf die Akzeptanz, die Nutzungsbereitschaft und das Interesse an der Mitgestaltung kommunaler LoRaWAN-Anwendungen auswirken kann. Zweitens besteht die Möglichkeit, dass Privatpersonen und Institutionen eigene Gateways an das öffentliche Netz anschließen, wodurch die Netzabdeckung und -redundanz für die Kommune ohne eigenen Aufwand verbessert wird. Drittens kann von (kommerziellen) Nutzenden des Netzes eine Gegenleistung für die Bereitstellung der Netzinfrastruktur verlangt werden, z.B. Nutzungsgebühren oder (besser) die Herausgabe von Daten. Dies können z.B. Umweltdaten eines landwirtschaftlichen Betriebes sein, die Kommunen mit selbst erhobenen Umweltdaten kombinieren, um fundierte Wetter- und Umweltqualitätsanalysen und -prognosen durchzuführen.

**VIII.** Sobald LoRaWAN in einer Kommune für mehrere wichtige Use Cases eingesetzt wird, ist eine Plattform für das kontinuierliche Management und Monitoring der Netzinfrastruktur von entscheidender Bedeutung. Eine solche Plattform sollte in der Lage sein, Echtzeitdaten zu wichtigen Parametern wie Netzauslastung, Signalstärke und Verfügbarkeit zu erfassen, um potenzielle Netzstörungen frühzeitig zu erkennen und Möglichkeiten zur Netzoptimierung, z.B. durch Feinabstimmung von Sendefrequenzen und Sendeleistung, zu identifizieren. Darüber hinaus sollte die Plattform eine schnelle Skalierung des Netzes nach Bedarf unterstützen, z.B. durch die Integration zusätzlicher Gateways oder Endgeräte. Derzeit sind Kommunen beim Netzmanagement und -monitoring in der Regel stark von externen Dienstleistern abhängig, da sie intern nicht über das notwendige Know-how und die entsprechenden Softwaretools verfügen.

**I.** Führt eine Kommune LoRaWAN als Technologie erstmals bei sich ein, sollten zunächst Use Cases fokussiert werden, die sich gut in bestehende Infrastrukturen und Prozesse integrieren lassen und einen schnell und klar messbaren Mehrwert bieten. Auf diese Weise kann frühzeitig eine nachhaltige interne und externe Akzeptanz und Aufmerksamkeit für LoRaWAN geschaffen werden, die dessen langfristige und wachsende Nutzung fördert.

**II.** Um geeignete Use Cases zu identifizieren, sollten Kommunen zunächst analysieren, welche ihrer Bedürfnisse und Herausforderungen mit den spezifischen technischen Eigenschaften von LoRaWAN adressiert werden können. Aufgrund der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten empfiehlt es sich, von Anfang an verschiedene Ämter in diesen Prozess einzubeziehen. In einem weiteren Schritt sollten die entwickelten Ideen mit der Bürgerschaft und lokalen Institutionen diskutiert werden, um von deren Expertise zu profitieren, gemeinsame Synergien zu prüfen und Verständnis und Nutzerorientierung zu fördern. Darüber hinaus können durch den Austausch mit externen Akteuren völlig neue Use Cases erkannt werden. Darauf aufbauend gilt es, diejenigen Use Cases zu bestimmen und zu priorisieren, die den größten Nutzen für das kommunale Gesamtsystem bieten. Je nach den individuellen Rahmenbedingungen einer Kommune können sich nach einem fundierten Analyseprozess sehr unterschiedliche Use Cases und Priorisierungen ergeben. Diese können ein bestimmtes Ziel klar in den Vordergrund stellen oder mehrere Ziele parallel verfolgen. Mögliche Ziele, die mit LoRaWAN-Use Cases verfolgt werden können, sind z.B.:

- Personalentlastung
- Kostensenkung
- Entscheidungsoptimierung
- Effizientes Asset-Management
- Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Klimafolgenanpassung
- Optimierung von Bürgerkomfort und -sicherheit

Kommunen profitieren hinsichtlich der internen und externen Akzeptanz und Unterstützung des LoRaWAN-Einsatzes, wenn sie frühzeitig mehrere Ziele gleichzeitig mit LoRaWAN verfolgen.

**III.** Bei der Auswahl und Definition ihrer Use Cases sollten Kommunen nicht nur kurzfristige Effekte berücksichtigen, sondern möglichst langfristig nutzbringende, nachhaltige und skalierbare Lösungen anstreben. Wesentlich ist dabei die flexible Anpassungsfähigkeit an zukünftige technologische Entwicklungen und sich ändernde betriebliche Anforderungen. Im Idealfall sind darüber hinaus sinkende Produkt- und Betriebskosten sowie eine langfristige Nutzbarkeit der Geräte, z.B. durch austauschbare Akkus, absehbar. Um vor diesem Hintergrund die richtigen Entscheidungen zu treffen, kann es Kommunen helfen, verschiedene realistische Zukunftsszenarien mit ihren Implikationen für die betrachteten Use Cases durchzuspielen. Eine solche vorausschauende Planung kann die Notwendigkeit späterer kostenintensiver Nachrüstungen oder Umstrukturierungen verringern und die betriebliche Effektivität und Effizienz erhöhen, wenn sie in der Praxis berücksichtigt wird.

**IV.** Die Funktionalität eines Use Case in einer bestimmten Kommune wird oft von einer Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmt, die es unmöglich machen, vor der Implementierung sicher zu sein, dass in der Praxis zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden. Vor einer großflächigen Umsetzung eines Use Cases sollten Kommunen daher in der Regel zunächst ein Pilotprojekt durchführen, um die Machbarkeit und den tatsächlichen Nutzen in einem kontrollierten Rahmen zu evaluieren. So können technische und

betriebliche Probleme und Schwachstellen frühzeitig erkannt und gezielt behoben werden oder es kann auf eine Weiterführung verzichtet werden, bevor größere Investitionen getätigt werden.

---

Handlungsleitfaden

---

Der Pilotrahmen sollte sich auf einen klar abgegrenzten Use Case und ein überschaubares geografisches Gebiet beziehen und mit einem begrenzten finanziellen und personellen Aufwand einhergehen. Beispielsweise kann ein intelligentes Beleuchtungssystem oder ein intelligentes Parkleitsystem zunächst in einem einzelnen Straßenabschnitt erprobt werden. Pilotprojekte sind vor allem dann wichtig, wenn technisch völlig neue Lösungskonzepte umgesetzt werden sollen. Eine Vorreiterrolle als Kommune kann sich im Zusammenhang mit LoRaWAN durchaus lohnen, erfordert aber auch ein agiles Risikomanagement, das in Pilotprojekten gut gewährleistet werden kann.

**V.** Inwieweit eine Kommune das Potenzial der von ihr implementierten Use Cases ausschöpfen kann, hängt maßgeblich von der Integrationstiefe in den betrieblichen Alltag und die bestehende IT-Infrastruktur ab. Daher sollten Kommunen kontinuierlich Maßnahmen prüfen und ergreifen, um diese zu stärken. Dies können z.B. Schulungen, interne Kommunikationsstrategien, Datennutzungsrichtlinien und -verträge sowie Schnittstellenoptimierungen sein.

**VI.** Kommunen sollten die vielfältigen Möglichkeiten der LoRaWAN-Datenverarbeitung und -kommunikation in Use Cases kennen und gezielt nutzen, um den Nutzen der zugrundeliegenden Daten und die Integrationstiefe in den betrieblichen Alltag zu erhöhen.

Exemplarische Formen der Datenverarbeitung:

- Aktuelle Informationen
- Prognosen
- Berichte
- Direkte Handlungsanweisungen
- Warnmeldungen und Alarmer
- Simulationen und Szenarioanalysen
- Trend- und Musteranalysen

Exemplarische Kanäle für die Datenkommunikation:

- Open Data-Plattformen
- (XR<sup>1</sup>-)Web- und Mobilanwendungen
- Digitale Zwillinge
- QR-Codes
- Digitale Anzeigetafeln
- Informationsbroschüren, -stände und -veranstaltungen
- Workshops

---

<sup>1</sup> Extended Reality (XR) ist ein Sammelbegriff für die drei immersiven Realitätstechnologien Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR).



**I.** LoRaWAN integriert verschiedene Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen, die der Technologie ein hohes Maß an inhärenter Sicherheit verleihen. Bei der Implementierung in die digitalen Systeme, Plattformen und Prozesse von Kommunen können jedoch Lücken und Schwachstellen hinsichtlich der Datensicherheit und des Datenschutzes auftreten. Mit LoRaWAN übertragene Daten sind zwar meist nicht sicherheitskritisch manipulierbar und auch nicht sensibel (sondern werden bewusst der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt), es gibt allerdings Ausnahmen, z.B.:

- Daten innerhalb von Zutrittskontrollsystemen
- Positionsdaten von Kurieren und Einsatzkräften, Objekten und Geräten
- Smart-Meter-Daten (die Auskunft über die An- und Abwesenheit von Personen in Arbeits- und Wohngebäuden geben)
- Daten zu Gebäudesicherheit und Katastrophenrisiken

Gerade in solchen Fällen sollten Kommunen ein entsprechendes ganzheitliches Sicherheitskonzept entwickeln und umsetzen sowie regelmäßige Sicherheitsüberprüfungen gewährleisten. Bei der Einbindung externer Dienstleister in diesen Prozess ist es für die Kommunen wichtig, verlässlich beurteilen zu können, inwieweit diese ihre sicherheitsrelevanten Aufgaben zuverlässig erfüllen und wie sie selbst zur Beseitigung erkannter Defizite beitragen können. Die Schulung von Verwaltungsmitarbeitenden im Allgemeinen zum Umgang mit sensiblen Daten und den sich ändernden technischen und rechtlichen Anforderungen an Datensicherheit und -schutz und im Speziellen zu den sicherheitstechnischen Grundlagen von LoRaWAN kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten.

**II.** Die Sicherheitsmaßnahmen, die Kommunen und ihre Dienstleister beim Aufbau und Betrieb eines LoRaWAN-Netzes und darin integrierter Anwendungen ergreifen, sollten einen holistischen Ansatz verfolgen, der die Aktivitäten von den Endgeräten über Gateways, Netzwerk- und Applikationsserver bis hin zu den Benutzeranwendungen bzw. Datenplattformen berücksichtigt.

Beispiele für Maßnahmen, die ergriffen werden können, sind:

- Penetrationstests, bei denen gezielt versucht wird, in die Infrastruktur einzudringen, um Sicherheitslücken wie unzuverlässige Kommunikationsprotokolle oder unzureichend geschützte Schnittstellen und Zugangspunkte zu identifizieren.
- Verschlüsselungsstärke-Tests zur Überprüfung der Wirksamkeit der eingesetzten Verschlüsselungsverfahren gegenüber aktuellen Angriffsmethoden, um festzustellen, inwieweit ein Wechsel zu einer anderen Technologie oder die Implementierung zusätzlicher Sicherheitsschichten notwendig ist.
- Zugriffsrechtsanalysen, in denen überprüft wird, ob die Zugriffsrechte den aktuellen Rollen und Verantwortlichkeiten der beteiligten Personen entsprechen und ob es sinnvolle Möglichkeiten gibt, übermäßige oder unnötige Zugriffsrechte zu reduzieren.
- Anonymisierung und Pseudonymisierung von personenbezogenen Daten.

**III.** Um als Kommune einen rechtssicheren Einsatz von LoRaWAN zu gewährleisten, ist auf die strikte Einhaltung nationaler und internationaler Regelungen zur Nutzung von Funkfrequenzen zu achten. In vielen Ländern, so auch in Deutschland, sind bestimmte Frequenzbereiche für die Nutzung durch IoT-Technologien wie LoRaWAN reserviert, beispielsweise das ISM-Band (Industrial, Scientific, and Medical Band), das häufig für lizenzfreie Funkanwendungen genutzt wird. Kommunen sollten sicherstellen, dass ihre

LoRaWAN-Anwendungen in den zugewiesenen Frequenzbändern betrieben werden, dass alle erforderlichen Genehmigungen vorliegen und dass spezifische Nutzungsbedingungen wie Leistungsbegrenzungen oder Sendezeiten eingehalten werden. Die Zusammenarbeit mit den nationalen Regulierungsbehörden und professionellen Dienstleistern hilft, die rechtlichen Rahmenbedingungen richtig zu interpretieren und umzusetzen, damit die Frequenznutzung sowohl effizient als auch regelkonform erfolgt. In Deutschland ist die Bundesnetzagentur die zuständige Regulierungsbehörde, an die sich auch Kommunen wenden können, wenn sie Probleme mit dem Netzbetrieb haben, etwa weil andere Akteure Frequenzen missbräuchlich nutzen.

**IV.** Um rechtliche Risiken bei der Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern in LoRaWAN-Projekten zu minimieren, sollten Kommunen Verträge abschließen, die folgende Punkte berücksichtigen:

- Klare Regelungen zur Datensicherheit und zum Datenschutz einschließlich Verantwortlichkeiten und Haftung.
- Konkrete Service Level Agreements: Können z.B. regeln, welche Verfügbarkeit der Netzinfrastruktur eingehalten werden muss und wie schnell auf technische Störungen reagiert werden muss.
- Kündigungs- und Änderungsoptionen, die es der Kommune ermöglichen, schnell und angemessen auf veränderte betriebliche, rechtliche oder technologische Rahmenbedingungen zu reagieren.

Gleichzeitig sollten die Verträge mit externen Dienstleistern (bei komplexeren Projekten) Spielraum für flexible Vorgehensweisen lassen, innerhalb derer unvorhergesehene Entwicklungen bewältigt und unterschiedliche Lösungsansätze erprobt werden können.

**V.** Kommunen sollten bei der Implementierung und Nutzung von LoRaWAN stets die aktuell und zukünftig relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene berücksichtigen. Auf EU-Ebene sind derzeit vor allem die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Green Deal von Bedeutung, da sie konkrete Ziele für die Digitalisierung und nachhaltige Entwicklung vorgeben, die durch den Einsatz von LoRaWAN unterstützt werden können.

Die folgenden Komponenten des Green Deal können für Kommunen im Kontext von LoRaWAN relevant sein:

- Abfallrahmen-Richtlinie
- Gesetz zur Wiederherstellung der Natur
- Gesetz zu kritischen Rohstoffen
- Ökodesign-Verordnung
- Trinkwasser-Richtlinie

Auf Bundesebene spielen im Zusammenhang mit LoRaWAN vor allem das Klimaschutzgesetz, das Gebäudeenergiegesetz und das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (mit der darin verankerten Smart-Meter-Pflicht), aber auch das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) und das IT-Sicherheitsgesetz eine Rolle.

**I.** Kommunen sollten im Rahmen ihrer Digitalisierungsstrategie speziell für LoRaWAN eine klare Vision und Roadmap für mindestens die nächsten 5 Jahre definieren, auf deren Basis der Ressourceneinsatz strategisch und vorausschauend geplant werden kann. Darin sollten Ziele und Prioritäten sowie Aktionspläne zu deren Erreichung enthalten sein, die von allen relevanten Stakeholdern in der Kommune akzeptiert werden und die auch Flexibilität gegenüber sich ändernden technologischen und betrieblichen Rahmenbedingungen aufweisen. Idealerweise wird LoRaWAN als Teil einer erweiterten Smart-Village- oder Smart-City-Strategie betrachtet, die viele andere Technologien im Kontext des Internets der Dinge integriert.

**II.** Um als Kommune die notwendigen Ressourcen für eine umfassende Nutzung von LoRaWAN bereitstellen zu können, müssen eine Reihe von internen und externen Entscheidungsträgern überzeugt werden. Ein geeignetes Instrument hierfür sind Schulungen und Informationsveranstaltungen, in denen die Funktionsweise und die Potenziale der LoRaWAN-Technologie zielgruppengerecht und anschaulich vermittelt werden. Aber auch der regelmäßige Wissensaustausch mit anderen Kommunen sowie Unternehmen - insbesondere solchen, die bereits erfolgreich LoRaWAN-Projekte umgesetzt haben - im Rahmen von Netzwerken und Arbeitskreisen kann eine wichtige Rolle spielen. Gleichzeitig sollte in der Kommunikation mit den Entscheidungsträgern darauf geachtet werden, die Anforderungen und Herausforderungen bei der Umsetzung klar zu benennen, um zu hohe Erwartungen zu vermeiden, die bei anfänglichen Problemen schnell zu großer Unzufriedenheit führen können.

**III.** Bei der Planung und Umsetzung von LoRaWAN-Projekten sollten verschiedene Abteilungen einer Kommune eng zusammenarbeiten. Die IT-Abteilung kann eine zentrale Rolle spielen, z.B. bei der fachlich korrekten Formulierung von Ausschreibungen, der Beurteilung von Anbietern und der Integration von Anwendungen in bestehende IT-Systeme und Prozesse. Stadtplanung und Gebäudemanagement können z.B. dazu beitragen, dass städtebauliche Entwicklungen berücksichtigt und Gateways und Sensoren optimal in die bestehende Infrastruktur integriert werden. Die Finanzabteilung kann mit Aufgaben wie Kostenplanung, Fördermittelakquise und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen betraut werden. Weitere relevante Akteure können z.B. das Umwelt- und Verkehrsdezernat, das Liegenschafts- und Gebäudemanagement, der Bauhof und das Ordnungsamt sein, die gezielt Use Cases im kommunalen Betriebsalltag identifizieren und entsprechende Umsetzungen koordinieren. Grundsätzlich sollte bei der Einführung eines Use Cases immer die Abteilung, die den Use Case direkt in der Praxis anwendet, die Federführung bei der Koordination der anderen Abteilungen übernehmen.

**IV.** Kommunen sollten diversifizierte Finanzierungsstrategien entwickeln, um die langfristige wirtschaftliche Tragfähigkeit ihrer LoRaWAN-Infrastruktur sicherzustellen. Eine Möglichkeit ist die gezielte Akquise von Fördermitteln auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene, die speziell für Smart Village und City-Projekte und IoT-Infrastrukturen bereitgestellt werden. In diesem Zusammenhang bietet sich die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen an, um durch den frühzeitigen Zugang zu neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und technologischen Innovationen besonders förderungswürdige Projektkonzepte entwickeln zu können. Ein weiteres Potenzial liegt in der Zusammenarbeit mit privaten und öffentlichen Unternehmen. Denkbar ist beispielsweise, dass ein Unternehmen einer Kommune technische Expertise und Infrastruktur vergünstigt oder sogar kostenlos zur Verfügung stellt, während die Kommune im Gegenzug als Testfeld und Showcase fungiert. Umgekehrt können Kommunen ihre LoRaWAN-Infrastruktur Unternehmen zur Verfügung stellen und dafür Nutzungsgebühren erheben. Beispielsweise kann eine Kommune einem Energieversorger gegen Entgelt Zugang zu ihrem Netz gewähren, auf dessen Basis dieser seiner Smart-Metering-Verpflichtung nachkommen kann. Auch interkommunale Initiativen wie der gemeinsame Aufbau und Betrieb von

LoRaWAN-Netzen und Datenplattformen können ein elementarer Bestandteil der Finanzierungsstrategie sein.

**V.** Um die Zusammenarbeit verschiedener interner und externer Akteure bei der kommunalen Implementierung und Nutzung von LoRaWAN effektiv und effizient zu gestalten, sollten klare Koordinations- und Kommunikationsstrukturen etabliert werden. Dies kann durch die Einrichtung interdisziplinärer Arbeitsgruppen geschehen, in denen sowohl Vertretende verschiedener kommunaler Fachabteilungen wie z.B. IT, Stadtplanung, Umwelt und Verkehr, als auch externe Partner, wie z.B. Vertretende anderer Kommunen, der Privatwirtschaft und der Forschung regelmäßig zusammenkommen. Ein geregelter und strukturierter Austausch in solchen Gruppen fördert den Wissenstransfer und die Identifikation von Schnittstellen für die Zusammenarbeit. Wichtig sind auch transparente Entscheidungsprozesse, die klar definieren, welche Instanzen in welchem Rahmen über bestimmte Aspekte wie Budgetverteilung oder technische Umsetzung entscheiden.

**VI.** Bei der Implementierung von LoRaWAN ist für Kommunen zu entscheiden, welche Aufgaben intern bearbeitet und welche an externe Dienstleister ausgelagert werden sollen. Diese Entscheidung sollte auf einer detaillierten Analyse basieren, die die verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen, aber auch die individuellen Use Cases berücksichtigt. Die Netzplanung und -wartung wird typischerweise aus in Kapitel 2.1 (Technische Infrastruktur) genannten Gründen von Dienstleistern übernommen. Auch bei komplexen, experimentellen und innovationsorientierten Anwendungen empfiehlt sich eine weitgehende Einbindung externer Dienstleister. Für einfachere Anwendungen kann hingegen eine Umsetzung in kommunaler Eigenregie sinnvoll und ressourcenschonend sein, sofern entsprechende personelle Ressourcen zur Verfügung stehen. Kleinere Kommunen sind naturgemäß stärker auf Outsourcing angewiesen, aber auch für sie ist der Aufbau einer IoT- und LoRaWAN-Grundkompetenz unerlässlich, um z.B. Entwicklungsstrategien von Dienstleistern mit dem Wissen über die eigene Kommune mitgestalten, die Leistungen und Kosten von Dienstleistern einschätzen und zielgerichtete Ausschreibungen formulieren zu können.

**VII.** Kommunen sollten vor und nach der Implementierung von LoRaWAN-Anwendungen ihre bestehenden Systeme und Prozesse kritisch auf Hemmnisse für das Nutzenpotenzial überprüfen und erforderlichenfalls im Rahmen eines zielgerichteten Change-Managements aktualisieren. Insbesondere Verwaltungsstrukturen und -abläufe, die auf keinen oder stark veralteten Technologien basieren, können eine effektive und effiziente Integration von LoRaWAN erschweren. Großer Anpassungsbedarf besteht beispielsweise häufig bei Genehmigungsverfahren, die nicht oder nur unzureichend an neue technische Möglichkeiten angepasst sind. Ein weiteres Problem sind oft eingefahrene Arbeitsroutinen, die eine flexible und effiziente datengestützte Anpassung von Arbeitsabläufen verhindern.

## 2.5 Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung

**I.** Die meisten Daten, die im Rahmen von kommunalen LoRaWAN-Anwendungen erhoben werden, sind weder personenbezogen noch anderweitig sensibel und eignen sich daher gut für eine transparente Verbreitung nach außen, z.B. über eine Open-Data-Plattform. Dennoch kann es zu Bedenken in der Bürgerschaft kommen, wenn Endgeräte wie Lärm- und Kamerasensoren oder Personenzähler gut sichtbar im öffentlichen Raum platziert werden. Es ist daher sinnvoll, die Bürgerschaft umfassend darüber zu informieren, welche Daten wie und zu welchem Zweck durch im öffentlichen Raum aufgestellte Endgeräte erhoben werden.

**II.** Um die Bürgerschaft über die Hintergründe und den Nutzen der für sie relevanten LoRaWAN-Projekte zu informieren, sollten Kommunen eine multimediale Kommunikationsstrategie verfolgen, die verschiedene Kanäle und Formate nutzt, um den heute sehr unterschiedlichen Präferenzen beim Informationskonsum gerecht zu werden. Web- und Mobilanwendungen wie städtische Websites, Smart City-Portale und Mobilitäts-Apps bieten die Möglichkeit, der Bürgerschaft detaillierte Informationen, interaktive Karten und andere Datenvisualisierungen zu LoRaWAN-Anwendungen ortsunabhängig zur Verfügung zu stellen. Soziale Medien sind ein weiterer wichtiger Online-Kanal, der sich besonders für kurze Projekt-Updates und Erfolgsberichte sowie für ein schnelles und unkompliziertes Feedback der Bürgerschaft eignet. Über QR-Codes, die z.B. direkt an den Sensorstandorten angebracht werden, kann ein Zugang zu den Online-Kanälen direkt in der physischen Umgebung geschaffen werden.

Darüber hinaus sollten Informationsveranstaltungen, Workshops und Hackathons in Betracht gezogen werden, da sie einen besonders intensiven und direkten Austausch ermöglichen, der mit einer höheren Feedbackqualität einhergeht als über Online-Kanäle. Zusammen mit Printmedien wie Broschüren oder Flyern, die in öffentlichen Einrichtungen und an öffentlichen Plätzen ausliegen, können sie gezielt eingesetzt werden, um Menschen zu erreichen, die weniger digital affin oder aktiv sind. Weitere effektive Verbreitungswege können z.B. kommunale E-Mail-Newsletter, Pressemitteilungen oder auch Infostände an Bildungseinrichtungen sein, wo gezielt ein junges, besonders technikinteressiertes Publikum angesprochen werden kann.