

Digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen

Autoren:

Dr. Bernd Sörries
Matthias Wissner

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, 2. Dezember 2020

Impressum

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik-consult.com
www.wik-consult.com

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen	II
Tabellen	II
1 Einleitung und Hintergrund	1
2 Digitalisierung und digitale Infrastrukturen	2
2.1 Auswirkungen der Digitalisierung	2
2.2 Status der Digitalisierung und Gigabit-Anschlüssen	3
2.3 Relevanz des Status für kommunale Unternehmen	5
3 Leitungsgebundene digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen	6
4 Funkgestützte digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen	15
5 Sonstige digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen	25
6 Heutige und künftig relevante „Politikfelder“	28
7 Fazit und Handlungsempfehlungen	31
Literatur	33

Abbildungen

Abbildung 2-1:	Index digitale Wirtschaft und Gesellschaft 2019	3
Abbildung 2-2:	Haushalte mit schnellem Breitband (mindestens 30 Mbps)	4
Abbildung 2-3:	Leitungsgebundene Breitbandverbindungen nach Technologieanteilen	4
Abbildung 3-1:	Angebot von Breitbanddiensten der kommunalen Unternehmen nach Gemeindetyp	8
Abbildung 3-2:	Entwicklung der Investitionen und Leitungskilometer durch VKU-Mitgliedsunternehmen	9
Abbildung 3-3:	Breitband-Kunden nach Unternehmen	9
Abbildung 3-4:	Leitungsgebundene Breitbandversorgung in Deutschland (≥ 30 Mbit/s)	10
Abbildung 3-5:	Aktuelle Glasfaseranschlussquoten kommunaler Unternehmen nach Gebietsstruktur	11
Abbildung 3-6:	Glasfaseranschlussquoten kommunaler Unternehmen nach Gebietsstruktur für die Erreichung der Wirtschaftlichkeit	11
Abbildung 3-7:	Zukünftige Anschlussquoten von Glasfaseranschlüssen kommunaler Unternehmen	12
Abbildung 3-8:	Glasfaserausbau des Zweckverbands Ostholstein	13
Abbildung 4-1:	Schätzung der Mobilfunkumsätze der Netzbetreiber und Service-Provider in Deutschland im Jahr 2019 (in Milliarden Euro)	16
Abbildung 4-2:	Prioritäre Aspekte beim Aufbau von öffentlichem WLAN	16
Abbildung 4-3:	Modelle für die Umsetzung von WLAN-Lösungen	17
Abbildung 4-4:	WLAN-Hotspots der Stadt Duisburg (Ausschnitt, Stand Januar 2020)	18
Abbildung 4-5:	Übersicht verschiedener Nutzendimensionen von WLAN-Angeboten im ÖPNV	19
Abbildung 4-6:	LoRaWAN-Netzarchitektur	20
Abbildung 4-7:	LoRaWAN-Netz der Stadtwerke Trier	22
Abbildung 4-8:	Rolle der EVU im 5G-Markt	23
Abbildung 4-9:	Exemplarische Bewertung der Eignung von kommunalen Trägerinfrastrukturen als 5G-Standorte	24

Tabellen

Tabelle 3-1:	Geschäftsmodell für die leitungsgebundene Infrastruktur (Stand 31.12.2019)	7
--------------	--	---

1 Einleitung und Hintergrund

Die weitere Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft ist grundlegende Voraussetzung zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen. Nicht zuletzt die Folgen der Corona-Pandemie im Bereich der Arbeitsorganisation (verstärkte Nutzung von Homeoffice und digitalen Kommunikationsplattformen) oder der Bildung zeigen die essentielle Bedeutung von digitalen und/oder kritischen Infrastrukturen auf. Diese Infrastrukturen werden zukünftig immer stärker die Basis zur Sicherung von Wohlstand und Wachstum sowie, wenn es um digitale Anwendungen auf physischen Infrastrukturen geht, digitaler Selbstbestimmung sein. Aus diesem Grund nimmt der Prozess der Digitalisierung einen breiten Raum in der politischen Diskussion auf Bundes- und Länderebene ein.

Grundlage der Digitalisierung sind dabei zunächst Netzinfrastrukturen. Aus diesem Grund soll in Deutschland der Breitbandausbau in Richtung Gigabit-Infrastrukturen vorangetrieben werden.¹ Ebenso soll die funkbasierte Infrastruktur (des öffentlichen Mobilfunks) so weiterentwickelt werden, dass Deutschland im internationalen Vergleich eine Spitzenposition erreichen kann. Die Bundesregierung hat hierzu kürzlich ihre Mobilfunkstrategie vorgelegt.²

Kommunale Unternehmen sind auf vielfältige Art und Weise im Prozess der Digitalisierung aktiv. Sie errichten und betreiben digitale Infrastrukturen wie Rechenzentren, leitungsgebundene Breitbandnetze (z. B. Fibre to the Home / Fibre to the Building) oder Funknetze (WLAN, LoRaWAN). Kommunale Unternehmen stellen insoweit die digitale Infrastruktur bereit, ohne die eine Digitalisierung von lokalen Märkten oder Verwaltungen gar nicht funktionieren kann. Dies ist umso entscheidender als dass Telekommunikation als ein existenzielles Gut betrachtet und somit der (kommunalen) Daseinsvorsorge zugerechnet werden kann.³

Die vorliegende Studie zeigt zwei Aspekte auf: zum einen wo und wie kommunale Unternehmen im Bereich digitaler Infrastrukturen engagiert sind, zum anderen, welche Potentiale sich kommunaler Unternehmen bei digitalen Infrastrukturen bieten. Sie können nämlich ihre bereits bestehenden positiven Beiträge nochmals deutlich ausweiten und noch stärker als bisher zum Rückgrat der Digitalisierung werden.

Im Fokus der nachfolgenden Analyse steht deshalb zunächst der Aufbau von leitungsgebundenen Breitbandinfrastrukturen. Hier wird analysiert, welche Dinge bereits umgesetzt wurden und wie eine Weiterentwicklung aussehen kann. Dasselbe gilt für den Bereich funkgestützter Aktivitäten. Darüber hinaus betreiben kommunale Unternehmen Rechenzentren.

1 Siehe dazu den Koalitionsvertrag von CDU/CSU und SPD, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/koalitionsvertrag-vom-12-maerz-2018-975210> (zuletzt abgerufen am 2.12.2019).

2 Siehe <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitalisierung/mobilfunkstrategie-1686718> (zuletzt abgerufen am 2.12.2019).

3 Schäfer (2019).

Die Studie skizziert, wie kommunale Unternehmen die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft heute und morgen unterstützen können, insbesondere auch durch die Besetzung neuer Themenfelder. Damit werden abschließend auch die Politikfelder angesprochen, die die Tätigkeiten von kommunalen Unternehmen im Bereich des Auf- und Ausbaus sowie Betriebs moderner (Netz-) Infrastrukturen heute und künftig beeinflussen werden (sektorspezifische Regulierung, Breitbandförderung, Frequenzpolitik, etc.).

2 Digitalisierung und digitale Infrastrukturen

2.1 Auswirkungen der Digitalisierung

Durch die Digitalisierung ergeben sich verschiedene positive Effekte für die Gesellschaft. Zunächst führt Digitalisierung generell zu effizienteren Prozessen im Produktionsablauf. Dies wirkt sich positiv auf die Produktivität und somit auch auf das Wirtschaftswachstum aus. Spiezia (2012) kommt in einer empirischen Untersuchung für den Zeitraum 1995 bis 2007 für 26 Branchen in 18 OECD-Staaten zu dem Ergebnis, dass der geschätzte Beitrag von IKT-Investitionen zum Wertschöpfungswachstum zwischen 1,0 % pro Jahr in Australien und 0,4 % pro Jahr in Japan variiert. In Deutschland betrug der Beitrag lt. seiner Untersuchung 0,6 % pro Jahr. Weitere Studien belegen ebenfalls den positiven Effekt von Breitbandverfügbarkeit und Breitbandnutzung auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Briglauer et al.⁴ zeigen, dass bei einer Steigerung der Versorgung mit schnellem Breitbandinternet um einen Prozentpunkt das regionale BIP zwischen 0,05 % und 0,09 % anwächst. Der Effekt kann doppelt so hoch ausfallen, wenn regionale externe Effekte einbezogen werden. Koutroumpis⁵ analysierte 35 OECD-Länder über einen Zeitraum von 15 Jahren (2002-2016). Danach führte eine vermehrte Breitbandnutzung über den Zeitraum von 15 Jahren zu einem Anstieg des BIP um durchschnittlich 0,3 % pro Jahr in den 35 OECD-Ländern. Ferner besteht demnach ein positiver Effekt zwischen Breitbandgeschwindigkeit und Wirtschaftswachstum. Eine Erhöhung der Breitbandgeschwindigkeit führte zu einer durchschnittlichen Erhöhung des BIP von 0,1 % pro Jahr in UK.

Digitalisierung kann auch einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz bzw. zur Bekämpfung des Klimawandels beitragen. Zunächst trägt die Digitalisierung durch immer mehr Geräte und Anwendungen selbst zu einem erhöhten Energieverbrauch bei. Auf der anderen Seite ergeben sich durch sie mittelfristig aber auch Einsparpotenziale durch einen damit verbundenen schonenderen Ressourceneinsatz.⁶ Nicht zuletzt das verstärkte Arbeiten im Homeoffice hat die Verkehrslast auf den Straßen reduziert. Im Bereich der Landwirtschaft beispielsweise kann durch den Einsatz von Sensoren und IKT der

⁴ Briglauer et al.(2019).

⁵ Koutroumpis (2018).

⁶ vgl. z. B. Hilty/Bieser (2017).

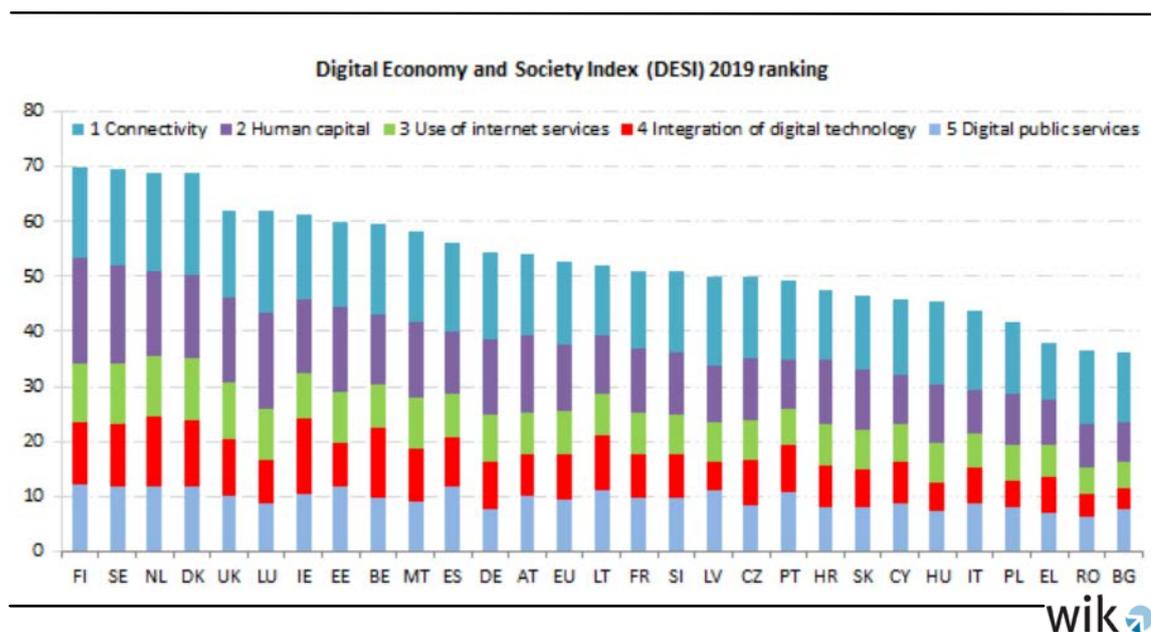
Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln verringert werden.⁷ In der Logistikbranche können durch „die IKT-basierte gemeinsame Nutzung logistischer Anlagegüter zwischen Unternehmen“ Emissionen gesenkt werden.⁸

Ein weiterer positiver Effekt der Digitalisierung ergibt sich durch die Möglichkeit der sozialen Teilhabe. Hier kann eine Breitbandversorgung z. B. in den Bereichen E-Health und E-Learning die Grundlage für entsprechende Angebote bilden.⁹

2.2 Status der Digitalisierung und Gigabit-Anschlüssen

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der Digitalisierung insgesamt auf dem zwölften Rang in Europa. In diesen Digitalisierungsindex der EU gehen neben der Konnektivität (d. h. der Breitbandinfrastruktur) vier weitere Indikatoren ein (vgl. Abbildung 2-1).

Abbildung 2-1: Index digitale Wirtschaft und Gesellschaft 2019



Quelle: EU Kommission (2019).

Basis für die Digitalisierung ist der Aufbau leistungsfähiger Telekommunikationsnetze, sowohl funkbasiert als auch leitungsgebunden. Durch das Vorhandensein und die Nutzung solcher Netze werden die o.g. positiven Effekte der Digitalisierung erst möglich. Dabei ist die Versorgung von Haushalten ebenso wichtig wie die von gewerblichen Anwendern, also Unternehmen und anderen Institutionen.

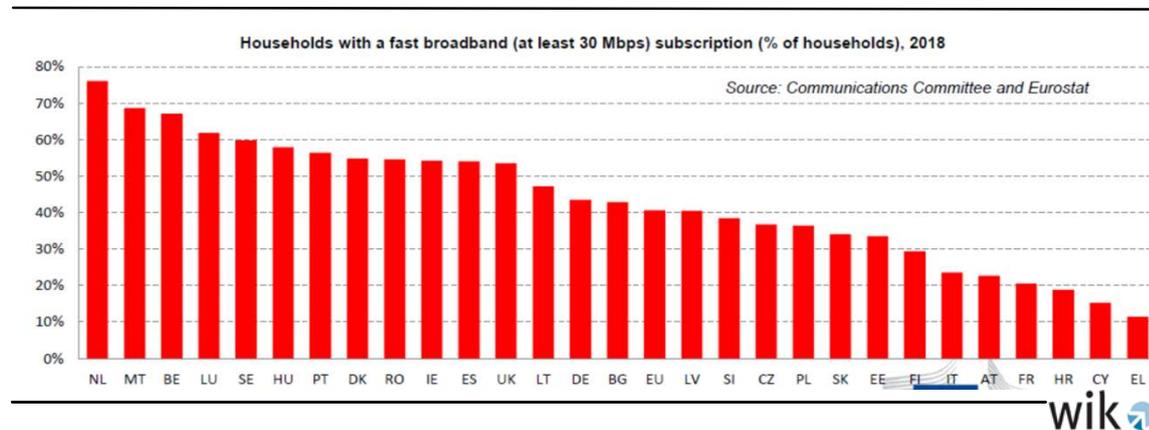
⁷ Franken et al. (2019).

⁸ Hilty/Bieser (2017).

⁹ Wernick et al. (2016).

Im leitungsgebundenen Breitbandausbau liegt Deutschland im Haushaltsbereich im internationalen Vergleich aufgrund seiner hohen Ausbaurrate bei DSL-Anschlüssen auf einem Mittelfeldplatz in Europa (vgl. Abbildung 2-2).

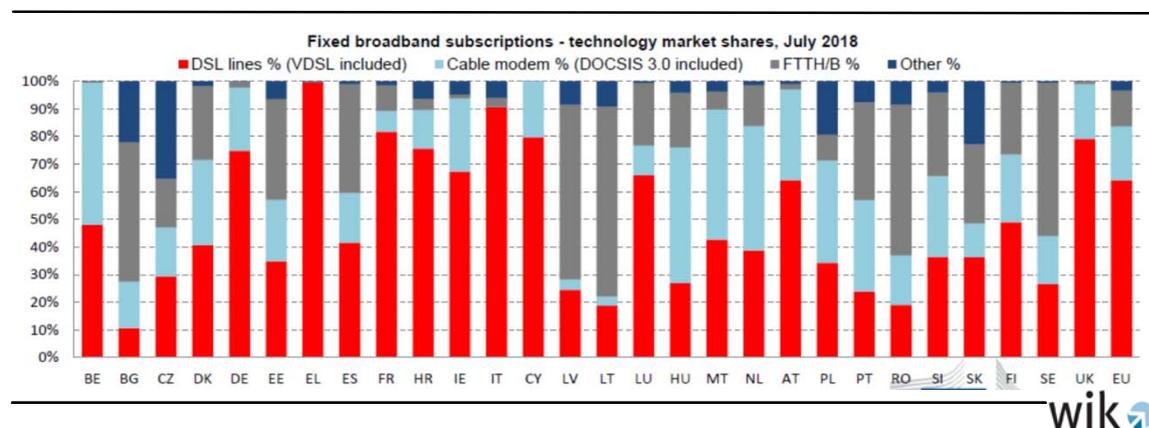
Abbildung 2-2: Haushalte mit schnellem Breitband (mindestens 30 Mbps)



Quelle: EU Kommission (2019).

Wenn jedoch nur die politischen Ziele der EU und der Bundesregierung betrachtet werden, nämlich die Etablierung einer Gigabit-Gesellschaft, sind allein die Technologien zu betrachten, die auch Gigabit-Geschwindigkeiten zulassen. Die Gigabit-Gesellschaft beschreibt dabei eine zukünftige Arbeits- und Lebenswelt, die durch Breitbandkonnektivität immer stärker vernetzt wird und in der viele Prozesse neu gestaltet werden, wodurch sie effizienter und nachhaltiger werden sollen. Die dafür notwendigen Technologien sind glasfaserbasiert, also HFC-Netze mit DOCSIS 3.1. und FTTH/B auf der einen Seite und ein mit Glasfaser angebundenes 5G-Mobilfunknetz auf der anderen Seite. Gerade im Hinblick auf Glasfaser-Technologien bzw. dem Glasfaserausbau fällt Deutschland gegenüber anderen Ländern deutlich zurück (vgl. Abbildung 2-3).

Abbildung 2-3: Leitungsgebundene Breitbandverbindungen nach Technologieanteilen



Quelle: EU Kommission (2019).

Dialog Consult und VATM geben an, dass es Mitte 2020 in Deutschland über 4,7 Mio. verfügbare FTTB/H-Anschlüsse geben wird, von denen etwas mehr als ein Drittel auch von Endkunden genutzt werden.¹⁰

Hinsichtlich der politischen Ziele, in Deutschland Gigabit-Netze bis 2025 flächendeckend verfügbar zu haben, ist festzustellen, dass ca. 50 % der Haushalte Zugang zu Gigabit-Netzen haben, wobei die meisten Haushalte Zugang zu Breitbandkabelnetzen (Hybrid-Fiber-Coax (HFC)-Netze mit DOCSIS-3.1-Technik) besitzen (19,25 Mio. Haushalte).¹¹

Betrachtet man die Verfügbarkeit von Mobilfunk und hier insbesondere LTE, so zeigt sich, dass Deutschland über keinen internationalen Spitzenplatz verfügt. In ihrer Gesamtstrategie Mobilfunk hat die Bundesregierung deshalb Maßnahmen identifiziert, die die Versorgung mit mobilen Breitbanddiensten verbessern soll. Die den erfolgreichen Bietern in der 2019er-Versteigerung auferlegten Versorgungsaufgaben werden den weiteren Ausbau an Mobilfunksendeanlagen weiter stimulieren. Da zudem künftig fast alle Mobilfunksendeanlagen mit Glasfaser angebunden sein werden und die Ausbaustände unter den Mobilfunknetzbetreibern sehr unterschiedlich ausfallen, ist insgesamt mit erheblichen Investitionen auch im Mobilfunk in den nächsten Jahren zu rechnen.

2.3 Relevanz des Status für kommunale Unternehmen

Der Weg zur Gigabit-Gesellschaft entwickelt sich aktuell über den Wettbewerb und die Verfügbarkeit von zwei Technologien bzw. Netzinfrastrukturen: HFC-Netze mit DOCSIS 3.1. und FTTB/H. Offen ist hierbei, wie sich der Wettbewerb dieser beiden Technologien mittel- bis langfristig gestalten wird. Studien zeigen, dass im Jahr 2025 76 % der Haushalte eine Nachfrage nach Übertragungsbandbreiten haben werden, die oberhalb von 500 Mbit/s im Downlink liegen werden.¹² Und es gibt trotz der noch vergleichsweise geringen Take-up-Raten bei FTTB/H immer mehr den Wunsch bestimmter Kundensegmente, durchgängige Glasfaseranschlüsse zu nutzen. Wenn diese Entwicklungen auf der Nachfrageseite eintreffen, könnte die Attraktivität von Breitbandkabelnetzen zurückgehen. Mit anderen Worten: Steigt die Nachfrage nach Gigabit-Anschlüssen, geht mittel- bis langfristig kein Weg an FTTB/H-Netzen vorbei. Und hier ist eine weitere ökonomische Besonderheit zu betrachten: In den meisten Anschlussbereichen wird es nur ein FTTH-Netz geben. Modellanalysen des WIK zeigen, dass es neben einem HFC-Netz in der Regel nur ein weiteres FTTB/H-Netz geben wird. In den Anschlussbereichen, in denen es keine HFC-Netze gibt, wird es demnach nur eine leitungsgebundene Gigabit-Infrastruktur geben. Da VDSL-Vectoring die Nachfrage bereits mittelfristig nicht mehr ausreichend bedienen kann, ist somit eine Migration von FTTC zu FTTB/H notwendig. Daraus resultiert die Frage: Ist das ein „window of opportunity“ für kommunale

¹⁰ Dialog Consult/VATM (2020), S. 6.

¹¹ Dialog Consult/VATM (2020), S. 8.

¹² Strube Martins et al. (2017), S. 21.

Unternehmen? Können kommunale Unternehmen den Wettlauf zur nachhaltigsten Gigabit-Infrastruktur eröffnen?

Zum Mobilfunk: Es zeichnet sich eine Verdichtung der bestehenden Mobilfunknetze ab. Zudem wird ein vierter Mobilfunknetzbetreiber seinen Betrieb aufnehmen und eigene Mobilfunkstandorte erschließen. Da gerade in den Städten die Verfügbarkeit von Standorten knapp ist und der Ausbau der Infrastruktur mit hohen Kosten verbunden ist, müssen ggf. Alternativen gesucht werden. Ganz konkret stellt sich dann die Frage, ob öffentliche WLAN-Netze hier aus Sicht der Mobilfunknetzbetreiber sinnvolle Ergänzungen sein könnten, die den Kostendruck bei den Mobilfunknetzbetreibern senken könnten? Könnten hier kommunale Anbieter zusätzliche Einnahmen generieren?

Ein letzter Punkt ist noch zu beachten: Nicht zuletzt die Corona-Pandemie zeigt, dass je dezentraler digitale Plattformen gehostet werden, desto höher ist die Qualität der angebotenen Dienste. Anwendungen in der Cloud werden immer wichtiger. Damit besteht die Notwendigkeit, dezentrale Rechenzentren mit ausreichender Leistungsfähigkeit zu errichten. Um bei den Rechenzentren eine positive CO₂-Bilanz zu erzielen, sind Rechenzentrumsbetreiber bestrebt, „grünen Strom“ zu nutzen. Ist dies eine Entwicklung, die für kommunale Anbieter interessant sein könnte?

3 Leitungsggebundene digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen

Vor dem Hintergrund der vielfach geforderten „Gigabitgesellschaft“¹³ wird im Folgenden aufgezeigt, bei welchen leitungsggebundene Lösungen kommunale Unternehmen einen Beitrag leisten bzw. in Zukunft leisten können. Zunächst können die kommunalen Unternehmen dabei verschiedene Rollen einnehmen:

Sie können einerseits die passive Infrastruktur von Leer- und Leitungsrohren anbieten oder die Mitnutzung von Infrastruktur (Rohre, Masten, Pfähle etc.) anbieten oder gewährleisten. Sie sind dann nicht selbst Betreiber der aktiven Infrastruktur, sondern überlassen den Betrieb Dritten gegen Entgelt. Im Rahmen des DigiNetzG besteht die Pflicht, auf Antrag des Unternehmens, das eine Mitnutzung beansprucht, Auskunft über die Infrastruktur zu geben und ein entsprechendes Angebot zu unterbreiten (vgl. §§ 77a ff. TKG). Dies bedeutet aber noch keine pauschale Verpflichtung, Anträgen auf Mitverlegung von TK-Unternehmen grundsätzlich zuzustimmen. Eine solche Pflicht besteht nur dann, wenn Bauarbeiten gänzlich oder teilweise aus öffentlichen Mitteln (also Haushaltsmitteln im engeren Sinn) ausgeführt werden. Eine Mitverlegung kann durch die Unternehmen aber insbesondere dann abgelehnt werden, „soweit durch die zu koordinierenden Bauarbeiten ein geplantes öffentlich gefördertes Glasfasernetz, das einen diskriminierungsfreien, offenen Netzzugang zur Verfügung stellt, überbaut würde.“ (§

¹³ Vgl. z. B. <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Digitale-Gesellschaft/Gigabitgesellschaft/gigabitgesellschaft.html>

77i (3)). Öffentliche Fördermittel für den Aufbau des Netzes bedingen also im Falle eines Überbaus grundsätzlich keine Mitverlegungspflicht. Die gilt insbesondere auch dann, wenn kommunale Unternehmen wie privatwirtschaftliche Unternehmen agieren.

Daneben kommt auch die Rolle eines aktiven Netzbetreibers in Frage. In diesem Fall sind die kommunalen Unternehmen oder eine entsprechende Ausgründung nicht nur Eigentümer, sondern auch Betreiber des Telekommunikationsnetzes, das wiederum Diensteanbietern zur Verfügung gestellt werden kann.

Schließlich können kommunale Unternehmen auch als integrierte Eigentümer, Betreiber und Diensteanbieter auftreten. Sie bedienen somit alle Wertschöpfungsstufen.

Die Umfrage des VKU (2020a) ergab dazu auf die Frage, welches Geschäftsmodell das Unternehmen für seine leitungsgebundene Infrastruktur gewählt hat, folgendes Ergebnis (vgl. Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Geschäftsmodell für die leitungsgebundene Infrastruktur (Stand 31.12.2019)

	Anzahl	Prozent
Eigentümer der passiven Infrastruktur	27	30,7%
Eigentümer und Netzbetreiber der passiven Infrastruktur	22	25,0%
Integrierter Netzbetreiber (Eigentümer, Betreiber und Anbieter von Endkundenprodukten)	35	39,8%
anderes Geschäftsmodell	4	4,5%
Gesamt	88	

Quelle: VKU (2020a).

Passive Infrastruktur

Der Schlüssel für einen schnellen Ausbau von gigabitfähigen Netzen und/oder die Ermöglichung von Infrastrukturwettbewerb wird maßgeblich vom Angebot passiver Infrastruktur abhängen.

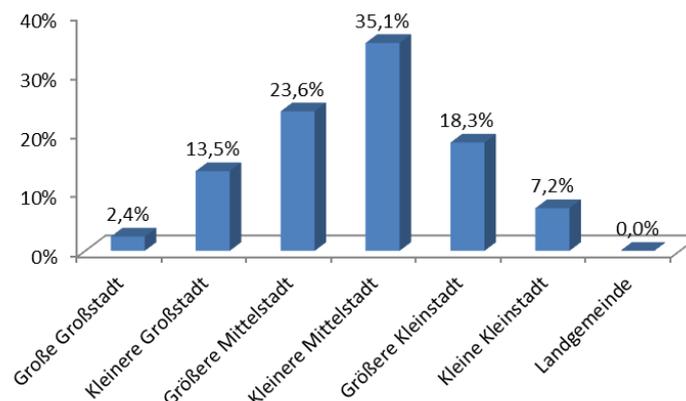
Wie groß das Angebot passiver Infrastrukturen aktuell ist, ist unklar. Ein Hinweis auf den Bestand passiver Infrastruktur gibt die Umfrage des VKU (2020a) (s.o.) sowie die Liste von Datenlieferanten, die gegenüber der Bundesnetzagentur ihr Einverständnis erklärt haben, Informationen über passive Netzinfrastrukturen bereitzustellen. Auf der Liste mit Stand vom 31.10.2019 waren 132 kommunale Unternehmen aufgeführt.¹⁴ Die kommunalen Unternehmen können also durch das Bereitstellen dieser Infrastruktur einen wesentlichen Beitrag zur Digitalisierung leisten.

¹⁴ Bundesnetzagentur (2019).

Aktive Infrastruktur

Die Auswertung einer Datenbank mit 709 kommunalen Unternehmen ¹⁵ hat ergeben, dass ca. 29 % der Unternehmen in irgendeiner Form leitungsgebundenes Breitband anbieten, also mindestens die Rolle des Anbieters passiver Infrastruktur einnehmen. Die VKU-Umfrage (2020a) weist von den antwortenden Unternehmen sogar 41 % in dieser Rolle aus. Die Anteile nach Art der Gemeinde ergeben eine stärkere Fokussierung auf mittel- und kleinstädtische Kommunen (vgl. Abbildung 3-1). Damit zeigt sich ein anderes Bild als es häufig im politischen Diskurs gezeichnet wird, nämlich, dass nur wenige, häufig in Ballungsgebieten ansässige kommunale Unternehmen in den Wettbewerb mit nationalen Anbietern eintreten. Demnach stoßen kommunale Unternehmen häufig in eine Lücke bei der Versorgung durch die nationalen Telekommunikationsanbieter.

Abbildung 3-1: Angebot von Breitbanddiensten der kommunalen Unternehmen nach Gemeindetyp

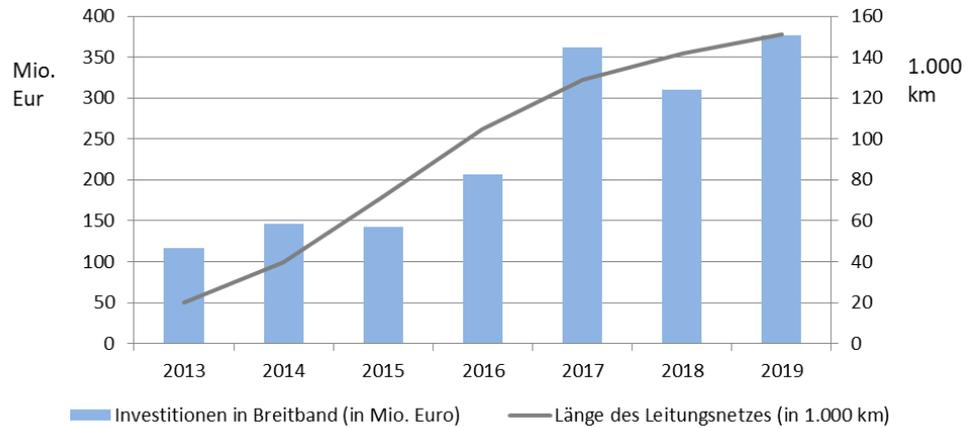


Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von van den Berg (2019).

In den letzten Jahren erfolgte eine Zunahme der Investitionen in den Breitbandausbau und damit einhergehend eine Zunahme der ausgebauten Leitungslänge. Abbildung 3-2 verdeutlicht dies.

¹⁵ Die zugrunde liegende Datenbank wurde im Rahmen einer Masterarbeit erstellt. Vgl. van den Berg (2019).

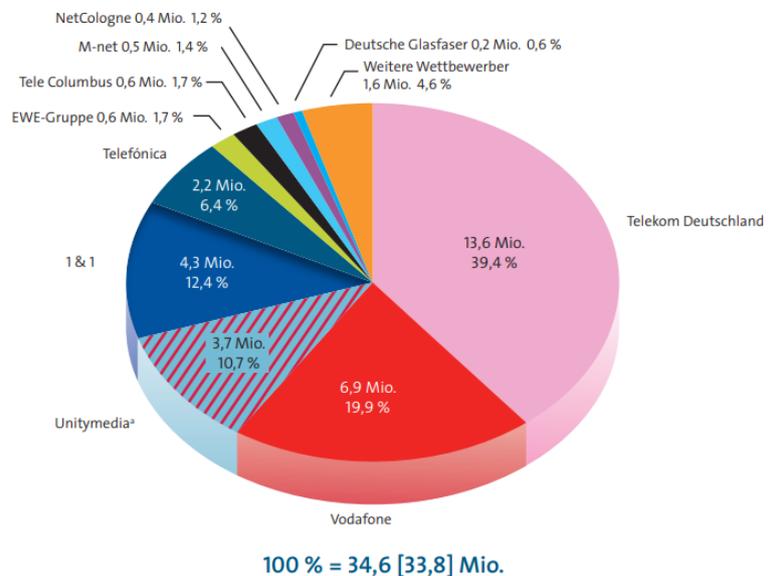
Abbildung 3-2: Entwicklung der Investitionen und Leitungskilometer durch VKU-Mitgliedsunternehmen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von VKU (2013 bis 2019).

Der Anteil kommunaler Unternehmen am gesamten leitungsgebundenen Breitbandmarkt ist dagegen noch relativ gering, wie Abbildung 3-3 zeigt.

Abbildung 3-3: Breitband-Kunden nach Unternehmen



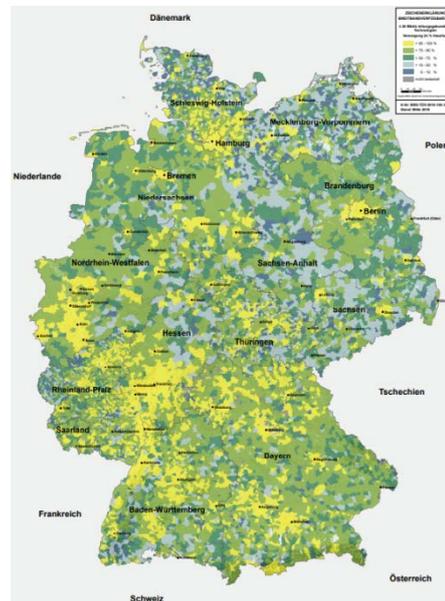
a) Übernahme durch Vodafone am 18.07.2019 durch die Europäische Kommission genehmigt. Wettbewerberklagen gegen diese Entscheidung sind noch gerichtsanhängig.



Quelle: Dialog Consult / VATM (2019).

Weiterhin ist der Ausband mit Breitbandtechnologien in städtischen Gebieten insgesamt weiter fortgeschritten als in ländlichen. Abbildung 3-4 verdeutlicht dies.

Abbildung 3-4: Leitungsgebundene Breitbandversorgung in Deutschland (≥ 30 Mbit/s)




Quelle: Breitbandatlas (2019).

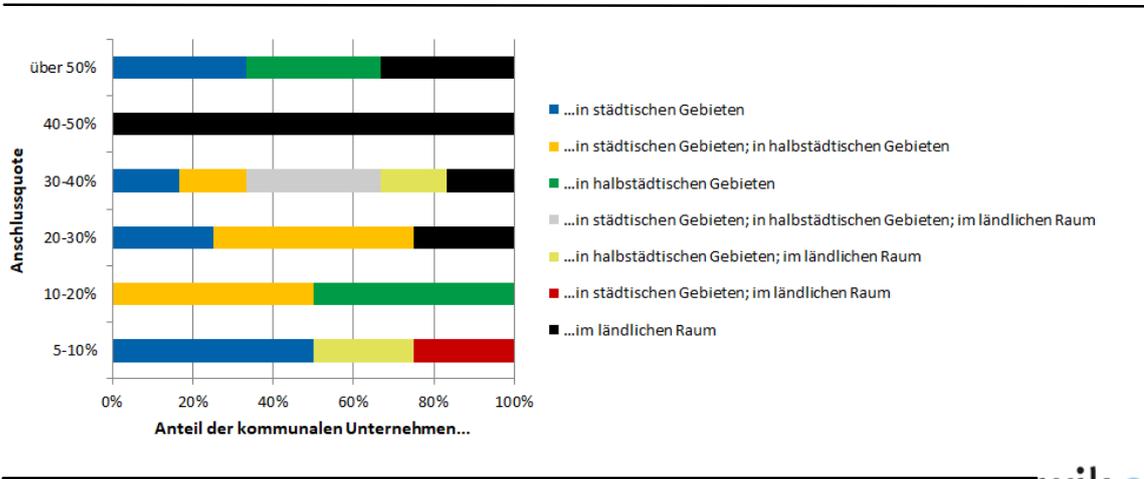
Im Auf- und Ausbau von Breitbandtechnologien in ländlichen Regionen könnte für die kommunalen Unternehmen aufgrund ihrer Struktur ein wesentliches Betätigungsfeld liegen. Dies gilt gerade in grauen Flecken, also Anschlussbereichen, in denen es nur eine kupferbasierte Anschlussinfrastruktur gibt. Hier kann auch durch die oben beschriebene Verlegung passiver Infrastrukturen und das Angebot von Wholesale-Produkten ein zukunftsfähiges Geschäftsfeld erschlossen werden.

Einen Hinweis auf den derzeitigen Ausbaustand und die zukünftige Entwicklung im Bereich der Glasfaseranschlüsse durch kommunale Unternehmen gibt eine aktuelle Umfrage des VKU unter seinen Mitgliedern.¹⁶ Dabei wurde zunächst nach den derzeit realisierten Anschlussquoten für die neu errichteten Glasfasernetze gefragt. Insgesamt ergab sich eine Quote von ca. 38 % in einem Intervall von ca. 29 % bis ca. 48 %.¹⁷ Es zeigen sich allerdings Unterschiede bezüglich, ländlicher, städtischer und gemischter Gebiete, wie Abbildung 3-5 zeigt.

¹⁶ Vgl. dazu auch: VKU (2020b). An der Umfrage nahmen 25 Unternehmen teil.

¹⁷ Da nur bestimmte Spannbreiten abgefragt wurden (z. B. 30 bis 40 %) ist eine genaue Taxierung nicht möglich.

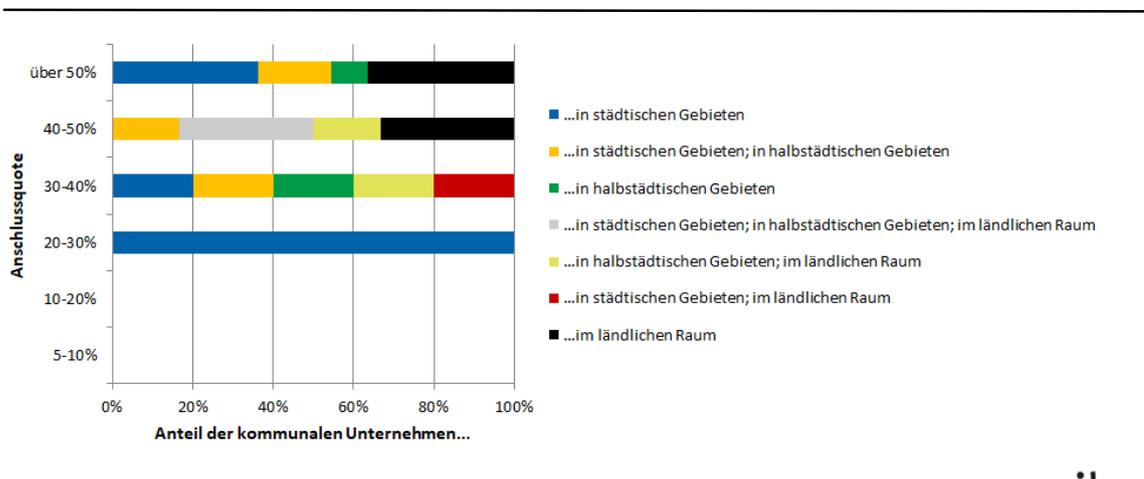
Abbildung 3-5: Aktuelle Glasfaseranschlussquoten kommunaler Unternehmen nach Gebietsstruktur



Datenquelle: VKU (2020b).

Auffällig ist, dass die Anschlussquoten im ländlichen Raum höher sind als in städtischen oder halbstädtischen Gebieten. Eine Erklärung hierfür ist, dass hier die bisherigen Netze weniger leistungsfähig waren und das erfolgreiche regionale Marketing der kommunalen Unternehmen. Zudem bedarf es im ländlichen Raum einer höheren Anschlussquote, um die Wirtschaftlichkeit des Ausbaus zu erreichen. Dies kann von den kommunalen Unternehmen besser realisiert werden, da sie nicht in kurzfristiger Gewinnerzielungsabsicht operieren. Die Frage, welche Anschlussquote für die Erreichung der Wirtschaftlichkeit notwendig wäre, wurde ebenfalls gestellt, die Ergebnisse sind in Abbildung 3-6 dargestellt.

Abbildung 3-6: Glasfaseranschlussquoten kommunaler Unternehmen nach Gebietsstruktur für die Erreichung der Wirtschaftlichkeit



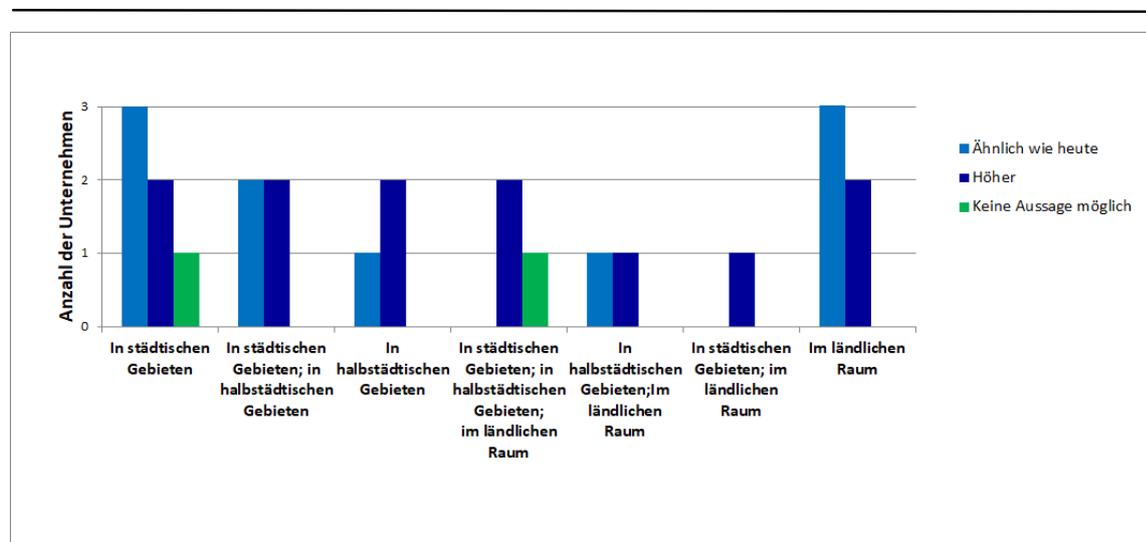
Datenquelle: VKU (2020b).

Insgesamt benötigen die Unternehmen mindestens eine Anschlussquote von 30 %. Die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit städtischer Unternehmen ist mit 20 % geringer als die der Unternehmen in ländlichen Regionen mit 40 %.

Aufschlussreich ist es auch zu betrachten, welcher Anteil kommunaler Unternehmen bereits wirtschaftlich arbeitet und wo noch eine Lücke besteht. Insgesamt haben rund 35 % der antwortenden kommunalen Unternehmen bereits eine wirtschaftliche Anschlussquote erreicht.

Für die Zukunft sehen viele Unternehmen daher noch Potenzial für eine weitere Erhöhung der Anschlussquote wie Abbildung 3-7 zeigt.

Abbildung 3-7: Zukünftige Anschlussquoten von Glasfaseranschlüssen kommunaler Unternehmen



Datenquelle: VKU (2020b).



Der eigenwirtschaftliche Ausbau ist dabei im Zusammenhang mit dem geförderten Ausbau zu sehen. Im besten Falle greifen dabei vorhandene Strukturen und Fördermaßnahmen Hand in Hand. An dieser Stelle sei dies an einem Fallbeispiel erläutert:

Der Zweckverband Ostholstein (ZVO) errichtet im Auftrag von 29 Gemeinden ein Glasfasernetz.¹⁸ Abbildung 3-8 gibt einen Überblick über das Projekt.

¹⁸ Vgl. zu diesem Abschnitt: <https://www.zvo.com/zum-projekt>

Abbildung 3-8: Glasfaserausbau des Zweckverbands Ostholstein



Quelle: Zweckverbands Ostholstein (ZVO)

Die Umsetzung des Ausbaus erfolgt über die TNG Stadtnetze GmbH. Die Förderung durch den Bund beträgt bis zu 15 Mio. Euro. Durch die Mitverlegung von Leerrohren durch den ZVO sowohl bei Unternehmen aus der eigenen Unternehmensgruppe als auch bei Dritten können Kosten eingespart werden. Der Netzaufbau durch den ZVO erfolgt im Bereich sog. „weißer Flecken“, also Gebiete, die vom freien Markt nicht (ausreichend) versorgt werden. Nur hier kann die öffentliche Hand tätig werden. Der ZVO verspricht sich durch das Ausbringen von Glasfaser verschiedene Vorteile für die Region, insbesondere eine erhöhte Standortattraktivität für Unternehmen. Vor allen Dingen in den Bereichen Tourismus und Landwirtschaft werden Potentiale gesehen. Auch in den Feldern E-Learning, E-Health und ÖPNV ergeben sich neue Möglichkeiten.

Die kommunalen Unternehmen sind also auch deswegen zu solchen Angeboten fähig, weil nicht die reine Gewinnmaximierung im Vordergrund steht. Hier werden Investitionen auch dann getätigt, wenn eine Kostendeckung über alle erschlossenen Regionen

erfolgt. Zieht man auch die positiven externen Effekte für die Städte und Gemeinden hinzu (z. B. Ansiedlung bzw. Verbleib von Unternehmen und damit Arbeitsplätzen), erhöht sich die gesellschaftliche Wohlfahrt noch weiter.¹⁹ Dies erklärt auch, warum sich relativ kleine Unternehmen behaupten können und etwaige Größenvorteile nicht zu einer Konsolidierung des Marktes führen. Eine ähnliche Entwicklung ist im Energiebereich zu beobachten.

Schließlich können kommunale Unternehmen auch selbst als Nutzer der Breitbandinfrastruktur auftreten, etwa zum Aufbau von Smart Grids. Auch wenn die benötigten Bandbreiten hier relativ gering sind und durch andere Technologien adäquate Lösungen bereitgestellt werden können, bilden die Dienste beim Aufbau von Glasfaser einen Teil der Nachfrage. Auch beim Aufbau von Funknetzen werden für die Verbindung im Backbone oft Glasfaseranschlüsse benutzt, z. B. bei der Implementierung von Basisstationen für 450-MHz-Funknetze.

Das Vorantreiben von Glasfaserprojekten kann für kommunale Unternehmen die Chance eröffnen, als Plattformbetreiber zu agieren. Glasfaser ist dabei die Basis für andere Technologien (Kabel, 5G-Mobilfunk.) Durch eine solche Stellung können die kommunalen Unternehmen ihre Nähe zum Kunden weiter ausbauen und gleichzeitig als entscheidender Player im Markt ihre gesamtgesellschaftliche Funktion zum Ausbau von Breitbandtechnologie erfüllen.

¹⁹ Vgl. Wernick et al. (2016).

4 Funkgestützte digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen

Beim Ausbau funkgestützter Infrastruktur können verschiedene Technologien bzw. Handlungsfelder unterschieden werden. Dies sind im Wesentlichen der öffentliche Mobilfunk, öffentliche WLAN-Netze sowie LoRaWAN-Angebote.

Öffentlicher Mobilfunk

Eine Untersuchung für das BMVI aufgrund von Crowd-Daten hat ergeben, dass im Jahr 2019 in mehr als 90 % der Fläche des Bundesgebiets LTE empfangen werden kann. Die kombinierte Abdeckung der Haushalte mit LTE über alle Mobilfunknetzbetreiber beträgt 99 %.²⁰ Dies erfolgt durch die drei Netzbetreiber Deutsche Telekom, Vodafone und Telefónica.

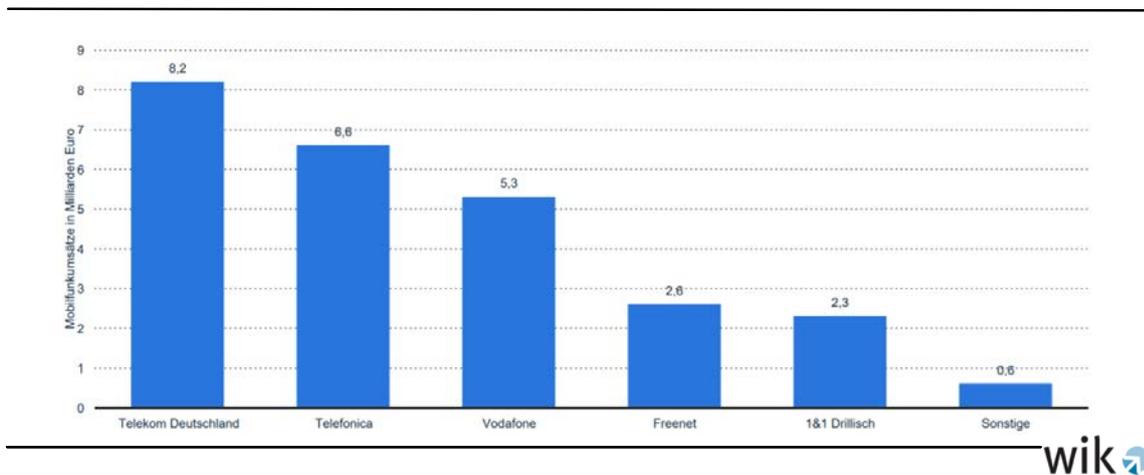
Die kommunalen Unternehmen verfügen nicht über eigene Mobilfunknetze. Gleichwohl bieten einige Unternehmen ihren Kunden Mobilfunkverträge an (z. B. Stadtwerke Schwedt). Sie operieren als Service-Provider ohne eigenes Netz. Einige Unternehmen haben Tochterunternehmen gegründet, die ebenfalls Mobilfunkdienste anbieten (Stadtwerke Köln mit NetCologne oder EWE mit EWE TEL und osnatel).

Von manchen Unternehmen wird die Chance genutzt, Bündelprodukte anzubieten und die Nutzung eines Strom- oder Gaslieferungsvertrages mit günstigeren Mobilfunkgebühren zu verknüpfen. Einige bieten dabei eigene Tarife an, während andere ihre Angebote stark an die Produkte der drei großen Anbieter anlehnen bzw. diese übernehmen.

Der exakte Anteil kommunaler Unternehmen am Mobilfunkmarkt ist nicht bekannt. Er dürfte aber aufgrund der geringen Zahl an Angeboten maximal im niedrigen einstelligen Prozentbereich liegen. Dies spiegelt sich auch in den Umsätzen der Netzbetreiber und Provider wider (vgl. Abbildung 4-1).

²⁰ umlaut/WIK-Consult (2019).

Abbildung 4-1: Schätzung der Mobilfunkumsätze der Netzbetreiber und Service-Provider in Deutschland im Jahr 2019 (in Milliarden Euro)



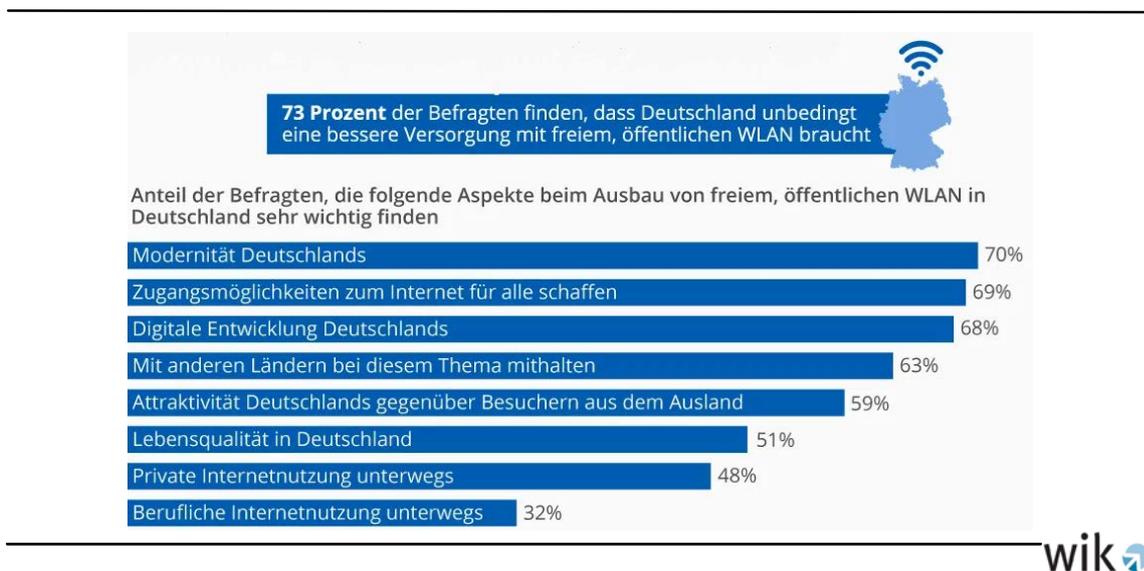
Quelle: Statista (2019).

Das Marktwachstum ist hier in den nächsten Jahren bei zu erwartenden sinkenden Preisen allerdings eher schwierig. Hier kann allerdings im Aufbau von 5G-Netzen ein zukünftiges Betätigungsfeld liegen.

WLAN

Um der steigenden Datennachfrage und den drahtlosen Zugang zum Internet im öffentlichen Raum zu gewährleisten, gibt es bereits heute öffentliche WLAN-Netze bzw. sogenannte Wi-Fi-Hotspots. Diese können sowohl das städtische oder kommunale Leben verbessern als auch der Tourismusförderung dienen. Der Bedarf bei der Bevölkerung ist vorhanden (vgl. Abbildung 4-2).

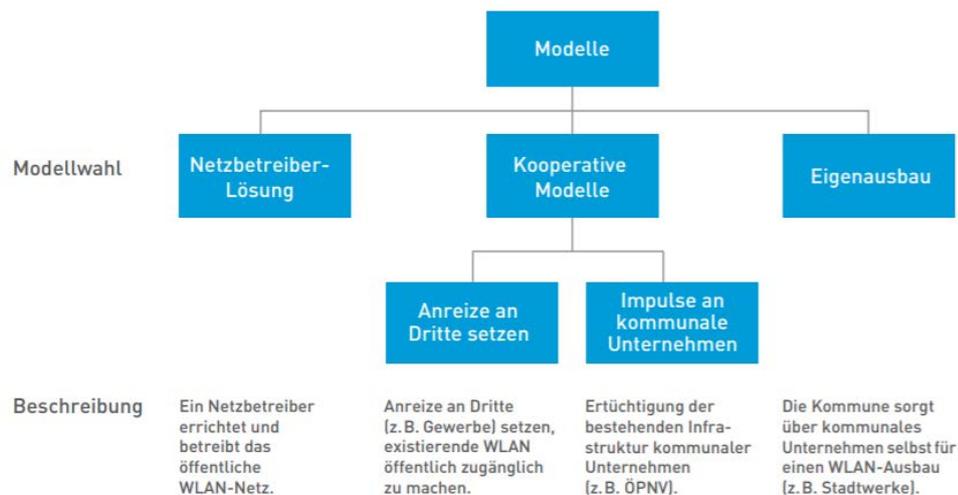
Abbildung 4-2: Prioritäre Aspekte beim Aufbau von öffentlichem WLAN



Quelle: Fischer (2019).

Die Frage impliziert allerdings, dass das WLAN frei, also für den Endnutzer kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Dies ist für die kommunalen Unternehmen bzw. Städte und Gemeinden also zunächst mit Kosten verbunden, die sich aber je nach Umsetzungsmodell unterscheiden. Abbildung 4-3 gibt einen Überblick über die grundsätzlich möglichen Varianten.

Abbildung 4-3: Modelle für die Umsetzung von WLAN-Lösungen



Quelle: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017).

Die Modelle Eigenausbau und Impulse an kommunale Unternehmen erscheinen hier als Alternativen, bei denen diese direkt beteiligt sind. Die Kosten für die einzelnen Modelle unterscheiden sich naturgemäß. Beim Eigenausbau sind Investitions- und Betriebskosten (z. B. Gerätemiete, Stromversorgung der aktiven Netzkomponenten, Wartungskosten, Lizenzkosten für Software (z. B. Firewall, Jugendschutzfilter), Interne Personalkosten für Service zur Störungsbehebung, – Pflege von Inhalten auf einer kommunalen Startseite)²¹ durch die Unternehmen (ggf. in Verbindung mit der Stadt oder Gemeinde) selbst aufzubringen, während bei der Aufsetzung auf bestehender Infrastruktur Kostenvorteile realisiert werden können.

Die Bereitstellung von kostenlosem WLAN bringt für die Unternehmen bzw. Gemeinden aber auch Vorteile:

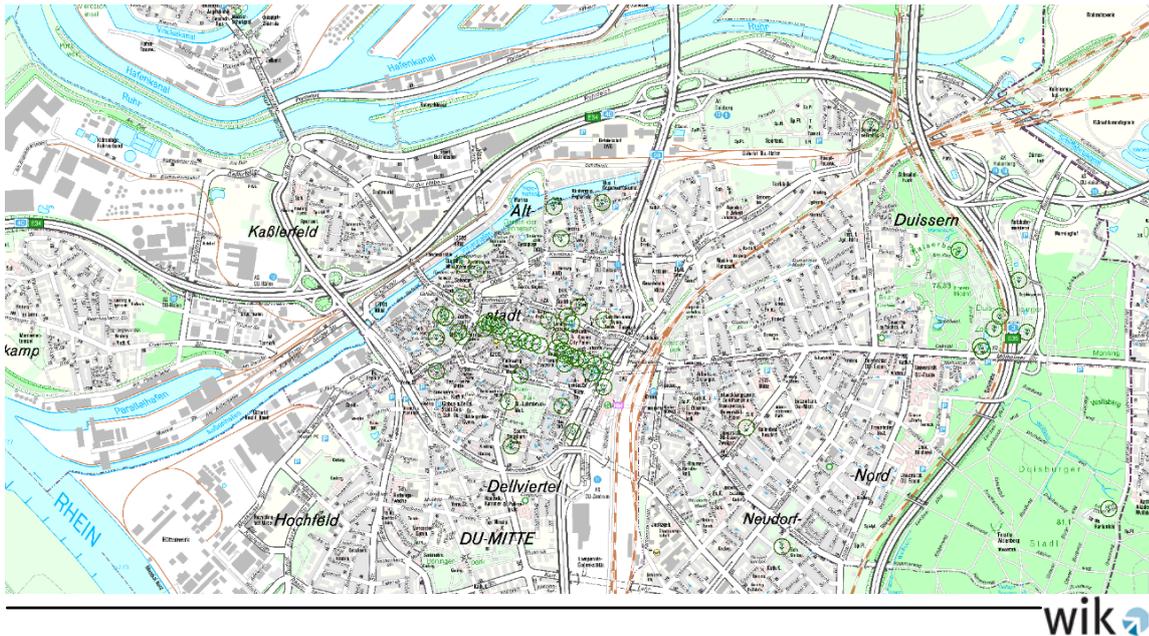
- Der Bekanntheitsgrad des Unternehmens / der Kommune wird erhöht
- Die Nutzerdaten können unter Beachtung rechtlicher Vorschriften für weitere Dienstleistungen bzw. Vorhaben genutzt werden, z. B. in der Verkehrsplanung²²
- Durch Werbung können ggf. zusätzliche Einnahmen generiert werden²³

²¹ Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017).

²² Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017).

Ein Beispiel für den Aufbau eines WLAN-Netzes in Eigenbetrieb können die Stadtwerke Duisburg geben. Hier wurde ein WLAN-Netz mit derzeit 180 Hot-Spots aufgebaut, das für alle Nutzer kostenlos ist. Eine Registrierung ist nicht erforderlich. Die Anwendung ist unbegrenzt, die Kapazitätsbeschränkung beträgt 200 Megabyte pro Tag.²⁴ Abbildung 4-4 zeigt, wo sich die Hotspots in der Duisburger Innenstadt befinden.

Abbildung 4-4: WLAN-Hotspots der Stadt Duisburg (Ausschnitt, Stand Januar 2020)



Quelle: http://geoportal.duisburg.de/mapapps/resources/apps/WLAN_Hotspots/index.html?lang=de

Es zeigt sich, dass die Hot-Spots hier zunächst in erster Linie in zentraler Lage in der Innenstadt aufgebaut wurden. Hier dürfte das Kosten-Nutzen-Verhältnis entsprechend hoch sein, da dieses Gebiet hochfrequentiert ist und sich somit viele Nutzer darin aufhalten. Solche Gebiete sollten bei der Planung durch die Gemeinden bzw. kommunalen Unternehmen zunächst identifiziert werden.²⁵

Die WLAN-Netze können auch durch das kommunale Unternehmen genutzt werden, um eigene oder externe Zusatzdienste zur Verfügung zu stellen.²⁶ Hier wird von vielen kommunalen Unternehmen der ÖPNV bereits mit kostenlosem WLAN ausgestattet. Beispiele sind die Stadtwerke Bonn oder die Stadtwerke Remscheid. Der Nutzen für die Unternehmen ist vielfältig, wie Abbildung 4-5 zeigt.

²³ Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017).

²⁴ Stadtwerke Duisburg (2020).

²⁵ Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2018).

²⁶ Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017).

Abbildung 4-5: Übersicht verschiedener Nutzendimensionen von WLAN-Angeboten im ÖPNV



Quelle: Petersen et al. (2018).

Die Unternehmen wilhelm.tel und willy.tel bieten in Norderstedt und Hamburg ein kostenloses WLAN-Netz auf Glasfaserbasis an. Je nach Endgerät sind hier Geschwindigkeiten von bis zu 1 Gbit/s möglich. Das Netz steht auch in rund 1.000 Bussen der Hamburger Hochbahn zur Verfügung. Eine Datenbeschränkung gibt es nicht.²⁷ Über das öffentliche WLAN-Netz wird ein signifikanter Anteil des über Smartphones erzeugten Datenverkehrs übertragen.

LoRaWAN²⁸

In weiteres Betätigungsfeld der kommunalen Unternehmen liegt im Aufbau von LoRaWAN-Netzen. Die Technologie hat zwei wesentliche Vorteile. Sie ist zum einen sehr energieeffizient und benötigt nur ca. ein Drittel des Stroms eines WLAN-Netzes.²⁹ Zum anderen besitzt sie eine recht große Reichweite von bis zu 20 Kilometern, abhängig von der Topographie, Bebauung und Masthöhe.³⁰ Die Ausbreitungseigenschaften sind vorteilhaft (Schächte, Mauern etc. sind keine Hindernisse). Der kommerzielle Vorteil von LoRaWAN besteht darin, dass es im Vergleich zu (den Konkurrenztechnologien) Narrowband-IoT lizenzfreies Spektrum benutzt und im Vergleich zu Sigfox nicht mit Gebühren verbunden ist, da es kein proprietäres Protokoll verwendet.³¹

²⁷ Vgl. https://mobyklick.de/ueber_uns/

²⁸ Die Abkürzung LoRaWAN steht für „Long Range Wide Area Network“.

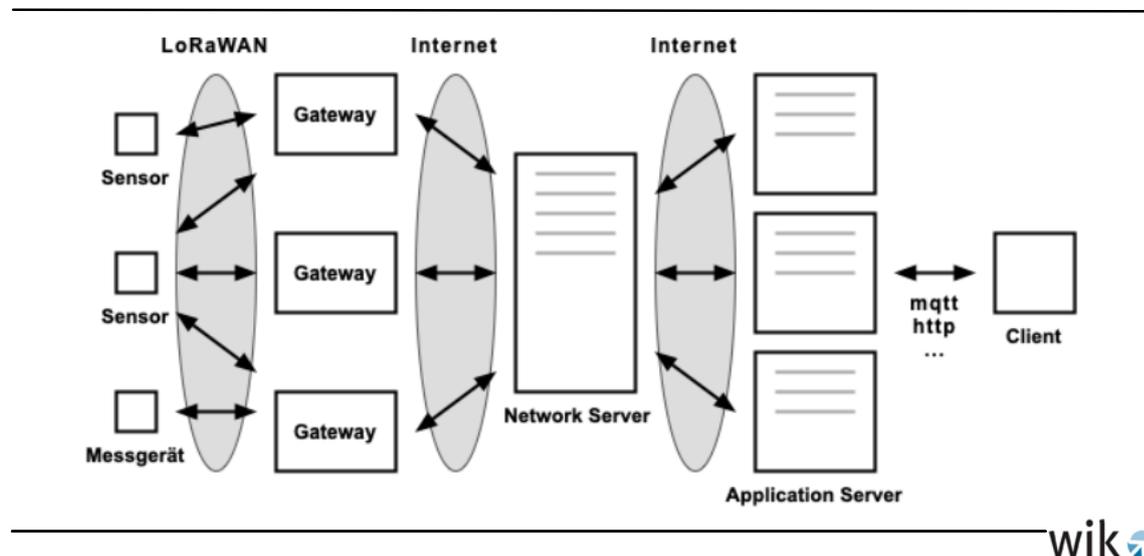
²⁹ Halshofer (2019).

³⁰ Vgl. dazu: <https://smartmakers.io/de/lorawan-reichweite-teil-2-reichweite-und-abdeckung-von-lorawan-in-der-praxis/>

³¹ Schloten (2019).

Abbildung 4-6 zeigt die typische Architektur eines LoRaWAN-Netzwerks.

Abbildung 4-6: LoRaWAN-Netzarchitektur



Quelle: Schnabel (2020).

Eine Vielzahl von kommunalen Unternehmen hat bereits LoRaWAN-Projekte initiiert. Das Netz kann dabei für verschiedene Zwecke eingesetzt werden, u.a.:

- Smart-Home-Lösungen
- Rauch- und Bewegungsmelder, Wassersensoren
- Ablesen von Zählerständen von Strom,- Gas- Wasser,- und Wärmezählern
- Überwachung der Kanalisation
- Abfallwirtschaft: Füllstandanzeige, digitalisierte Routenplanung
- Parkplatzsensoren
- Feuchtigkeitsmessung

Die auf LoRaWAN basierenden Dienste können also Angebote an den Kunden beinhalten, für eigene Zwecke genutzt werden als auch als Angebot für lokale Unternehmen dienen.

Aufgrund der genannten Eigenschaften und der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten wird LoRaWAN oft als geeignete Technologie zum Aufbau eines Internets der Dinge (IoT) angesehen.³² In diese Richtung gehen auch einige Projekte der kommunalen Unternehmen, z. B. in Karlsruhe. Die Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten hat die dortigen

³² Khutsoane et al. (2017).

Stadtwerke bewegen, ein flächendeckendes LoRaWAN-Netzwerk im gesamten Stadtgebiet aufzubauen.³³

Ähnliches gilt für die Stadtwerke in Kiel. Sie erhoffen sich durch den Aufbau eines LoRaWAN-Netzes zusätzliche Informationen aus ihren Energieversorgungsnetzen gewinnen, übertragen und auswerten zu können. Die Daten werden verschlüsselt gesendet. Ein weiterer Vorteil wird in den günstigen und einfach zu installierenden Sensoren gesehen.³⁴

Die Stadtwerke Solingen haben ein LoRaWAN-Netz zum Angebot von Smart-Home-Dienstleistungen aufgebaut. Dieses wird nach einer Testphase seit Anfang des Jahres 2020 für Kunden angeboten. Dieser erhält über eine Kunden-App eine Mitteilung, wenn gewisse Parameter (Feuchte, Raumtemperatur, Qualm, Bewegung) in seinem Gebäude von den Normalwerten bzw. vorgegebenen Werten abweichen. Die übertragenen Datenmengen sind dabei recht klein, und reichen von 0,3 kbps bis hin zu 50 kbps.³⁵

Auch die Stadtwerke München bauen ein LoRaWAN-Netzwerk auf.³⁶ Neben der Eigennutzung wird es auch anderen Unternehmen angeboten. Diese können Geräte in das aufgebaute Netzwerk einbinden und Daten sicher übertragen.³⁷

Die Stadtwerke Trier nutzen LoRaWAN zur Anbindung von Wärmezählern.³⁸ Im Ortsbezirk Mariahof werden die Ablesedaten somit über einen Gateway vor Ort direkt in das IP-System der Stadtwerke gesendet. Bidirektionalität ermöglicht perspektivisch auch die Steuerung der Anlagen. Abbildung 4-7 zeigt das Prinzip.

33 Stadtwerke Karlsruhe (o.D.)

34 Stadtwerke Kiel (2018).

35 Müller (2019).

36 Stadtwerke München (2018).

37 Stadtwerke München (2018).

38 Stadtwerke Trier (o.D.)

Abbildung 4-7: LoRaWAN-Netz der Stadtwerke Trier



Quelle: Stadtwerke Trier (o. D.).

Die Stadtwerke verfügen auch über ein kommunales Rechenzentrum (vgl. Abschnitt 5) und verbinden somit zwei Elemente der Digitalisierung miteinander.

Die Beispiele zeigen, dass der Aufbau von LoRaWAN bei vielen kommunalen Unternehmen schon umgesetzt wird. Ein erstes Screening ergibt aber, dass der Einsatz bevorzugt in städtischen Gebieten Einzug hält, während auf dem Land so gut wie keine Aktivitäten zu verzeichnen sind.

450-MHz-Mobilfunknetz

Derzeit wird durch eine Vielzahl von Energie- und Wasserversorgern, darunter auch zahlreiche kommunale Unternehmen, der Aufbau eines eigenen Funknetzes auf Basis der 450-MHz-Frequenz angestrebt.³⁹ Diese erfüllt die Anforderungen an eine TK-Infrastruktur für die Energiewirtschaft und insbesondere die Netze als kritische Infrastruktur in hervorragender Weise.⁴⁰

Der Charakter eines solchen Netzes wäre dediziert, d. h. das Netz würde vorrangig für das Monitoring und Steuern energiewirtschaftlicher Prozesse eingesetzt. Weitere Anwendungen, z. B. im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs, sind denkbar, hängen aber stark von den jeweiligen Gegebenheiten vor Ort ab und wären im Einzelfall zu prüfen.

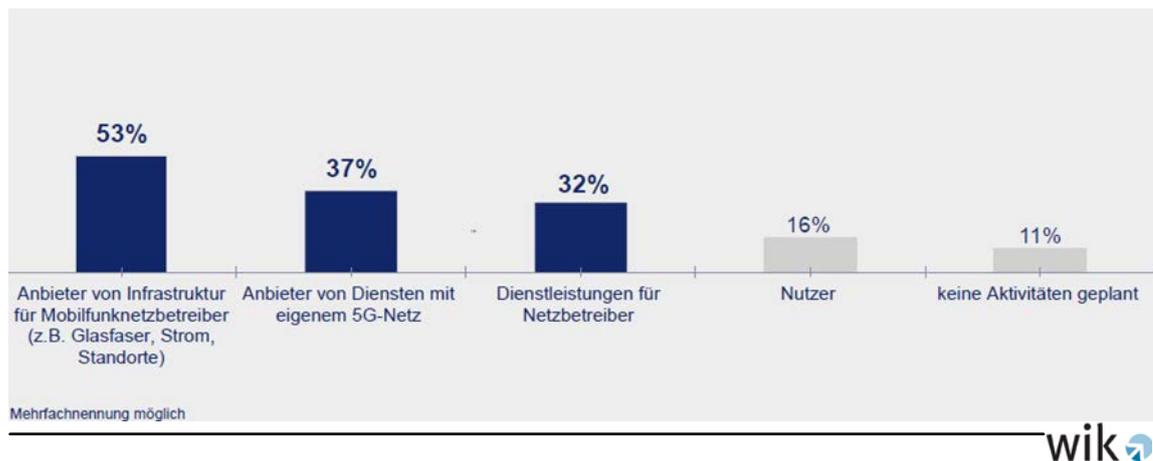
³⁹ Vgl. z. B. Versorger-Allianz 450 (2019).

⁴⁰ Sörries et al. (2019).

5G

Der Aufbau von 5G-Netzen bietet auch für kommunale Unternehmen eine Perspektive. Sie können dabei unterschiedliche Rollen einnehmen. Abbildung 4-8 zeigt die Ergebnisse einer Umfrage zu 5G bei Energieversorgern.

Abbildung 4-8: Rolle der EVU im 5G-Markt



Quelle: Detecon (2019).

Zunächst können die Versorger in diesem Bereich aber ähnlich wie im Festnetzbereich die vorhandene Infrastruktur zur Verfügung stellen. Diese lässt sich für verschiedene Netzwerke unterschiedlich gut einsetzen, wie Abbildung 4-9 zeigt.⁴¹

⁴¹ Es wird dabei zwischen Makro- und Mikro(Kleinzellen)-Standorten unterschieden. „**Makro-Standorte** werden daher zumeist auf Dächern bzw. Türmen bereitgestellt und stellen die gegenwärtig dominierende Mobilfunknetz-Standortform dar. Mit Sendeleistungen im Bereich >100W pro Sektor/Zelle dienen sie der Flächenversorgung. **Kleinzellen-Basisstationen** mit Sendeleistungen unterhalb von 10W pro Sektor/Zelle findet man bislang nur vereinzelt. Sie dienen bislang vor allem der Entlastung bzw. Ergänzung der Makrozellen an Standorten mit lokal besonders hohem Verkehrsaufkommen. Perspektivisch werden sie ein wichtiger Bestandteil des 5GNetzes.“ (BMVI (2019).

Abbildung 4-9: Exemplarische Bewertung der Eignung von kommunalen Trägerinfrastrukturen als 5G-Standorte

	Erweiterung von Makro-Standorten	Aufbau neuer Makro-Standorte	Aufbau neuer Small Cell-Standorte
Antennenmasten	Sehr geeignet	Sehr geeignet	Wenig geeignet
Fahrleitungsmasten		Wenig geeignet	Geeignet
Beleuchtungsmasten		Wenig geeignet	Sehr geeignet
Lichtsignalanlagen („Ampelanlagen“)		Wenig geeignet	Wenig geeignet
Verkehrszeichenträger für (große) Verkehrs- und Hinweisschilder		Wenig geeignet	Geeignet
Fahrgastinformationstafeln & Hinweisschilder („U-Bahn“)		Wenig geeignet	Sehr geeignet
Gebäudedächer, Dachkanten	Sehr geeignet	Sehr geeignet	Geeignet
Gebäudefassaden		Geeignet	Sehr geeignet



Quelle: BMVI (2019).

Die bestehende Glasfaserinfrastruktur der kommunalen Unternehmen bietet ebenfalls großes Potenzial zum Aufbau der 5G-Netze, da das Backbone-Netz in der Regel glasfaserbasiert ist.

Denkbar ist auch der Aufbau eigener 5G-Netze durch die Beantragung entsprechender lokaler Frequenzen bei der Bundesnetzagentur. Die VKU-eigene Umfrage (2020a) indiziert das Interesse der kommunalen Unternehmen an 5G. Zwei kommunale Unternehmen haben bereits 5G-Netze ausgebaut bzw. bauen diese aus, d.h. sie haben einen entsprechenden Antrag bei der BNetzA gestellt. Weitere sieben Unternehmen planen die Beantragung. In Relation zu den bisher bei der BNetzA beantragten 43 Lizenzen für Campusnetze (Stand April 2020) stellt dies also einen wesentlichen Anteil dar.

Hier bietet sich für kommunale Unternehmen die Chance, Ansprechpartner für die kommunale Wirtschaft zu werden. Die beinhaltet die Funktion als Dienstleister in technischen und organisatorischen Fragen für den Aufbau und Betrieb von lokalen 5G-Netzen. Dabei kann teilweise auf die eigene Infrastruktur in Form der Glasfaseranschlüsse für die Anbindung der Funkmasten zurückgegriffen werden.

Derzeit sind die Unternehmen im Bereich der eigenen Nutzung von 5G, etwa auf dem Gebiet der Energiewirtschaft, noch zurückhaltend, was der frühen Phase der Frequenz-

bereitstellung geschuldet sein dürfte.⁴² Es existieren aber schon einzelne Versuchsprojekte mit Projektpartnern aus der TK-Industrie.⁴³ Es ist zu erwarten, dass sich der Anteil der Unternehmen nach entsprechenden Erfahrungen in der Branche und der Zuteilung weiterer Frequenzen weiter erhöht. Dann werden sich auch entsprechende Geschäftsmodelle herausbilden. Eine Anwendung, die bereits heute sichtbar wird, ist die Weiterentwicklung der städtischen Infrastruktur zu „Smart Cities“. Hierfür könnte 5G neben den bereits bestehenden Funktechnologien WLAN und LoRaWAN ebenfalls genutzt werden.

5 Sonstige digitale Infrastrukturen kommunaler Unternehmen

In diesem Abschnitt werden weitere Felder beschrieben, auf denen kommunale Unternehmen Produkte und Serviceleistungen digitalisieren.

Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme

Im Bereich Verkehr existieren unterschiedliche Ansatzpunkte. Ein Förderprogramm des BMVI umfasst 21 Projekte zur Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme mit unterschiedlicher Ausrichtung.⁴⁴

Die Verkehrsbetriebe Leipzig und die Mainzer Verkehrsgesellschaft bauen jeweils Mobilitätsplattformen auf, um durchgängige und integrierte Mobilität anzubieten. Der Kunde erhält über eine App Informationen zur Planung und Durchführung seines Reiseweges, der mit Hilfe verschiedener Verkehrsträger durchgeführt werden kann (Intermodalität). Gleichzeitig dient die App der Ticketbuchung. Als Basis fungiert eine Steuerungssoftware, die alle Angebote auf regionaler und nationaler Ebene miteinander vernetzt. Somit steht nicht ein bestimmtes Produkt im Mittelpunkt (z. B. Bahnfahrt) sondern die Dienstleistung „Mobilität“.⁴⁵

Digitalisierung in der Abfallwirtschaft

Anstelle turnusmäßiger Fahrten zur Entleerung von Abfallbehältern haben die Stadtwerke Karlsruhe eine bedarfsorientierte Routenplanung eingeführt. Mit der Anbringung von Sensoren kann der Füllstand übermittelt werden (per LoRaWAN). Auf Basis dieser Daten erfolgt eine effiziente An- und Abfahrt. Die Anfahrt leerer Behälter entfällt und

⁴² Franken et al. (2019).

⁴³ Vgl. zum Beispiel die Kooperation Drewag/Telekom im Bereich intelligentes Energiemanagement. https://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/2019/04/pm_017.php

⁴⁴ https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Sofortprogramm-Saubere-Luft/DKV-Projektsteckbriefe/dkv-projekte.html?gtp=452882_liste%253D2

⁴⁵ https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/dkv-projektsteckbriefe/mainz-automation.pdf?__blob=publicationFile bzw. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/dkv-projektsteckbriefe/leipzig-on-demand-shuttle.pdf?__blob=publicationFile

volle Behälter werden angezeigt und dem Fahrer zur Optimierung seiner Fahrroute angezeigt. Dies trägt entsprechend zur Verringerung der von Emissionen bei.⁴⁶

*Digitalisierungslösungen im Energiemarkt*⁴⁷

Neben der Digitalisierung des Netzbereichs (Stichwort Smart Grids) findet Digitalisierung auch in anderen Bereichen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette statt. Die Energieversorger wandeln sich dabei vom reinen Strom- und Gasverkäufer zum Multi-Servicedienstleister.

Dies beinhaltet zum einen individualisierte Angebote, die auf das Abnahmeverhalten des Kunden zugeschnitten sind. Dies können z.B. individuelle zeit-/lastabhängige Tarife sein oder bedarfsgerechte Energieberatungen. Diese können auf Basis der von Smart Metern bereitgestellten Daten optimiert entwickelt werden. Auch können kommunale Anbieter als Plattformbetreiber, z. B. bei Blockchain-Ansätzen, agieren. Die Wuppertaler Stadtwerke treten als Bereitsteller einer Plattform für lokalen Grünstrom auf. Mittlerweile wurde das Modell von weiteren Anbietern übernommen.⁴⁸

Einsatz von Betriebs- und Bündelfunksystemen

Hier wird es absehbar zu einer Migration zu alternativen Technologien kommen. Es ist auch zu erwarten, dass die BNetzA entsprechende Frequenzbereiche bei 400 MHz hinsichtlich der Frequenznutzung umwidmet.

Rechenzentren

Eine weitere Dienstleistung, die kommunale Unternehmen anbieten, sind Rechenzentren. Mit Stand des Jahre 2020 betrieben 26,2 Prozent der antwortenden Mitgliedsunternehmen ein Rechenzentrum, weitere 9 Prozent gaben an, an einem Rechenzentrum beteiligt zu sein. (VKU 2020a) Das Angebot richtet sich an Unternehmen, die eine Alternative zum Aufbau eines eigenen Rechenzentrums suchen. Dies resultiert aus verschiedenen Gründen:⁴⁹

- Die betriebseigenen Räumlichkeiten reichen nicht mehr aus, um zusätzliche IT-Kapazität zu beherbergen.
- Die Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit haben sich erhöht; es ergeben sich entsprechende Haftungsregeln, die für KMU selbständig teilweise nur schwer umsetzbar sind.

⁴⁶ <https://zenner-iot.com/news/smart-waste-stadtwerke-karlsruhe-und-zenner-iot-fuellstandsueberwachung/>

⁴⁷ <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/detail/digitalisierung-stadtwerke-muessen-kreativer-werden-130609>

⁴⁸ <https://www.wsw-online.de/unternehmen/presse-medien/presseinformationen/pressemeldung/meldung/stadtwerkequartett-entwickelt-geschaeftsmodelle-auf-blockchainbasis/>

⁴⁹ Vgl. Welling/Rohlmann (2018).

- Es fallen höhere Datenmengen an, die entsprechend schnell transportiert und ausgewertet werden müssen.

Aus dem letzten Grund werden Rechenzentren auf oftmals in Verbindung mit dem generellen Aufbau von Glasfaserinfrastruktur angeboten. Die Unternehmen können dann eine integrierte Glasfaserinfrastruktur nutzen.

Kommunale Unternehmen haben dabei den Wettbewerbsvorteil, dass die Rechenzentren „vor Ort“ sind und für den Kunden sozusagen greifbar. Auch besteht oftmals schon eine Kundenbeziehung und die Ausfallsicherheit ist aus Kundensicht entsprechend hoch.⁵⁰ Eine Zusammenarbeit zwischen verschiedenen kommunalen Unternehmen und externen Experten zum Aufbau dieser Infrastruktur verspricht hier Potenzial für die Zukunft.

Im Zuge des weiteren Glasfaserausbaus, auch durch die Implementierung von 5G-Netzen, besteht hier ein relativ neues Geschäftsfeld für die kommunalen Unternehmen. Ein mögliches Potenzial bieten hier auch neue Angebote im Bereich 5G. So ist vorstellbar, die Rechenzentren mit dem Edge-Cloud-Design von 5G-Netzen zu verknüpfen.

Bündelprodukte als Wettbewerbsvorteil (Konvergenz von Energie und TK)

Kommunale Unternehmen besitzen den Vorteil durch den Verkauf von Strom, Gas und Wasser bereits in Beziehung zu potenziellen Kunden im TK-Markt zu stehen. Soll die Digitalisierung weiter vorangetrieben werden, gilt es diese Beziehung zu nutzen bzw. weiter auszubauen.

Dies kann durch Produkte erfolgen, die an der Schnittstelle zwischen Energie und Telekommunikation stehen (z. B. Smart Home), aber auch durch entsprechendes Cross-Selling, also etwa das Angebot eines verbilligten TK-Anschlusses für Strom- und Gas-kunden. Für den Kunden ergibt sich daraus nicht nur ein günstigeres Angebot, sondern auch der Vorteil, nur noch einen Ansprechpartner für sämtliche Dienstleistungen zu haben (One-Stop-Shop). Hier gilt es, Angebote noch weiter zu individualisieren und somit zu differenzieren, um gegen Wettbewerber zu bestehen.

⁵⁰ Welling/Rohlmann (2018).

6 Heutige und künftig relevante „Politikfelder“

Die Digitalisierung verschiedener Lebensbereiche sollte durch entsprechende Rahmenbedingungen befördert werden. Dafür gilt es, auf verschiedenen Politikfeldern die richtigen Akzente zu setzen.

Sektorspezifische Regulierung

Die direkte Regulierung von kommunalen Unternehmen findet insbesondere im Bereich der Energie- und Telekommunikationsnetze statt. Im Energiesektor sollte darauf geachtet werden, dass Investitionen in Smart Grid-Technologien und „konventionelle“ Investitionen gleich behandelt werden. Hier kann es z.B. beim Effizienzvergleich zu einer Situation kommen, in denen smarte Lösungen die Jahreshöchstlast reduzieren. Da die Jahreshöchstlast aber in den vergangenen Effizienzvergleichen als wesentlicher Outputparameter identifiziert wurde, kann die Situation entstehen, dass eine gesunkene Jahreshöchstlast bei gleichbleibenden oder gar steigenden Kosten den Effizienzwert des Unternehmens verschlechtert.⁵¹

Im Bereich der Telekommunikation stellt sich die Frage, ob kommunale Unternehmen Gegenstand von symmetrischer Regulierung sind. Diese wird der europäischen Richtlinie über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (EKEK) aufgeführt. Gemäß Artikel 61 Abs. 3 Unterabsatz 1 können Regulierungsbehörden „...auf angemessenen Antrag einen Zugang zu Verkabelung und zugehörigen Einrichtungen in Gebäuden oder bis zum ersten Konzentrations- oder Verteilerpunkt außerhalb von Gebäuden auferlegen, sofern eine Replizierung der Netzbestandteile wirtschaftlich ineffizient oder praktisch unmöglich wäre, [...]“. Die Richtlinie wird derzeit in nationales Recht umgesetzt. Hier gilt es, die richtige Balance zwischen Wettbewerb einerseits und Investitionsanreizen andererseits zu wahren.

Ein open-access-Zugang für Dritte kann dabei den Wettbewerb fördern und somit den Kunden eine Auswahlmöglichkeit bieten. Ähnlich wie im Strom- und Gassektor kann der Endkunde somit zwischen verschiedenen Preisen und Tarifen wählen. In Schweden wird ein solches Modell bereits umgesetzt. Kommunale Unternehmen treten hier als reine Wholesale-Only-Dienstleister auf, die das Glasfasernetz aufbauen und betreiben und an verschiedene Wettbewerber vermieten. Dies verhindert auch den volkswirtschaftlich nicht sinnvollen Überbau und führt zu höherer Effizienz und schonendem Ressourcenverbrauch. Die Mehrheit der Unternehmen der VKU-Umfrage (2020a) praktiziert bereits Open Access. Solang dieser diskriminierungsfrei stattfindet ist auch ein Angebot an Endkundenprodukten kurz- mittelfristig eine mögliche Strategie.

Ebenfalls ist zu verfolgen, ob es in Deutschland zu einer Abgrenzung von Leerrohrmärkten kommen wird. Einzelne Mitgliedstaaten in der EU denken darüber aktuell nach.

⁵¹ Vgl. Stronzik/Wissner (2019).

Breitbandförderung

Eine Vielzahl der kommunalen Unternehmen investieren, wie oben gezeigt, bereits in den Breitbandausbau. Dies geschieht zumeist aus eigenwirtschaftlichen Mitteln. Die Unternehmen agieren somit wie privatwirtschaftliche Unternehmen.

Dort, wo Fördermittel in Anspruch genommen werden, geschieht dies, wie auch am Beispiel in Abschnitt 3 aufgezeigt, zur Versorgung von „weißen Flecken“ in meist ländlichen Gebieten, wo weniger Kunden und längere Strecken zu bedienen sind. Die Abrufung von Fördermitteln dient hier also der Daseinsvorsorge und der Versorgung von Gebieten, die rein privatwirtschaftlich nicht erschlossen würden. Kommunale Unternehmen leisten durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln und dem damit verbundenen Breitbandausbau daher einen wichtigen volkswirtschaftlichen Beitrag.

Frequenzpolitik

Aktuell ist hier die Diskussion über die künftige Nutzung von 450-MHz-Frequenzen zu nennen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie künftig die Nutzung der Frequenzen aussehen wird, die heute für Betriebs- und Bündelfunknetze genutzt werden. Hier wird es mittelfristig zu Veränderungen kommen.

Zum anderen bieten sich hier, wie bereits oben ausgeführt, Chancen im Bereich der 5G-Technologie. Durch die Beantragung lokaler Frequenzen eröffnet sich für kommunale Unternehmen die Möglichkeit, auch im Mobilfunk Breitbandlösungen zu nutzen bzw. als Dienstleister für den Aufbau und Betrieb der Netze den Unternehmen vor Ort Serviceleistungen anzubieten. Die Frequenzvergabe sollte auch in diesem Bereich die entsprechende Daseinsvorsorge durch kommunale Unternehmen beachten.

Rechenzentren und Energieverbrauch bzw. Kosten für Energie

Durch den Aufbau lokaler Rechenzentren besteht die Möglichkeit, den wachsenden Energieverbrauch für den TK-Sektor direkt zu beeinflussen. Durch das Zusammenspiel der Sparten Energie und TK können grüne, d.h. mit Strom aus erneuerbaren Energien betriebene und gleichzeitig energieeffiziente Rechenzentren entstehen. Gleichzeitig kann die Abwärme zur Wärmeversorgung genutzt werden, was die Nachhaltigkeit weiter erhöht. Lokale Wertschöpfung bleibt auf diesem Weg erhalten und sichert Arbeitsplätze. Durch die lokale Datenverarbeitung kann der Datenschutz erhöht werden. Auch „edge-cloud computing“ wird durch lokale Rechenzentren bereits angeboten, wie die VKU-eigene Umfrage (2020a) zeigt. Der lokale bzw. regionale Charakter kann hier Vorbild für eine entsprechende bundesweite Politik der Dezentralität sein.

Lokale Infrastrukturen und Daseinsvorsorge (gesellschaftliche Bedeutung der entsprechenden Infrastrukturen)

Im Rahmen der Daseinsvorsorge, also „der Sicherung des allgemeinen und diskriminierungsfreien Zugangs zu existenziellen Gütern und Leistungen der Bürger einschließlich

deren Bereitstellung“⁵² spielt auch die Telekommunikation eine wesentliche Rolle. Vielfach haben kommunale Unternehmen dort die Rolle des Investors übernommen, wo rein gewinnorientierte Unternehmen nicht oder nur zu hohen Preisen anbieten. Sie erfüllen somit gesamtgesellschaftlich eine wichtige Funktion, da sie in diesem Bereich für gleiche Lebensverhältnisse zwischen städtischen und ländlichen Gebieten sorgen. Dies sollte durch die Politik entsprechend berücksichtigt werden.

⁵² Schäfer (2019).

7 Fazit und Handlungsempfehlungen

Aus Sicht kommunaler Unternehmen können aus folgenden wirtschaftlichen Überlegungen neue Optionen entstehen:

Begreift man den festnetzbasieren Gigabit-Ausbau als den Wettbewerb von zwei Technologien bzw. Netztypen (FTTB/H und HFC-Netze), bei dem reine Glasfasernetze langfristig leistungsfähiger als die anderen Technologien sind, dann eröffnet sich ein Fenster für das Geschäftsmodell eines reinen Vorleistungsanbieters.

Wenn es zudem in vielen Anschlussbereichen in Deutschland aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel nur eine FTTB/H-Infrastruktur geben wird, dann könnte das erste ausbauende Unternehmen mittel- bis langfristig die Nachfrage auf sein Netz konzentrieren. Daraus resultieren zwei Folgerungen: (1) Es geht aus politischer Sicht jetzt darum, den (Investitions-) Wettbewerb von FTTC auf FTTH anzureizen und aus Sicht der Unternehmen, diesen Wettbewerb als strategische Option anzusehen. (2) Die Vereinigung der Nachfrage auf ein FTTH-Netz ist dann erfolgversprechender, wenn der Anbieter dieser Infrastruktur als „Wholesale-only-Anbieter“ auftritt und somit nicht mit den nationalen Anbietern im Wettbewerb um Endkunden steht. Die jüngsten Kooperationen im Markt zeigen, dass es in diese Richtung Bewegung gibt. Es wird immer offensichtlicher, dass ein flächendeckender Ausbau von Gigabit-Anschlüssen ohne Kooperationen und neue Geschäftsmodelle nicht funktionieren wird. Kurz- bis mittelfristig macht das Angebot von Endkundenprodukten dann Sinn, wenn eine Gewährung von open access diskriminierungsfrei angeboten wird. Langfristig sollten sich die kommunalen Unternehmen aber darauf einstellen und vorbereiten, dass es – auch politisch getrieben – zur reinen Wholesale-Lösung kommen könnte.

Im Mobilfunkbereich kann die bereits bestehende Infrastruktur genutzt werden, um Standorte für 5G bereitzustellen. Das Zusammenwachsen verschiedener Infrastrukturen macht kommunale Unternehmen so immer mehr zum „Single-Point-of-Contact“ im Sinne von Infrastrukturanbietern.

Hinsichtlich der generellen Digitalisierung könnten die Unternehmen selbst noch stärker eine Rolle als Vorreiter einnehmen. Oft ergeben sich daraus nicht nur Vorteile für die Gesellschaft, sondern auch für interne Prozesse. Die Digitalisierung im Bereich der intelligenten Messsysteme bietet beispielsweise die Chance, die Daten zu nutzen, um entsprechende, individuelle Kundenangebote zu generieren aber auch die Kundenverwaltung effizienter zu machen. Hier ist zu beachten, dass solche Optionen häufig eine gewisse Unternehmensgröße oder Marktgröße erfordern. Kooperationen können hier das Mittel der Wahl sein.

Das betrifft auch das Angebot von Bündelprodukten. Dabei sollte das Angebot nicht als reines Produkt verstanden werden, sondern als Teil einer Plattformlösung, auf der der Kunde verschiedene Lösungen wählen kann (E-Auto, Smart Home, TK-Anschluss,

blockchainbasierte Energiequellenwahl, Energieeffizienz- und Energiemanagementberatung etc.). Durch ein so integriertes Konzept werden kommunale Anbieter gewissermaßen zur Drehscheibe nicht nur ihres eigenen Angebots, sondern auch anderer Anbieter. Sie werden als kompetenter Partner für die Bereiche Energie, Wasser, Abwasser und Digitales wahrgenommen. Der lokale Vor-Ort-Charakter, der von vielen Kunden als positiv angesehen wird, wird so verbunden mit einem noch stärkeren Vertrauen in die Kompetenz der Unternehmen. Zugleich bietet ein solches Modell die Möglichkeit, näher am Kunden zu sein und potenzielle neue Bedürfnisse als Erster zu erfahren.

Gleichzeitig bieten Plattformlösungen eine Möglichkeit, die immer stärkere Vernetzung der verschiedenen Akteure mitzubestimmen und zu überblicken. Von großer Vorteilhaftigkeit ist hier sicherlich das Vorhandensein eigener lokaler Rechenzentren, die die technische Umsetzung gewährleisten können. Auch hier spielt das Vertrauen der Kunden in die kommunalen Unternehmen eine große Rolle und bildet einen Wettbewerbsvorteil gegenüber bundesweiten Anbietern.

Eine Möglichkeit, das Angebot entsprechend wettbewerbsfähig zu gestalten, bildet die Bildung von Einkaufsgemeinschaften nicht nur im Bereich Energie, sondern auch im Bereich Digitales. Beispielhaft sei hier z. B. der Aufbau eines 450-MHz-Funknetzes für die Energiewirtschaft aufgeführt, der im Zusammenspiel mehrerer Unternehmen sicherlich einfacher und effizienter umzusetzen ist.

Die Digitalisierung bietet kommunalen Unternehmen etliche Chancen, sowohl intern als auch auf den Kunden gerichtet. Sie ermöglicht einerseits das Angebot einer Produktpalette, die durch die Etablierung von Plattformen noch stärker an Wert gewinnt. Andererseits können interne Abläufe effizienter gestaltet werden, wie das Beispiel LoRaWAN zeigt. Durch das Betreiben eigener Rechenzentren gestalten sich diese Prozesse umso einfacher.

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium der Finanzen für Landesentwicklung und Heimat (2018): "Breitband ist Zukunft" - Halsbach ist auf der Datenautobahn, abrufbar unter: <https://www.innsalzach24.de/innsalzach/region-alt-neuoetting/landkreis-altoetting-ort78112/halsbach-neue-breitband-internet-gemeinde-wurde-juli-freigeschaltet-10065682.html>, zuletzt abgerufen am 10.01.2020.
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur](2019): Mitnutzungspotentiale kommunaler Trägerinfrastrukturen für den Ausbau der nächsten Mobilfunkgeneration 5G, Eine Handreichung der AG Digitale Netze des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Briglauer et al. (2019): A Retrospective Study on the Regional Benefits and Spillover Effects of High-Speed Broadband Networks: Evidence from German Counties, ZEW Discussion Paper No. 19-026, Juli 2019, Mannheim, elektronisch verfügbar unter <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp19026.pdf>
- Bundesnetzagentur (2019): Datenlieferanten ISA-Mitnutzung, Stand: 31.10.2019.
- Detecon (2019): 5G in der Energiewirtschaft – Ergebnisse der Detecon-Marktumfrage, Juli 2019.
- Dialog Consult / VATM (2019): 21. TK-Marktanalyse Deutschland 2019, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2019.
- Dialog Consult / VATM (2020): 2. Marktanalyse Gigabit-Anschlüsse 2020; verfügbar unter: https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2020/04/VATM_Gigabit-Studie_290420_.pdf (zuletzt abgerufen am 30.4.2020):
- EU Kommission (2019): Connectivity, Broadband market developments in the EU, Digital Economy and Society Index Report 2019.
- Fischer (2019): Bevölkerung fordert mehr öffentliche WLAN-Zugänge, abrufbar unter: <https://www.smartdroid.de/bevoelkerung-fordert-mehr-oeffentliche-wlan-zugaenge/>, zuletzt abgerufen am 13.01.2020.
- Franken et al. (2019): Entwicklung der funkbasierten Digitalisierung in der Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft und spezifische Frequenzbedarfe, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 451.
- Godlovitch et al. (2019): Analysis of the Danish Telecommunication Market in 2030, WIK Consult-Report, Study for the Danish Energy Agency.
- Halshofer (2019): Endlich verständlich: LoRa (und LoRaWAN) einfach erklärt!, abrufbar unter: <https://www.linemetrics.com/de/blog/lora-und-lorawan-einfach-erklaert/>, zuletzt abgerufen am: 14.01.2020.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017): Öffentliche WLAN-Netze in Kommunen, Leitfaden.
- Hilty/Bieser (2017): Chancen und Risiken der Digitalisierung für den Klimaschutz in der Schweiz.
- Khutsoane et al. (2017): "IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN," IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Beijing, 2017, pp. 6107-6112.

- Köpf (2019): Schnelles Internet? Dafür sorgen die Bürger selbst, Presseartikel in der Süddeutschen Zeitung vom 6. Februar 2019, abrufbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/bayern/internet-glasfaser-breitband-halsbach-1.4318206>, zuletzt abgerufen am 10.01.2020.
- Koutroumpis (2018): The economic impact of broadband: evidence from OECD countries, elektronisch verfügbar unter https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0025/113299/economic-broadband-oecd-countries.pdf
- Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2018): Leitfaden öffentliches WLAN in NRW.
- Müller (2019): Stadtwerke funken mit Smart Home, Artikel im Solinger Tagblatt, 18.07.19, abrufbar unter: <https://www.solinger-tageblatt.de/solingen/stadtwerke-funken-smart-home-12832094.html>, zuletzt abgerufen am 14.01.2020.
- Petersen et al. (2018): Wirtschaftliche Chancen durch WLAN im ÖPNV nutzen, in: Nahverkehrspraxis – Ausgabe 5/6-2018, S.12 -13.
- Schäfer (2019): Daseinsvorsorge, Definition, in Gablers Wirtschaftslexikon, abrufbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/daseinsvorsorge-28469#head5>, zuletzt abgerufen am 28.01.2020.
- Schlotten (2019): LoRaWAN – Maschinennetz Zum Selbst Bauen – Lohnt Sich Das?. abrufbar unter: <https://www.ecbm.me/2019/09/04/lorawan-maschinennetz-zum-selbst-bauen-lohnt-sich-das/>, zuletzt abgerufen am 14.01.2020.
- Schnabel (2020): LoRa / LoRaWAN - Long Range Wide Area Network, abrufbar unter: <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/2203171.htm>, zuletzt abgerufen am 14.01.2020.
- Sörries et al. (2019): Digitalisierung der Energiewende. Topthema 3: TK-Netzinfrastruktur und TK-Regulierung.
- Spiezia (2012): ICT investments and productivity: Measuring the contribution of ICTs to growth, OECD Journal: Economic Studies, Vol. 2012/1.
- Stadtwerke Duisburg (2020): Stadtwerke_WLAN, Gut vernetzt in Duisburg, abrufbar unter: <https://www.stadtwerke-duisburg.de/engagement/engagement-vor-ort/>, zuletzt abgerufen am 13.05.2020.
- Stadtwerke Karlsruhe (o.D.): LoRaWAN Rollout, Auf dem Weg zur Smart City, abrufbar unter: <https://www.stadtwerke-karlsruhe.de/swk/regionales/engagement/lorawan.php>, zuletzt abgerufen am 14.01.2020.
- Stadtwerke Kiel (2018): Stadtwerke Kiel baut Funkstandard „LoRaWAN“ flächendeckend in Kiel aus, Pressemeldung vom 10. Dezember 2018.
- Stadtwerke München (2018): Die SWM vernetzen München: LoRa-Netz am Start für das Internet der Dinge, abrufbar unter: <https://www.swm.de/dam/swm/pressemitteilungen/2018/06/20180604-swm-bauen-lora-netz-auf.pdf>, zuletzt abgerufen am 14.01.2020.
- Stadtwerke Trier (o.D.): Digitale Wärmezähler für Mariahof, abrufbar unter: https://www.swt.de/p/Digitale_Waermezae_hler_fur_Mariahof-5-7324.html, zuletzt abgerufen am 19.02.2020.

- Stronzik/Wissner (2019): Entwicklung des Effizienzvergleichs in Richtung Smart Grids, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 447.
- Strube Martins et al. (2017): Die Privatkundennachfrage nach hochbitratigem Breitbandinternet im Jahr 2025.
- umlaut / WIK-Consult (2019): Abschlussbericht zur Versorgungs- und Kostenstudie Mobilfunk, Studie für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Version 2.1.
- van den Berg (2019): Municipal Broadband, Factors determining the entry of municipal broadband providers into the German telecoms market, Master Thesis, Utrecht School of Governance.
- Versorger-Allianz 450 (2019): Vorstellung Branchenmodell / Joint Venture, Mai 2019.
- VKU [Verband kommunaler Unternehmen e.V.](2013 bis 2019): Zahlen, Daten, Fakten.
- VKU [Verband kommunaler Unternehmen e.V.](2020a): Umfrage unter Mitgliedsunternehmen zur Digitalisierung.
- VKU [Verband kommunaler Unternehmen e.V.](2020b): Anschlussquoten kommunaler Unternehmen im Glasfasernetzausbau., Hintergrundpapier, B
- Welling/Rohlmann (2018): Telekommunikation, Rechenzentrum als Mehrwertdienst für die Telekommunikationssparte, Kursbuch Stadtwerke, März 2018.
- Wernick et al. (2016): Regionale TK-Akteure im globalen Wettbewerb, Studie der WIK-Consult im Auftrag des Breitbandbüros Hessen bei der Hessen Trade & Invest GmbH.
- Wernick/Bender (2016): Die Rolle der Kommunen beim Breitbandausbau im ländlichen Raum aus ökonomischer Sicht, WIK-Bericht.