

Please quote as: Hildebrand, A.; Jakopin, N.; Reinhard, P.; Riegel, L. (2021). Der Smart-City-Markt in Deutschland: 2021-2026. ISBN: 978-3-9821487-8-6.



Partner der Studie



Arthur D Little





ISBN 978-3-9821487-8-6

1. Auflage

© eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. und Arthur D. Little

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1. Einleitung	8
1.1 Reality Check der Aussagen aus der zurückliegenden Studie	10
1.2 Das Smart-City-Ökosystem und seine Marktsegmente	11
2. Der deutsche Smart-City-Markt in Zahlen und Fakten	15
2.1 Trends und Herausforderungen im Smart-City-Markt in Deutschland	15
2.2 Umsatz und Marktwachstum 2021–2026	21
2.3 Handlungsbedarf deutscher Städte	27
3. Moderne Finanzierungsmodelle als Hebel für Smart Cities	32
3.1 Finanzierungsmöglichkeiten für Smart-City-Projekte	32
4. Smart Cities und Nachhaltigkeit	38
4.1 Betrachtung von Nachhaltigkeit in der Smart City	38
4.2 Nachhaltigkeitseffekte der Smart-City-Segmente	40
4.3 Quantitative Nachhaltigkeitseffekte	41
5. Fazit und Ausblick	46
6. Methoden, Definitionen und Marktbeschreibung	49
7. Literaturverzeichnis	52
Über Arthur D. Little	55
Über eco	55
Impressum	56
Disclaimer	56

Vorwort



*Oliver J. Süme, Vorstandsvorsitzender,
Vorstand Politik, Recht & Regulierung
eco – Verband der Internetwirtschaft e. V.*



*Prof. Dr. Norbert Pohlmann,
Vorstand Ressort IT-Sicherheit,
eco – Verband der Internetwirtschaft e. V.*

Der deutsche Smart-City-Markt 2021–2026

Sehr geehrte Leserinnen, sehr geehrte Leser,

immer mehr Menschen leben in Städten und Ballungszentren. In Deutschland sind es aktuell rund 76 Prozent, Tendenz steigend. Für Städte und Kommunen ergeben sich daraus eine Reihe von Herausforderungen, beispielsweise in den Bereichen Verkehr und Logistik, Verwaltung, Energieversorgung und Kreislaufwirtschaft, aber auch jenseits der klassischen Versorgungsaufgaben im Kontext Kultur- und Freizeitangebot, qualitativ hochwertiger Lebens- und Wohnraum sowie Gesundheit, Bildung und Nachhaltigkeit. Dreh- und Angelpunkt eines zukunftsgerichteten und ganzheitlichen Stadt- und Kommunalmanagements ist die Frage: Wie können wir Städte effizienter, technologisch fortschrittlicher, grüner und sozial inklusiver gestalten?

Die Digitalisierung bietet hierzu unzählige Antworten und Lösungen. Die Vision der Smart City vereint diese technologischen Innovationen in einem koordinierten und ineinandergreifenden Gesamtkonzept für den urbanen Raum.

Städte und Gemeinden beschäftigen sich aktuell intensiv mit der Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes, um Verwaltungsleistungen bis Ende 2022 auch elektronisch über Verwaltungsportale anzubieten. Da ist Smart City ein weiterer und logischer Schritt, Bürger:innen und Unternehmen zusätzliche IT-Dienste bereitzustellen. Daher machen sich die Kommunen aktuell auf den Weg zur Smart City, bauen urbane Plattformen auf und feilen an einer Cloud-Infrastruktur. Welche Bedarfe und Nachfragen stehen hier besonders im Fokus? Was sind Erfolgsfaktoren für ein funktionierendes Smart-City-Ökosystem? Und was bedeutet dies für Anbieter und Geschäftsmodelle?

Zur Beantwortung dieser Fragen möchten wir mit dieser Studie einen Beitrag leisten.

Wir sind davon überzeugt, dass Nachhaltigkeit sowie eine leistungsfähige digitale Infrastruktur die Grundfesten einer funktionierenden und florierenden Smart City bilden.

Digitalisierung und Nachhaltigkeit sind zwei Seiten derselben Medaille. Die positiven Effekte der Digitalisierung werden vor allem in Krisenzeiten immer deutlicher: Durch Homeoffice und den daraus resultierenden erhöhten Telearbeit-Anteil erfolgt eine erhebliche Einsparung von CO₂. Auch in den Bereichen Produktion, Logistik und Mobilität können wir mithilfe digitaler Lösungen an Effizienz gewinnen.

Eine aktuell häufig noch übersehene Schlüsselrolle spielen hierbei die Rechenzentren. Rechenzentren bilden das Rückgrat der Digitalisierung. Indem sie enorme Datenmengen speichern und verarbeiten, sind sie Wachstumsmotor und Innovationstreiber für andere Industrien. Insbesondere in den vergangenen Monaten haben Rechenzentren sowohl unser Wirtschafts- als auch Sozialleben in Gang gehalten. Rechenzentren hierzulande zählen im weltweiten Vergleich zu den energieeffizientesten. Ihr Energieverbrauch ist in den vergangenen zehn Jahren pro Recheneinheit um 90 Prozent gesunken. Bereits seit fünf Jahren sind die CO₂-Emissionen europäischer Datacenter rückläufig. Eine politische Förderung der Nutzung der in Rechenzentren entstehenden Abwärme und deren smarte Einbindung in Stadtplanung und kommunale Wärmeversorgungskonzepte könnte die Energiebilanz von Rechenzentren und Städten weiter verbessern.

Mit einer zusätzlichen Förderung des Ausbaus digitaler Infrastrukturen, weiteren Investitionen in die Erforschung innovativer Technologien und einem nachhaltigkeitsorientierten Energiemix kann es gelingen, die CO₂-Emissionen von Rechenzentren bis 2030 zu 100 Prozent einzusparen. Damit bildet die Branche einen zentralen Baustein für die nachhaltige und klimafreundliche Smart City.

Gleichzeitig wird auch der Ausbau des 5G-Netzes mittelfristig zu noch nachhaltigerer IT führen, da hier sowohl die eingesetzten Antennen als auch die Datenübermittlung als solche sehr viel energieeffizienter arbeiten als vorherige Mobilfunkstandards.

Eine leistungsfähige digitale Infrastruktur meint nicht nur High-Speed-Internet, sondern auch eine souveräne und sichere Dateninfrastruktur. Die europäische Cloud- und Dateninfrastruktur GAIA-X dürfte sich daher bald schon auch für Städte und Kommunen zur wichtigen Grundlage für erfolgreiche Smart-City-Plattformen entwickeln.

Die vorliegende Studie zeigt: Der Smart-City-Markt boomt und bildet mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von über 17 Prozent einen der spannendsten Digitalisierungsmärkte dieses Jahrzehnts.

Wir hoffen, dass wir mit dieser Studie einen Beitrag dazu leisten können, sowohl Verantwortlichen in Stadtentwicklungen als auch Entscheider:innen in Digital- und Internetwirtschaft diesen dynamischen Markt näherzubringen, Entscheidungshilfen zu bieten oder auch Inspiration und Ideengeber für künftige Smart-City-Projekte und Geschäftsmodelle zu sein.

Wir danken unseren Mitgliedsunternehmen NetCologne, Cloudflare, Uber und dem Vodafone Institut für Gesellschaft und Kommunikation für die Unterstützung dieser Studie und wünschen Ihnen eine interessante Lektüre!

Oliver J. Süme

Prof. Dr. Norbert Pohlmann

Vorwort



*Peter Altmaier
Bundesminister für Wirtschaft und Energie*

Sehr geehrte Leserinnen, sehr geehrte Leser,

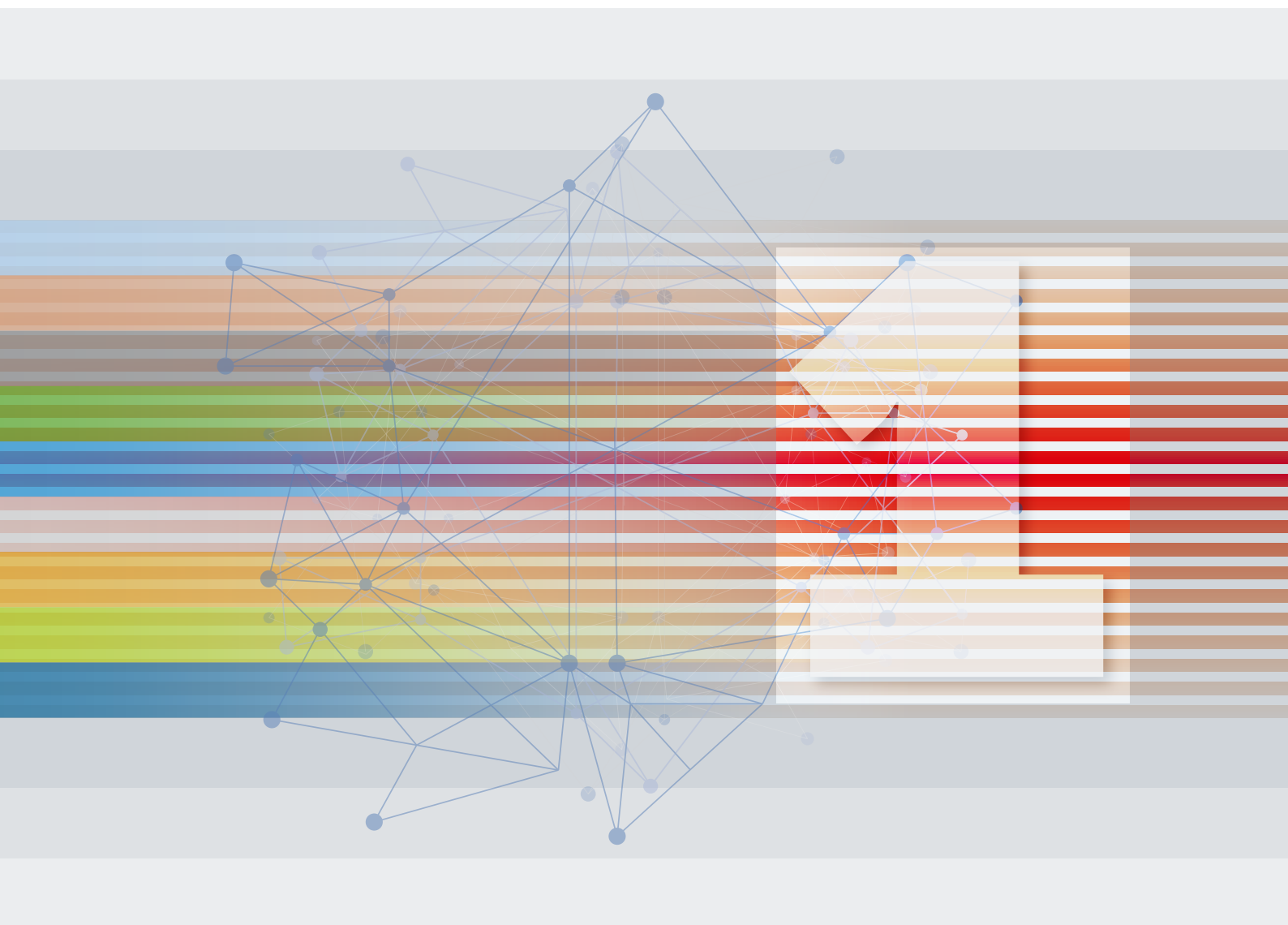
die eco Studie „Der deutsche Smart-City-Markt 2021–2026“ ist ein wichtiger Gradmesser für die Trends und Herausforderungen im Smart-City-Markt in unserem Land. Sehr erfreulich ist, dass der Wachstumstrend, der sich bereits im Jahr 2017 angedeutet hat, für Smart Cities in Deutschland bis 2026 ungebrochen anhalten wird. Mit dem Kapitel zur Nachhaltigkeit nimmt die Studie einen Anwendungsbereich in den Blick, in dem die Digitalisierung einen besonders hohen Nutzen entfalten kann – ich denke hier insbesondere auch an den Klimaschutz.

Die Corona-Pandemie hat uns gezeigt, wie wichtig digitale Lösungen und Angebote sind. Sie helfen uns dabei, Abstand und Hygieneregeln zu wahren und dabei weiterhin miteinander in Kontakt zu bleiben. Mit der Initiative Stadt.Land.Digital unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Kommunen bei ihrer digitalen Transformation – und das nicht erst seit Corona. Unsere

Unterstützung setzt bei ganzheitlichen Digitalisierungsansätzen an. Die Initiative informiert, begleitet und vernetzt Kommunen, die auf dem Weg zur „smarten“ Stadt und zur „smarten“ Region sind. Mit dem Smart City Navigator bieten wir einen Überblick mit Beispielen aus deutschen Kommunen, die aufzeigen, wie Smart-City-Projekte zur Erfüllung der UN-Nachhaltigkeitsziele beitragen.

Digitalisierung in Städten und Gemeinden bedeutet Wandel und damit die Chance, bestehende Strukturen zu erneuern und Städte und Gemeinden wettbewerbsfähiger, innovativer und nachhaltiger zu gestalten. Lassen Sie uns diese Chance nutzen und unser Land für die Zukunft gemeinsam bestmöglich aufstellen.

Peter Altmaier



1. Einleitung



Lars Riegel
Partner, Arthur D. Little



Dr. Nejc Jakopin
Principal, Arthur D. Little

Die Corona-Pandemie, Klimaschutzziele, die zunehmende Urbanisierung und der internationale Wettbewerb um technologische Trends und Standortvorteile für Industrie stimulieren die Digitalisierung großer Teile der Gesellschaft. Städte und Kommunen stellt diese Entwicklung vor große Herausforderungen hinsichtlich der Priorisierung und Finanzierung von Projekten rund um das Internet der Dinge (englisch Internet of Things, kurz: IoT) und die Smart City. Das Konzept der Smart City hat sich in den letzten Jahren zu einem Treiber der Automatisierung von zentralen Säulen des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Zusammenlebens entwickelt. Mit der Studie „Der deutsche Smart-City-Markt 2021–2026“ haben eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. – und Arthur D. Little anhand von Analysen und Experteninterviews untersucht, wie sich der Markt und dessen Segmente in den kommenden fünf Jahren entwickeln werden, welchen Effekt die Smart City auf Klimaziele haben wird und welche Implikationen sich daraus für Städte und Unternehmen ergeben.

Verantwortliche für die Stadtentwicklung erfahren aus unserer Studie Trends, Best Practices und Handlungsempfehlungen, um Städte interessanter und nachhaltiger für die Bürger:innen und Unternehmen zu gestalten. Für die Internetwirtschaft und deren Unternehmen zeigen die Studienergebnisse, dass die Smart City ein attraktiver Wachstumsmarkt für die Zukunft darstellt.

Das Umsatzvolumen des deutschen Smart-City-Marktes wächst von 38,5 Milliarden Euro im Jahr 2021 auf 84,7 Milliarden Euro im Jahr 2026. Das entspricht laut Studie einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 17,1 Prozent. Das kontinuierliche und starke Wachstum zieht viele etablierte Technologieriesen, aber auch zahlreiche Start-ups an. In jedem Segment der Smart City lassen sich

eine Vielzahl an innovativen Geschäftsmodellen finden, die mit zukunftsweisenden Technologien den Status quo auf den Kopf stellen. In den Bereichen „Gesundheitswesen“, „Finanzdienstleistungen“ und „Transport & Logistik (Mobilität)“ ist die Konzentration an Start-ups am größten, in den Bereichen „Digitale Bildung“ und „Öffentliche Verwaltung“ am niedrigsten. Im Vergleich zur Studie von 2017 haben sich dementsprechend neue Stakeholder und Technologien etabliert. Diese Entwicklung kann zukünftig den Wettbewerb auf dem deutschen Smart-City-Markt intensivieren und die Dynamik erhöhen.

Doch wie können deutsche Smart Cities die Flut an innovativen Technologien, organisatorischen Herausforderungen und finanziellen Barrieren bewältigen? Wie können Unternehmen und Investoren als eine solide Quelle für dringend benötigte finanzielle Mittel dienen? Und wie können deutsche Städte und Kommunen ihre Nachhaltigkeitsziele mit Smart-City-Bausteinen erreichen? Arthur D. Little und der Verband der Internetwirtschaft wollen in dieser Studie Antworten auf diese Fragen geben.

Datenökosysteme als Grundlage für erfolgreiche Smart-City-Plattformen

Experteninterviews und Case Studies machen deutlich, dass der Erfolg und die Skalierung von Smart-City-Initiativen stark von der grundlegenden Infrastruktur abhängen. Neben einer umfangreichen Abdeckung von High-Speed-Internet spielt insbesondere die Dateninfrastruktur eine zentrale Rolle. Eine segmentübergreifende Architektur von Datenökosystemen und eine entsprechende „Data Governance“ erlauben es, die unzähligen Datenpunkte zu aggregieren, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und Synergien zwischen den Segmenten und den Bausteinen zu nutzen. Deutsche Städte und Kommunen sollten ihre vorhandene Datenbank-Landschaft kontinuierlich hinterfragen und mit den technologischen Trends und deren

Anforderungen validieren. Die Studie bietet hierfür einen spannenden Einblick in aktuelle Entwicklungen und die Zukunft des Smart-City-Marktes.

Einzelne Anwendungsfälle und Pilotprojekte erfordern demnach nicht nur eine Einzelbetrachtung, sondern müssen mit vorhandenen und zukünftigen Projekten sowie anderen Segmenten in Relation gebracht werden. Ein Silodenken limitiert ganzheitliche Entwicklungsmöglichkeiten und führt zu weiteren Herausforderungen. Smarte Quartiere sind gute Spielwiesen für solche ganzheitliche Betrachtungen, wie Beispiele in führenden deutschen Smart Cities – Berlin, Köln und München – zeigen.

Viel mehr als nur Fördermittel: Neue Finanzierungsmöglichkeiten für Smart Cities

Viele deutsche Städte verlassen sich weiterhin auf die zahlreichen Fördermöglichkeiten und Subventionen seitens der EU und der Bundesregierung. Doch Erfahrungen zeigen, dass der bürokratische Aufwand zu hoch ist und die finanziellen Mittel nicht ausreichen, um segmentübergreifende Smart-City-Plattformen zu konzipieren. Meist bleibt es bei einzelnen Piloten – insbesondere in mittelgroßen Städten. Hier lässt sich von einigen Ländern und Unternehmen lernen: Einnahmen und Einsparungen erlauben private Finanzierungskonstellationen und versprechen gleichzeitig Kooperationen mit erfahrenen Smart-City-Providern.

Basierend auf der Analyse von internationalen Case Studies zu Smart-City-Projekten haben eco und Arthur D. Little drei wesentliche Schritte zur Ausarbeitung von individuellen Finanzierungsmodellen für deutsche Entscheider:innen identifiziert:

1. **Wie gestalten sich das Nutzenversprechen und das daraus resultierende Geschäftsmodell?**
2. **Welche Finanzierungsmechanismen und -instrumente eignen sich für das Geschäftsmodell und das Projekt?**
3. **In welcher Form der Kooperation kann das Projekt optimal abgewickelt werden?**

Arthur D. Little wünscht Ihnen eine interessante Lektüre der Studie.

Lars Riegel

Dr. Nejc Jakopin

1.1 Reality Check der Aussagen aus der zurückliegenden Studie

In der aktuellen Studie können Marktgrößen und Wachstumstrends unserer Studie aus dem Jahr 2017 grundsätzlich bestätigt werden. Um die neuesten Entwicklungen und Herausforderungen in den Prognosen zu berücksichtigen, wurden neue Bereiche der Smart City identifiziert und quantifiziert. Damit lässt sich unter anderem die leichte Differenz zwischen den Umsatzzahlen erklären. Das Marktvolumen wurde für das Jahr 2017 (16,9 Millionen Euro) und 2020 (26,7 Millionen Euro) in der vergangenen Studie leicht unterschätzt. Tatsächlich lag es etwa 20 Prozent über diesen erwarteten Werten, wie in dieser Studie näher erläutert wird (2017 bei 20,5 Millionen Euro und 2020 bei 31,1 Millionen Euro). Das durchschnittliche Marktwachstum konnte allerdings sehr gut vorhergesagt werden und lag mit 16,5 Prozent nur 1,6 Prozentpunkte über dem der vorliegenden Studie (14,9 Prozent).

Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Segmente verdeutlicht die wichtigsten Entwicklungen von 2017 bis 2021 im Smart-City-Markt:

- Im Jahr 2017 stellten die Segmente „Transport & Logistik (Mobilität)“, „Physische Sicherheit“ sowie „Gebäudeautomatisierung“ mit kumuliert 59 Prozent Marktanteil die stärksten Segmente des deutschen Smart-City-Marktes dar. Auch vier Jahre später, im Jahr 2021, dominieren die genannten Segmente den Markt, allerdings in etwas niedrigerer Konzentration (43 Prozent), da weitere Segmente Fahrt aufgenommen haben. Segmente wie das „Gesundheitswesen“ spielen, getrieben durch gesetzliche Auflagen und die COVID-19-Pandemie, im Jahr 2021 eine noch stärkere Rolle als erwartet (15 Prozent Marktanteil).
- Auch in der aktuellen Studie weist das Segment „Digitale Bildung“ das größte jährliche Wachstum im Smart-City-Markt in Deutschland auf (23 Prozent). Das bestätigt die Prognosen in Hinblick auf die „Digitalisierung des Bildungswesens“ aus der letzten Studie. Laut OECD gilt es für Deutschland – trotz dieser starken Entwicklung über die vergangenen Jahre –, im europäischen Vergleich noch viel aufzuholen.
- Rein an der volumenbezogenen Größe und deren Wachstum gemessen, sind in der aktuellen Studie die Segmente „Öffentliche Verwaltung“ und „Finanzdienstleistungen“ vergleichsweise klein. Allerdings spielen diese Bereiche als Grundlage und Enabler für alle Bereiche eine wichtige Rolle.
- Im Jahr 2017 haben vor allem drei Trends den Smart-City-Markt beschäftigt: Medizinische Wearables, Smart Home sowie Smart Meter. Doch konnten sich diese Trends durchsetzen? Die COVID-19-Pandemie hat segmentübergreifend zu einer höheren Akzeptanz von intelligenten und digitalen Produkten geführt. Durch vielfache Einschränkungen im öffentlichen Leben haben davon unter anderem medizinische Wearables profitieren können. Smart-Home-Produkte haben ebenfalls wie erwartet an Bedeutung zugenommen, sind allerdings noch immer weit von einer Reifephase im Massenmarkt entfernt. Smart Meter haben das erwartete Ziel einer fast vollständigen Durchdringung der Haushalte verfehlt. Diese Entwicklung ist vor allem auf den verschobenen Roll-out der intelligenten Messsysteme zurückzuführen. Zu Beginn des Jahres 2020 ist der Startschuss für den gesetzlichen Roll-out gefallen, was die Hoffnung auf einen flächendeckenden Einbau von Smart Metern bis spätestens 2030 nährt, auch wenn weiterhin nicht alle rechtlichen Fragestellungen abschließend geklärt sind.

1.2 Das Smart-City-Ökosystem und seine Marktsegmente

Das Fundament des Smart-City-Ökosystems bilden Kommunikationsnetze, Rechenzentren sowie Sicherheitsinfrastrukturen. Betrachtet als Layer 1 und 2 der Internetwirtschaft (s. die Studie „Die Internetwirtschaft in Deutschland“ von eco und Arthur D. Little aus dem Jahr 2020), umfassen diese Layer alle Akteure, die stationäre und mobile Zugänge zum Internet ermöglichen sowie die darauf aufbauenden vielfältigen Infrastrukturdienste bereitstellen.

Das Fundament des Smart-City-Ökosystems

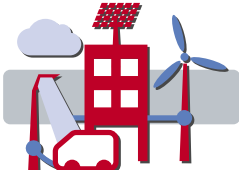
Die Infrastrukturen von Layer 1 und 2 sorgen für einen vertrauenswürdigen, schnellen, stabilen und sowohl kosten- als auch energieeffizienten Datenverkehr. Im Schichtenmodell von eco und Arthur D. Little werden in Layer 1 „Network, Infrastructure & Operations“ zusammengefasst. Diese Infrastruktur bildet die Grundlage für jegliche Art von Internetdiensten und wird sowohl von privaten Nutzer:innen und Unternehmen als auch von Anbietern auf anderen Ebenen der Internetwirtschaft und somit auch der Smart City genutzt. In Layer 2 „Services & Applications“ sind für Smart Cities insbesondere Cloud-Dienste, Cybersecurity und Edge/Fog Computing relevant. Die zwei Layer der Internetwirtschaft werden in Kapitel 2.2 „Umsatz und Marktwachstum“ detaillierter erläutert. Sie sind unter anderem Wegbereiter für alle neun Smart-City-Segmente.

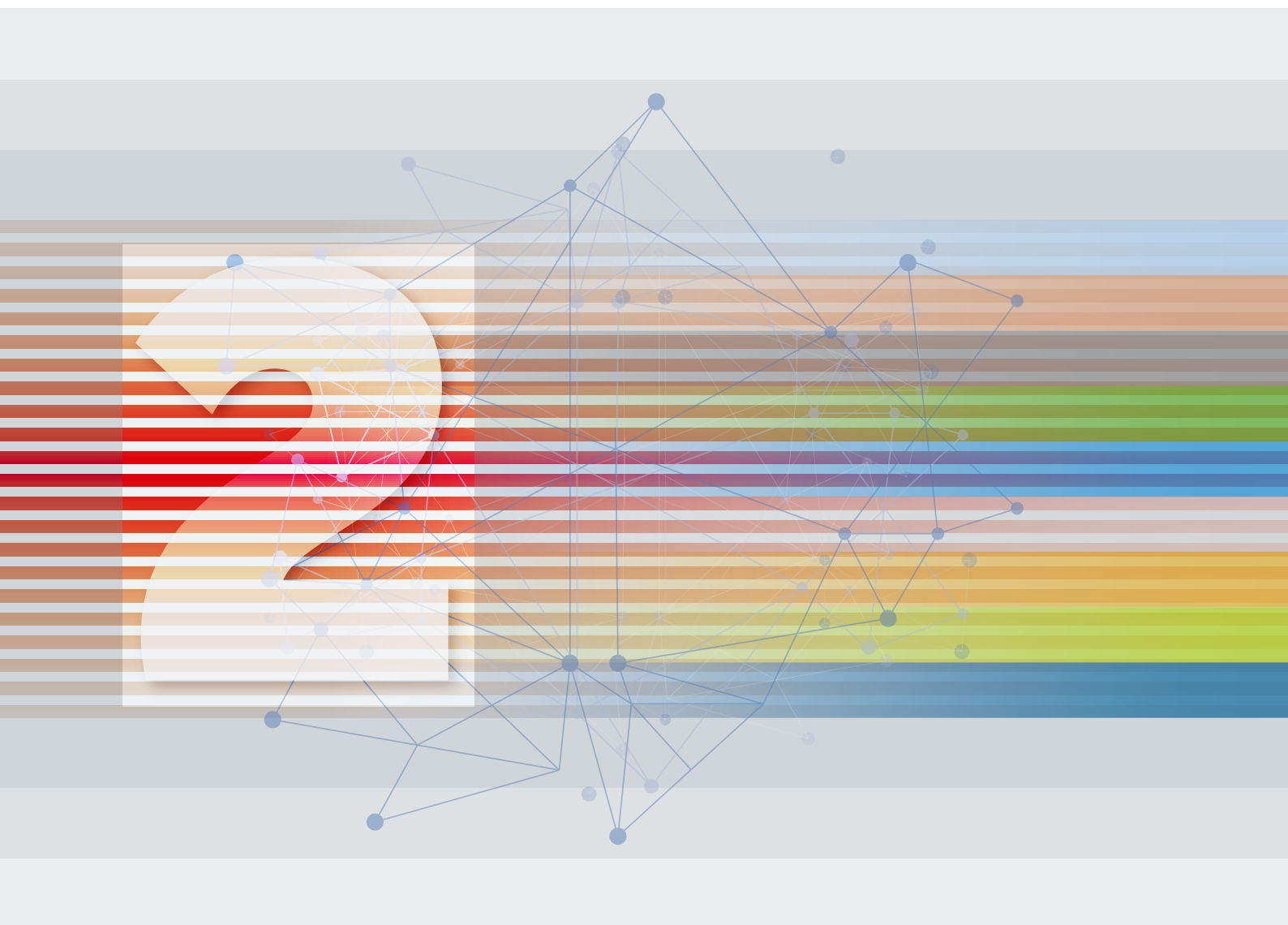
Marktsegmente im Smart-City-Ökosystem

Im folgenden Abschnitt werden die Marktsegmente des Smart-City-Ökosystems mit ihren individuellen Eigenschaften sowie Beispielen mit Bezug auf das Leistungsangebot und Stakeholder dargestellt.

ABB. 1 Marktsegmente im Smart-City-Ökosystem

Segmente	Eigenschaften	Servicebeispiele	Kern-Akteure
Öffentliche Verwaltung 	Digitalisierung im öffentlichen Bereich ermöglicht effizientere Abläufe durch die bessere Steuerung der Administration und die Bereitstellung digitaler Behördendienste. Außerdem fördern digitale politische Beteiligungen die Einbindung von Bürger:innen.	→ Digitale Verwaltung (intern) → E-Services für Bürger:innen und Unternehmen (z. B. Online-Anwendungen, intelligente Formulare, digitale Behördengänge im Sinne des OZG) → Digitale Bürgerbeteiligung (z. B. Wahlen) → Bereitstellung von Daten für Bürger:innen und Unternehmen (Open Data)	→ Öffentliche Verwaltungseinrichtungen
Digitale Bildung 	Smarte Bildung umfasst vor allem die Digitalisierung von Bildungseinrichtungen und den Auf- und Ausbau von virtuellen Lernplattformen. Grundlegende Schritte sind die Ausstattung von Schulen mit digitalen Endgeräten sowie der Aufbau von verlässlichen IKT- und Cloud-Services. Neben digitalen Lernmaterialien sind insbesondere die Förderung von digitalen Skills für Lehrkräfte und Schüler:innen von großer Bedeutung.	→ Digitalisierung von Bildungseinrichtungen und -angeboten (Lernplattformen, Kommunikationskanäle, Digital Skills, Lehrinhalte, andere IKT-Services – insb. WLAN)	→ Schulen → Universitäten und Hochschulen → Volkshochschulen → Weiterbildungseinrichtungen
Gesundheitswesen 	Bereits vor der Corona-Pandemie gewannen die Digitalisierung von Prozessen im Gesundheitswesen und die (digitale) Kommunikation zwischen Einrichtungen wie Krankenhäusern, Apotheken und Patient:innen zunehmend an Bedeutung. Innovationen wie Telemedizin und Mobile Health werden dringend benötigt, um neue Behandlungsmethoden zu ermöglichen – insbesondere in Zeiten der Corona-Pandemie zur Vermeidung von Kontakten, aber auch mit Fokus auf den demografischen Wandel im Bereich Altenpflege.	→ Digitale Patientenakten und Informationen → Digitale Rezepte → Persönliches Gesundheitsmanagement (z. B. Telemedizin & Internetmedizin) → Medizinische Wearables und Auswertung der Daten → Digitale Gesundheitsanwendungen / Gesundheitsapps	→ Krankenhäuser → Alten- und Pflegeheime → Apotheken → Hersteller von Medizingeräten → MedTech/Digital Health-Start-ups
Einzelhandel & Gastgewerbe 	Zum Segment Einzelhandel & Gastgewerbe zählen die Digitalisierung von Werbung für den Einzelhandel sowie der Einsatz von intelligenten Verkaufsautomaten. Zum Beispiel gewinnen innovative Werbeflächen mittels Nutzung von standortbezogenen Diensten via mobile Endgeräte an Bedeutung.	→ Digitale Werbeflächen → Smarte Automaten → Standortbezogene Dienste (Location-based Services) → Online-Lieferdienste → KI-Einkaufsanwendungen für den lokalen Einzelhandel und Einkaufszentren → AR/VR im stationären Handel	→ Flughäfen, Bahnhöfe → IT-Unternehmen → Einzelhandel, Einkaufszentren → Automatenhersteller → Gastronomie → Lieferservices

Segmente	Eigenschaften	Servicebeispiele	Kern-Akteure
Transport & Logistik (Mobilität) 	Nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Urbanisierung und der Expansion des Online-Handels steigt die Belastung des städtischen Transportwesens. Nur mit intelligenten, intermodalen und vernetzten Verkehrsplattformen können Innenstädte und Ballungsgebiete den Straßenverkehr nachhaltig optimieren.	→ Autonome Verkehrsmittel → Verkehrsmanagement → Parking Management, Ticketsysteme & Reisendeninformation → Baustellenmanagement-Systeme → Intermodale Verkehrsplattformen → Steuerung von Fahrzeugflotten → Car-, Bike- und Ride-Sharing → Smart Urban Logistics	→ Verkehrsbetreiber (Bahn-/Busgesellschaft, U-Bahn-Netz, City Bikes) → Logistikunternehmen → Sharing-Plattformen
Physische Sicherheit 	Die steigende Bevölkerungsdichte in Städten macht intelligente Sicherheitssysteme unabdingbar. Eine verbesserte physische Sicherheit in der Öffentlichkeit, z. B. durch smarte Kameraüberwachung oder durch intelligente Warnsysteme, steigert die Lebensqualität der Bürger:innen.	→ Videoüberwachung öffentlicher Plätze → Zugangskontrollen → Identifikationsmanagement → Warn- und Informationssysteme (z. B. KATWARN/NINA)	→ Polizei → Öffentliche Einrichtungen → Elektronikhersteller → Verkehrsbetreiber
Gebäudeautomatisierung 	Öffentliche Einrichtungen, Unternehmen sowie private Haushalte können Energieeffizienz, Sicherheit und Komfort in ihren Gebäuden steigern. Smart-Home-Lösungen optimieren (interne) Prozesse, vor allem die Überwachung, Steuerung und Regelung von Gebäuden und Anlagen.	→ Automatische Sicherheitssysteme → Intelligente Energiesysteme & Beleuchtungskonzepte → Automatisierte Geräte → Predictive Maintenance → Indoor-Navigation	→ Baubranche → Haushaltsgerätehersteller → Elektronikhersteller → IoT-Unternehmen
Energie 	Eine effiziente Energieversorgung („Smart Grid“) beinhaltet die Digitalisierung des Stromnetzes (von der Stromerzeugung über den Transport bis zum Verbraucher) und die Stärkung von dezentralen Versorgungssystemen. Smarte Straßenbeleuchtungen und elektrische Ladestationen sind zukunftssträchtige und innovationsgetriebene Märkte.	→ Smartes Strom-, Gas- und Wassernetz → Dezentrale Energieversorgung → Smartes Abfallmanagement → Intelligente Straßenbeleuchtung → Elektrische Ladestationen	→ Energiekonzerne → Netzbetreiber → Automobilhersteller → Start-ups
Finanzdienstleistungen 	Die Digitalisierung der Finanzdienstleistungen beinhaltet sowohl den Umsatzanteil von Internet-Bezahlverfahren (z. B. PayPal) als auch verbesserte Sicherheitssysteme (z. B. Fernüberwachung rund um die Uhr bei Barabhebungen in Banken). Zusätzlich entstehen komplett neue, digitale Währungsformen (Kryptowährungen), die das Finanzwesen in Städten revolutionieren könnten.	→ Bargeldlose (Online-)Bezahlverfahren → Sicherheit bei Geldautomaten → Embedded Finance → Peer-2-Peer Payments (P2P)	→ Banken → Einzelhandel → FinTechs



2. Der deutsche Smart-City-Markt in Zahlen und Fakten

2.1 Trends und Herausforderungen im Smart-City-Markt in Deutschland

Die deutlich gesteigerte Nutzung von Videotelefonie und Streamingdiensten hat die Nachfrage nach Hochgeschwindigkeitsinternet getrieben – nicht zuletzt durch die anhaltende Corona-Pandemie, die das Leben fundamental verändert. Eine flächendeckende 5G- und Glasfaserverfügbarkeit wird diese Bedarfe erfüllen und langfristig eine energieeffizientere Kommunikation sicherstellen. Auch kommerzielle IoT-Anwendungsfälle in der Smart City (beispielsweise Smart Mobility, Smart Grid, Smart Home) setzen diese Infrastrukturen voraus und erfordern erhebliche Anstrengungen von den Telekommunikationsnetzbetreibern und an einigen Stellen auch eine stärkere staatliche Förderung.

Systemkritisch bleibt das Thema „Cybersicherheit“: Die Verlässlichkeit, Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit aller Smart-City-Komponenten steht und fällt mit der Fähigkeit, die Systeme vor Hackern zu schützen. Dazu werden vermehrt Cybersecurity-Cluster gebildet. Ein Beispiel stellt die „Allianz für Cyber-Sicherheit“ dar, die – initiiert vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) – Wissenschaft, Wirtschaft und Behörden vereint, um die Cybersicherheit auf allen Ebenen zu verbessern.

Nachfolgend werden die sich derzeit abzeichnenden Trends und Herausforderungen für die neun Segmente des deutschen Smart-City-Marktes skizziert:

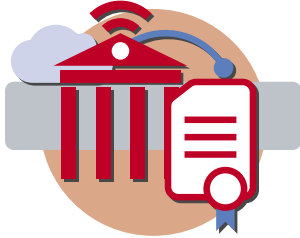


Öffentliche Verwaltung

Ein aktuelles Gutachten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) bestätigt, was durch die Pandemie offensichtlich wurde: Die öffentliche Verwaltung in Deutschland ist teilweise rückständig und muss aufholen, um nicht den Anschluss in Bezug auf die Digitalisierung zu verlieren. Kostenintensive Lösungen, wie

der digitale Personalausweis, wurden zwar deutschlandweit ausgerollt, fanden jedoch aufgrund von mangelnder Nutzerorientierung kaum Anwendung. Unterschiedlichste gesetzliche Maßnahmen wie zum Beispiel das Registermodernisierungsgesetz oder eine einheitliche Datenstrategie sollen in den kommenden Jahren die Datenkompetenz der öffentlichen Verwaltung erhöhen und diese an die digitale Welt anschließen. Eine Maßnahme dieser Strategie stellt das 2017 verabschiedete Onlinezugangsgesetz dar, wonach bis 2022 jegliche Verwaltungsleistungen digitalisiert werden müssen und den Bürger:innen ein einheitlicher Zugang (Bürger:innenportal oder Serviceportal) zur Verfügung gestellt werden muss. Die COVID-19-Pandemie ließ Stimmen von Bürger:innen und Unternehmen nach unkomplizierten, zeitlich unabhängigen Zugängen zu Verwaltungsleistungen lauter werden. Neben erhöhter Transparenz sowie Wettbewerbsfähigkeit bringt die digitale Verwaltung (E-Government) grundlegende Voraussetzungen für innovative Smart-City-Dienstleistungen und -Geschäftsmodelle mit sich. Ein einheitliches, nutzerzentriertes Zugangsportal, welches jedwede Verwaltungsleistungen digital ermöglicht (zum Beispiel digitale Identität, Authentifikation, E-Signatur, Steuererklärung), wird benötigt, um Deutschland zu einem attraktiven, modernen Unternehmensstandort zu machen sowie im EU-Vergleich aufzuschließen. Investments in Milliardenhöhe sowie unzählige Initiativen wie beispielsweise Tech4Germany von der Bundesregierung und das Onlinezugangsgesetz machen Hoffnung auf eine baldige Implementierung.

Doch durch die fortschreitende Digitalisierung und Verlagerung von öffentlichen Verwaltungsaktivitäten in die Cloud tritt die Frage nach dem Umgang mit den generierten Daten in den Fokus. eco und Arthur D. Little sehen hier einen klaren Trend an „Data Governance“-Konzepten und urbanen Datenplattformen. Auf europäischer Ebene arbeiten Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft mit GAIA-X an einer nächsten Ausbaustufe der europäischen Datenstruktur und versuchen, eine Balance zwischen digitaler Souveränität und einer starken Förderung von Innovationen zu finden. Das Ziel ist ein werteorientiertes transparentes digitales Ökosystem für Daten und Dienste. Ein extensives Beispiel für Datenintensität wird man bald in Saudi-Arabien entdecken können: Die Zukunftsstadt NEOM verspricht, 90 Prozent aller Daten zentral zu sammeln und darauf aufbauend die Lebensqualität der Bewohner zu erhöhen.



Digitale Bildung

Als Grundlage der internationalen Wettbewerbsfähigkeit spielt das Thema „Digitale Bildung“ auch im Smart-City-Kontext für Deutschland eine große Rolle. Weiterhin gilt, dass Deutschland hinsichtlich Digitalisierung der Bildung im internationalen Vergleich zurückliegt. Eine große Herausforderung ist nicht nur die Ausstattung, sondern auch der gezielte und nachhaltige Einsatz der zukunftsweisenden Technologien. Dies beginnt mit der Anbindung an Glasfasernetze, bei der Ausstattung von Schulen mit ausreichendem WLAN, mobilen Endgeräten, IT-Experten und vor allem digitalen, interaktiven Plattformen für den Upload von Lerninhalten und Informationen. Auch nach Bewältigung der Corona-Pandemie wird es zunehmend hybride und digitale Lehrangebote geben und somit der Bedarf an digitalen Technologien in diesem Bereich weiter ansteigen. Diesbezüglich treiben Start-ups die Entwicklung von digitalen Bildungsangeboten und Online-Lernplattformen voran.

Langfristig wird „Digitale Bildung“ durch künstliche Intelligenz (KI) und Augmented Reality (AR) revolutioniert. Diese disruptiven Technologien ermöglichen beispielsweise realitätsnahe Simulationen und Schulungen in virtuellen Umgebungen – das sogenannte „Immersive Learning“. Grundvoraussetzung zur Vermittlung dieser Zukunftskompetenzen mit den genannten Technologien sind allerdings Lehrkräfte, die sich in diesem Bereich aus- und fortbilden lassen und so zu Vermittlern digitaler Kompetenzen werden können.



Gesundheitswesen

Die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass die Digitalisierung einen zentralen Stabilitätsfaktor eines resilienten Gesundheitssystems darstellen kann. Perspektivisch müssen Gesundheitsbehörden sicher vernetzt, Prozesse digitalisiert sowie Gesundheitsdaten datenschutzkonform und sicher gesammelt und analysiert werden. Nur auf diese Weise sind Städte und Gemeinden sowie deren Gesundheitsbehörden besser auf künftige Krisensituationen vorbereitet.

Ganzheitliche (sichere und vertrauenswürdige) Gesundheitsplattformen müssen entstehen, die digitale Patientenakten, Impfpässe, digitale Rezepte, digitale Krankenkassenkarten und weitere Dienstleistungen reibungslos und ohne Medienbrüche abdecken. Erste Schritte geht hier bereits der Gesetzgeber: Ein digitaler Corona-Impfausweis ist in Planung und voraussichtlich ab Juli 2021 kommt die elektronische Patientenakte (ePa). Ab 2022 sollen dann auch Impfausweis und weitere digitale Nachweise in eine SSI-App (SSI=Self-Sovereign Identity) übertragen werden. Einfache Services wie Online-Buchungen und Telemedizin-Angebote sind derzeit jedoch noch vergleichsweise selten vorzufinden. Dennoch, immer mehr Start-ups (Kry, TeleClinic, Doctolib) bieten digitale Lösungen und Fernbehandlungen an. Mit Spannung lässt sich die durch die Pandemie angetriebene hohe, teilweise auch internationale Konkurrenz auf dem Markt der digitalen ärztlichen Versorgung beobachten.

Auch im Bereich „Gesundheitswesen“ ermöglicht der hohe Reifegrad von KI und Robotik immer mehr Use Cases. Dazu zählen zum Beispiel KI-basierte Diagnosesysteme (zum Beispiel Aufbereitung und Auswertung von Röntgen- oder CT-Bildern) oder personalisierte Behandlungen und Medikamentendosierungen. eco und Arthur D. Little erwarten in den kommenden Jahren eine verstärkte Disruption einiger Aspekte von Krankenhäusern, Arztpraxen sowie Alten- und Pflegeheimen, die mit der Ausbreitung von maschinellem Lernen (insbesondere neuronalen Netzen) einhergehen. Analog zu „FinTechs“ im Finanzsektor transformieren „HealthTechs“ medizinische Prozesse und schaffen neue Geschäftsmodelle.

Smart Cities können an diesen Trends mitwirken, indem die Digitalisierung von lokalen Gesundheitsbehörden und Arztpraxen vorangetrieben und gefördert wird. So kann eine regionale Buchungsplattform von Arztbesuchen oder die automatische Bestellung von rezeptpflichtigen Medikamenten perspektivisch umgesetzt werden. Aber auch Telemedizin- und digitale Beratungsangebote lassen sich in smarten Landkreisen oder Städten implementieren.



Einzelhandel & Gastgewerbe

Im Segment „Einzelhandel & Gastgewerbe“ sehen Experten ein enormes Disruptionspotenzial durch den Einsatz von AR und Virtual Reality (VR). Zum Beispiel können Reisebüros ihren Kunden einen exklusiven Vorgeschmack auf die nächste Reise geben. Im lokalen Einzelhandel hingegen ermöglicht die Nutzung von AR/VR, begrenzte stationäre Verkaufsflächen virtuell um Informationen sowie Beratungsmöglichkeiten zu erweitern. Vor allem das Teilen von Emotionen ermöglicht eine Veränderung des Kundenerlebnisses. Im Online-Handel kann die Anwendung von innovativen Technologielösungen ein ganz neues Produkterlebnis hervorrufen, das bisher nur aus dem stationären Handel bekannt ist. Allerdings befinden sich die Technologien noch immer in den Kinderschuhen und sie werden weiterhin in erster Linie durch US-Konzerne geprägt. Primär geht es für Smart Cities darum, die technischen Grundlagen für diese Technologie zu schaffen und gleichzeitig die Digitalkompetenz des stationären Einzelhandels zu stärken. Regionale Apps oder intelligente Verkaufsautomaten sind nur zwei von vielen Beispielen.

Im Lebensmittelhandel geraten bestehende Geschäftspraktiken und etablierte Unternehmen in jüngerer Vergangenheit zunehmend unter Druck. Dank der Effizienz im Bereich „Smart Urban Logistics“ und den damit sinkenden Lieferkosten können Lebensmittel-Lieferdienste den Weg zum Supermarkt ersetzen. Deutsche Lieferdienst-Startups in der Lebensmittelbranche wie Gorillas oder Flink versprechen Bürger:innen eine Lieferung in weniger als zehn Minuten. Diese Apps erhalten mit jedem Neukunden Einblick in Kaufmuster und Konsumgewohnheiten, auf die Aldi, Lidl & Co. nur mühsam Zugriff haben. Dennoch ist das bestehende Geschäftsmodell dieser Lieferdienste bisher nicht rentabel und pro Lieferung defizitär.

Eine Technologie mit großem Potenzial im Wirtschaftssektor ist die Blockchain. Für den Handel kann die Nutzung von Blockchain vor allem Transparenz in Form von manipulationssicheren Transaktionen und validierbaren Lieferanten bieten und dadurch ein hohes Rationalisierungspotenzial ausschöpfen. Der niederländische Schokoladenhersteller Tony's Chocolonely hat vorgemacht, wie man Blockchain einsetzen kann, um eine transparente Lieferkette zu entwickeln. Gleichzeitig entstehen im Bereich des Einzelhandels neue Blockchain-basierte Treue- und Prämienprogramme.



Transport & Logistik (Mobilität)

Die Schließung von Geschäften, Gastronomie und Gastgewerbe während der Corona-Pandemie hat das Wachstum des Online-Handels weiter beschleunigt. Es ist davon auszugehen, dass diese Änderung des Konsumverhaltens trotz des Wunsches nach physischen Erlebnissen auch zukünftig bestehen bleibt. Zusammen mit dem kontinuierlichen Einwohnerwachstum in den Städten erwarten eco und Arthur D. Little daher, dass der Bedarf an „Smart Mobility“ und „Smart Urban Logistics“ (Paketstationen, Same-Day-Delivery, Lebensmittel-Lieferdienste) auch nach der Pandemie weiter zunehmen wird. Logistikunternehmen, Gig Economies und neue Sharing-Plattformen werden in Smart Cities aktiv, optimieren Schnittstellen und revolutionieren traditionelle Transport- und Verkehrssysteme. Für Städte bieten insbesondere Sharing-Konzepte einen Hebel, um den Verkehr zu entlasten. Nebenprodukte dieser Entwicklung sind eine gesteigerte Komplexität im städtischen Verkehrswesen und das daraus resultierende Abwägen zwischen eigenen Städtelösungen, kommerziellen Plattformen und überregionalen Schnittstellen. Unabhängig von diesen Aspekten werden sich die Mobilitätsplattformen der Zukunft zu zentralisierten Service- und Datenplattformen, die maßgeblich von künstlicher Intelligenz geprägt sind, entwickeln. Auf deren Basis sollen neben Service und Transport auch Fußgänger:innen durch aktives Eingreifen optimal gesteuert und geleitet werden.

Zu beobachten bleibt die Entwicklung autonomer Verkehrsmittel. Autonome Busse und Straßenbahnen bergen ein hohes Potenzial, um den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) – wie Beispiele in Barcelona und Kopenhagen zeigen – verlässlicher, effizienter und attraktiver zu gestalten und neue Geschäftsmodelle in der Mobilität zu etablieren. Während nur wenige Städte konkrete Projekte unterstützen, wird die Forschung weiterhin kommerziell betrieben und gefördert. Sie befindet sich immer noch in der Test- und Entwicklungsphase. Laut Prognosen von Arthur D. Little können sich vollautonome Verkehrsmittel erst nach 2030 im Alltag durchsetzen.

Auf den Pendelverkehr zwischen Stadt und Land kann ein intelligentes Verkehrsmanagement ebenso wie in der Innenstadt enorme positive Effekte haben. Insbesondere durch aufeinander abgestimmte, intermodale Systeme reduzieren sich Warte- und Umsteigezeiten. Eine Automatisierung von S- und U-Bahnen erhöht gleichzeitig die Verlässlichkeit und Pünktlichkeit der öffentlichen Verkehrsmittel. Nutzen aufgrund von attraktiveren Angeboten mehr Menschen die öffentlichen Verkehrsmittel, so wird das Pendeln mit Zug, Bus oder Auto in Zukunft nachhaltiger und stressfreier.



Physische Sicherheit

Während das Thema „Cybersicherheit“ starken Rückenwind erfährt, bleibt der Bereich „Physische Sicherheit“ weitestgehend im Hintergrund. Grund hierfür ist zum einen das geringe kommerzielle Interesse und Potenzial, insbesondere in der Corona-Zeit, und zum anderen der hohe Stellenwert von Datenschutz, Privatsphäre und Anonymität in Deutschland. Trotzdem sahen bereits 2017 in einer repräsentativen Umfrage mehr als zwei Drittel der Bürger:innen Vorteile bei Überwachungskameras (Statista, 2017). Die Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz erlauben derzeit weitere neue Anwendungsfälle wie die automatische Erkennung von Nummernschildern, hochumstrittene Gesichtserkennungs-Software und automatische Auswertungen von Überwachungskameras.

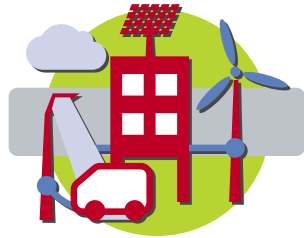
Allerdings wird der Schutz von Sensoren für IoT-Anwendungsfälle immer wichtiger: Wer wann und wo auf Sensoren im öffentlichen Raum zugreift, lässt sich bisher nur schwer kontrollieren. Manipulationen von Messstationen und -systemen lassen sich als Gefahren skizzieren. Die Integrität solcher Stationen und Sensoren erfordert neue Herangehensweisen für den physischen Schutz der IoT-Systeme.



Gebäudeautomatisierung

Zentrale Anwendungsfälle im Segment „Gebäudeautomatisierung“ sind Wärme (Smart Heating) und Beleuchtung (Smart Lighting), die durch eine intelligente und bedarfsgetriebene Steuerung von Licht und Temperatur Energie und Kosten sparen. Dank einer dynamischen Entwicklung auf dem privaten Smart-Home-Markt können auch Städte von „Off-the-Shelf“-Produkten profitieren, wie beispielsweise vom deutschen Anbieter tado°. Damit können Verwaltungsgebäude energetisch optimiert und die Beheizung und Beleuchtung von privaten Wohnräumen für Bürger:innen intelligent angepasst werden. Gleichzeitig sind auch komplexere Vorhaben möglich. Der Reifegrad von künstlicher Intelligenz ermöglicht diverse anspruchsvollere Anwendungsszenarien im Bereich der „Gebäudeautomatisierung“ wie u.a. durch Predictive Maintenance im Gebäudemanagement. Trends sind vor allem umstrittene Gesichtserkennungssysteme in der Gebäudeüberwachung und Predictive Maintenance im Gebäudemanagement. Größten Komfort für Bürger:innen bieten sogenannte Indoor-Navigationssysteme. In großen öffentlichen Gebäuden wie Flughäfen oder Bahnhöfen können Personen oder Objekte präzise von A nach B geleitet und mithilfe zusätzlicher Informationen unterstützt werden.

Eine Smart-City-Plattform, die Sensoren und Systeme vernetzt und gleichzeitig Daten aggregiert und auswertet, unterstützt im Bereich „Gebäudeautomatisierung“ die Energie- und Kosteneffizienz. Mithilfe von entsprechenden IoT-Lösungen und Auswertungssoftware bieten Unternehmen der Internetwirtschaft zahlreiche Möglichkeiten für öffentliche Gebäude.



Energie

Größter Trend und gleichzeitig größte Herausforderung ist der Ausbau elektrischer Ladestationen als zentrale Grundlage für nachhaltige Mobilität. Automobilhersteller wie Tesla agieren nicht mehr nur als Original Equipment Manufacturer (OEM), also als reiner Fahrzeughersteller, sondern auch als Infrastrukturanbieter und Energieversorger. Entsprechend hoch sehen Branchenexperten die Konkurrenz auf dem Markt: Energieversorger, Stadtwerke, Schwergewichte aus der Automobilindustrie, neue Start-ups und ausländische Wettbewerber kämpfen um das Geschäftsmodell mit den Ladesäulen. Noch liegt der Anteil an reinen Elektrofahrzeugen im Pkw-Sektor laut Statista bei nur rund 0,58 Prozent. Doch mit dem immer größer werdenden Neuzulassungsanteil an Elektrofahrzeugen wird sich dieses Bild langfristig ändern.



Finanzdienstleistungen

Die Finanzbranche befindet sich aktuell im Umbruch. Zahlreiche „FinTechs“ revolutionieren den Finanzsektor – ermöglicht durch diverse Technologien wie Predictive Analytics, Blockchain und digitale Identitäten, durch die sich ganz neue Ökosysteme bilden, bestehend aus traditionellen Banken, Versicherungsunternehmen und „FinTechs“. Das Resultat: Immer mehr Online-Bezahlverfahren und -apps stehen den Kunden zur Verfügung. Erste Digital-Only-Banken verzichten sogar komplett auf physischen Kundenkontakt. Während der Pandemie konnten sie viele Neukunden gewinnen. Andere Start-ups entwickeln neue, digitale Währungsformen – Kryptowährungen. Städte sollten sich zwar – nicht zuletzt aus Nachhaltigkeitsgründen – nicht an dem „Schürfen“ von digitalen Währungen beteiligen, jedoch werden sie in den

kommenden Jahren gefordert sein, die Rahmenbedingungen für die Verwendung von innovativen Finanzdienstleistungen im Alltag der Bürger:innen zu ermöglichen. Mit der Marktdurchdringung und Produktreife der Blockchain wird sich das Segment „Finanzdienstleistungen“ vollständig wandeln und letztlich auch „Embedded Finance“ den Weg ebnen. Zahlungen, Kredite und Versicherungen können im Hintergrund von digitalen Diensten durch Smart Contracts oder Ähnliches automatisch abgewickelt werden. „Embedded Finance“ umfasst beispielsweise die vollständige Automatisierung von Bezahlvorgängen im E-Commerce, die integrierte Vergabe von Ratenkrediten oder die Ausstattung mit digitalen Geldbörsen. Im öffentlichen Verkehrswesen und in öffentlichen Verwaltungen können Smart Cities Zahlungswege vereinheitlichen und vereinfachen.

ABB. 2 Anwendungsmöglichkeiten smarter Straßenlaternen



Fokus: Smart Lighting

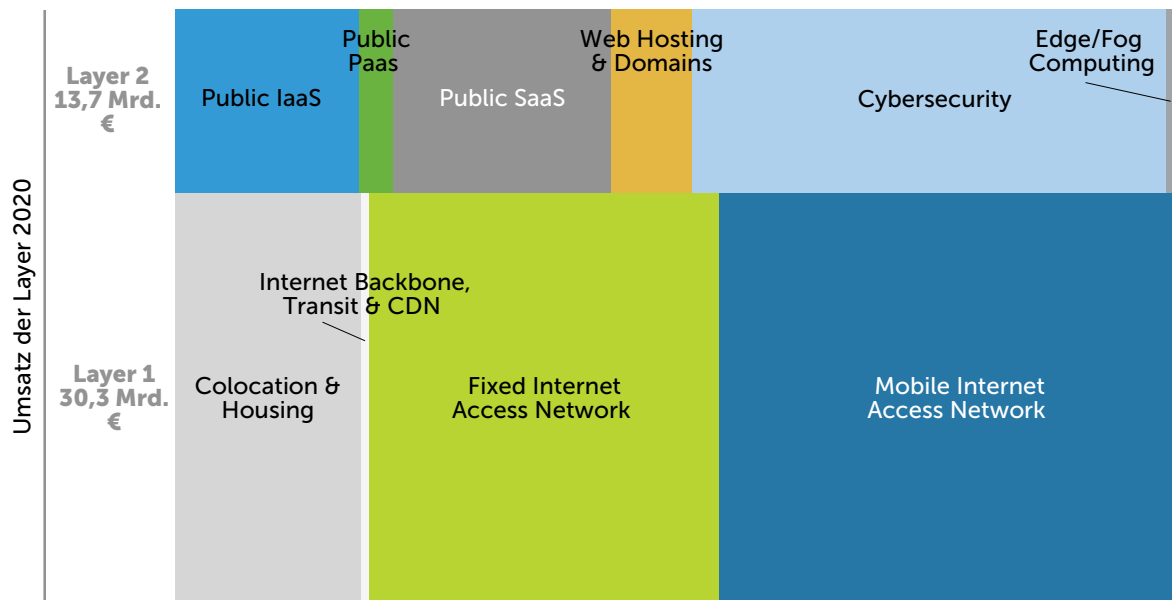
Das Servicebeispiel Smart Lighting verdeutlicht anschaulich, wie einzelne Elemente der Smart City miteinander verbunden sein können. Im engeren Sinne versteht man unter Smart Lighting im Rahmen der Smart City die intelligente Steuerung der Beleuchtung von Straßen und öffentlichen Gebäuden. Dabei kann anhand von Licht- und Bewegungssensoren die Beleuchtung an die gegenwärtigen Lichtverhältnisse und Bedarfe angepasst werden. Das spart zum einen Energie und zum anderen Kosten. Außerdem können nötige Instandhaltungsmaßnahmen anhand der gesammelten Daten vorhergesagt und optimiert werden. Im weiteren Sinne bieten intelligente Straßenlaternen aber vor allem eine Plattform für Services aus diversen anderen Segmenten, wie Abbildung 2 verdeutlicht.

Unter anderem können an den Laternen

- Klimasensoren angebracht werden, die Auskunft über Temperatur, Wetterlage oder Luftqualität geben. Damit erhalten beispielsweise Räumdienste im Winter in Echtzeit Indikatoren für ihre Einsätze.
- WLAN-Hotspots installiert werden. Auf diese Weise erhalten Bürger:innen Zugriff auf energieeffiziente Netzwerkdienste.
- Sensoren für den Verkehr und smartes Parken montiert werden. Damit lassen sich unzählige Daten für eine intelligente Verkehrssteuerung sammeln.
- Solaranlagen installiert werden, um zum einen den eigenen Energiebedarf zu decken und zum anderen das Betreiben von Ladesäulen für E-Autos und E-Bikes zu ermöglichen beziehungsweise zu unterstützen.

ABB. 3

Umsatz der Internetwirtschaft in Deutschland 2020 (in % der Umsatzgröße des jeweiligen Layers)



Layer 1 und 2 der Internetwirtschaft in Deutschland
(für Smart City besonders relevante Segmente hervorgehoben)

Quelle: eco, Arthur D. Little

2.2 Umsatz und Marktwachstum 2021–2026

Layer 1 und 2 der Internetwirtschaft als Enabler der Smart City

In **Layer 1 „Network, Infrastructure & Operations“** werden über 80 Prozent des Umsatzvolumens von 30,3 Milliarden Euro im Jahr 2020 durch die Vermarktung von Internetzugängen im Bereich Mobilfunk und Festnetz generiert. Ein Großteil der verbleibenden 20 Prozent wird durch die Vermietung von Datenverarbeitungskapazitäten in Form von Colocation & Housing erwirtschaftet. Layer 1 ist insgesamt in Bezug auf die Marktdurchdringung weit vorangeschritten und somit bereits in einer Entwicklungsphase mit geringerem Wachstum. Dennoch werden hier die umfassende Implementierung von Innovationen wie neuen Breitbandtechnologien im Festnetz (Glasfaser) und Mobilfunk (5G) sowie nachhaltige, effizientere Rechenzentren für den Erfolg der Digitalisierung und für die Umsetzung von Smart City benötigt.

Aufgrund des anhaltenden Trends zum Outsourcing und des steigenden Bedarfs an zusätzlichen Datenspeicher- und Rechenleistungskapazitäten werden Umsätze im Segment „Colocation & Housing“ weiterwachsen. Der kontinuierliche Anstieg des Datenverkehrs bedingt einen hohen Bedarf an zusätzlichen Rechenzentrumskapazitäten. Treiber dieses Anstiegs sind neben Videostreaming und einer Vielfalt an Unterhaltungsdiensten auch neue digitale Geschäfts- und Anwendungsfelder der Smart City (zum Beispiel Connected Cars, Smart Buildings, Industrial IoT und 5G).

Ein weiterer Trend innerhalb des Segments ist die Regionalisierung von Rechenzentren sowie der Aufbau von Infrastrukturen für Edge/Fog Computing. Zugangspunkte werden zunehmend näher an den unmittelbaren Konsumenten (beziehungsweise im Bereich von Industrie 4.0 näher an den Produzenten) gebracht, um etwaige Latenzen zu minimieren, Netzwerke zu entlasten und Datensicherheit einfacher zu gewährleisten. Die Auslastung in den Rechenzentren in Deutschland ist gut und nimmt im Verlauf der nächsten Jahre weiter zu, sodass mit einem weiteren Neu- und Ausbau von Rechenzentren zu rechnen ist.

In **Layer 2 „Services & Applications (inklusive IT- & Cybersecurity)“** verteilt sich der Gesamtumsatz von 13,7 Milliarden Euro im Jahr 2020 relativ gleichmäßig auf Public Cloud Services und Cybersecurity-Lösungen als wichtige Enabler der Digitalisierung. Innerhalb des Marktes für Public Cloud Computing dominieren 2020 die Services für Infrastruktur und Software. Layer 2 ist insgesamt in Bezug auf die Marktreife in der zentralen Wachstumsphase und verzeichnet somit weiter hohe Wachstumsraten.

Der Wachstumstrend von Public Cloud wird sich aufgrund der Attraktivität des Segments für einen sehr breiten Kundenkreis in den folgenden Jahren fortsetzen. Durch die hohe Flexibilität und Skalierbarkeit von Lösungen und die zugleich geringe Kapitalbindung werden Cloud Services gleichermaßen von Start-ups, mittelständischen wie großen Unternehmen nachgefragt. Ein wesentlicher Wachstumstreiber der Nachfrage nach Public Cloud Services ist die

Einbindung von Smart Devices im Rahmen von IoT. Zu den aktuell wachsenden Anwendungsfeldern von IoT zählen einige Anwendungsfelder der Smart City und artverwandter Innovationsfelder. Ein weiterer Wachstumstreiber ist die Vervielfachung von Speicherkapazität, die das Service-spektrum von Cloud-Lösungen stetig vergrößert.

Durch veränderte regulatorische Rahmenbedingungen in Europa, steigendes Bewusstsein für Online-Bedrohungen sowie den Aufschwung digitaler Geschäftsmodelle steigt die Nachfrage nach Cybersicherheitslösungen in Deutschland weiter deutlich an. Ende Mai 2018 traten in der Europäischen Union zudem die Vorschriften der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in Kraft. Die dadurch erhöhte Sensibilisierung der deutschen Wirtschaft bezüglich des Themas verhilft dem Segment zu einem zusätzlichen Wachstumsschub. Die steigende Nachfrage nach Cloud-Diensten ist ein weiterer Wachstumstreiber für Cybersecurity.

Edge/Fog Computing ermöglicht die Verlagerung der Datenverarbeitung von einem Rechenzentrum in die Peripherie des IT-Netzwerks (Edge) oder innerhalb des Netzes (Fog). Von Maschinen und Sensoren vor Ort generierte Daten werden durch einen Server am Netzeingangsknoten (Edge Server) erfasst, gespeichert und unmittelbar verarbeitet. Durch diese dezentrale Datenarchitektur entstehen zwei wesentliche Vorteile: Erstens können durch Edge Computing Datenströme beschleunigt werden. Durch die lokale Serverstruktur können Geräte und intelligente Anwendungen Daten in nahezu Echtzeit (das heißt, ohne nennenswerte Latenz) verarbeiten und auf diese noch während des Erstellungsprozesses reagieren. Hohe Datentransferraten über das Netzwerk in ein entferntes Rechenzentrum und damit einhergehende Verzögerungen entfallen. Zweitens ermöglicht Edge/Fog Computing es, große Mengen unstrukturierter Daten am Entstehungsort vorzusortieren, zu interpretieren und zu priorisieren. Dadurch werden nur abgeleitete Erkenntnisse an Server beziehungsweise in die Cloud weitergeleitet und die Netzwerkbelastung reduziert.

Die Nachfrage nach Edge/Fog Computing steigt entsprechend den Anforderungen an Menge, Geschwindigkeit, Sicherheit, Skalierbarkeit und Flexibilität der zu verarbeitenden Daten. Aufgrund der heutigen, relativ geringen Marktdurchdringung von anspruchsvollen IoT-Anwendungen ist der deutsche Markt für das Segment noch sehr klein. Das zu verarbeitende Datenvolumen sowie die Relevanz von Echtzeitdaten werden jedoch in den nächsten Jahren exponentiell steigen, unter anderem durch die zunehmende Verfügbarkeit und Anwendung von IoT-Lösungen als auch durch das jüngst ausgerufene EU-weite Ziel 10.000 klimaneutrale Edge-Knoten bis 2030 zu etablieren.

Case Study Cloudflare

von Thomas Seifert, Chief Financial Officer bei Cloudflare



Um die wirtschaftlichen, zivilgesellschaftlichen und nachhaltigen Ziele von Smart Cities zu verwirklichen, braucht es eine sichere und vor allem verlässliche Kommunikation. Das Internet mit all seinen Services und Applikationen bietet dafür die Infrastruktur, die es braucht, um die smarten Komponenten der vernetzten Städte von morgen miteinander zu verbinden. Schon jetzt – und das hat die COVID-19-Pandemie deutlich beschleunigt – schreitet die Digitalisierung mit großen Schritten voran. Daher ist jetzt der ideale Zeitpunkt, Prozesse anzupassen und ins Digitale zu verlagern.

Auf den ersten Blick erscheint dieser Schritt in vielen Branchen und für viele Unternehmen als zu kompliziert, kostenaufwendig und zeitintensiv – doch das Gegenteil ist der Fall! Wie hilft Cloudflare hier konkret? Als Ansprechpartner für Cloud-Lösungen hat es sich Cloudflare zur Mission gemacht, Unternehmen und Organisationen aus allen Bereichen bei diesen Schritten – Digitalisierung von Arbeitsprozessen und Verlagerung von Daten in die Cloud – zu unterstützen. Alles, was mit dem Internet in Verbindung steht, machen wir sicherer, privater, schneller und zuverlässiger – genau das, was Smart Cities brauchen!

Doch was zeichnet Smart Cities überhaupt aus und wie passt Cloudflare dazu? Smart Cities haben ein umfassendes Ökosystem aus Kommunikationsnetzwerken, Rechenzentren und Sicherheitsinfrastrukturen als Grundlage. Cloudflare bietet Produkte wie etwa

ABB. 4 Cloudflare Rechenzentren weltweit

DDoS-Schutz oder Web Application Firewall (WAF), die diese Strukturen schützen. Im Schichtenmodell der Internetwirtschaft von eco und Arthur D. Little ist Cloudflare auf Layer 2 als Anbieter für „Services & Applications“ für Smart Cities besonders relevant, wenn es um Cybersecurity und den damit einhergehenden Schutz von Daten und deren sicheren Transfer geht. Zudem ist Cloudflare der erste Anbieter von Cloud-Lösungen, der gemäß der neuen ISO-Datenschutznorm (ISO/IEC 27701) zertifiziert wurde.

Bei einem Blick auf die einzelnen Marktsegmente von Smart Cities und auf ihre individuellen smarten Beiträge dazu wird deutlich, dass Cybersecurity ein elementarer Faktor ist, um die Vernetzung aufrechtzuerhalten und vor allem vor möglichem Schaden zu bewahren. Angriffe auf Sicherheitssysteme bei der Gebäudeautomatisierung, digitale Patientenakten im Gesundheitswesen oder Eingriffe in digitale Bürgerbeteiligungen im Zuge von Wahlen sind allesamt Szenarien, die von Layer-2-Akteuren verhindert werden. Vom öffentlichen Sektor über privatwirtschaftliche Unternehmen bis hin zu einzelnen Individuen – alle Organisationen und Bürger:innen in einer Smart City müssen vor solchen Eingriffen geschützt werden.

Cloudflare hilft mit seinem globalen Netzwerk dabei, eine sichere digitale Infrastruktur für eine nachhaltige Zukunft in Smart Cities weltweit zu schaffen. Mit jedem einzelnen Standort werden Websites, Apps, APIs und IoT noch besser geschützt und sogar beschleunigt. Die Zukunft des Lebens soll nicht von Angst vor Angriffen auf

die eigenen Daten geprägt sein. Die Zukunft des Lebens soll allen Ansprüchen an Sicherheit, Geschwindigkeit, Zuverlässigkeit und Performance stets gerecht werden. Und weil Cloudflare die Zukunft des Lebens am Herzen liegt, helfen wir gern dabei, sie mitzugestalten.

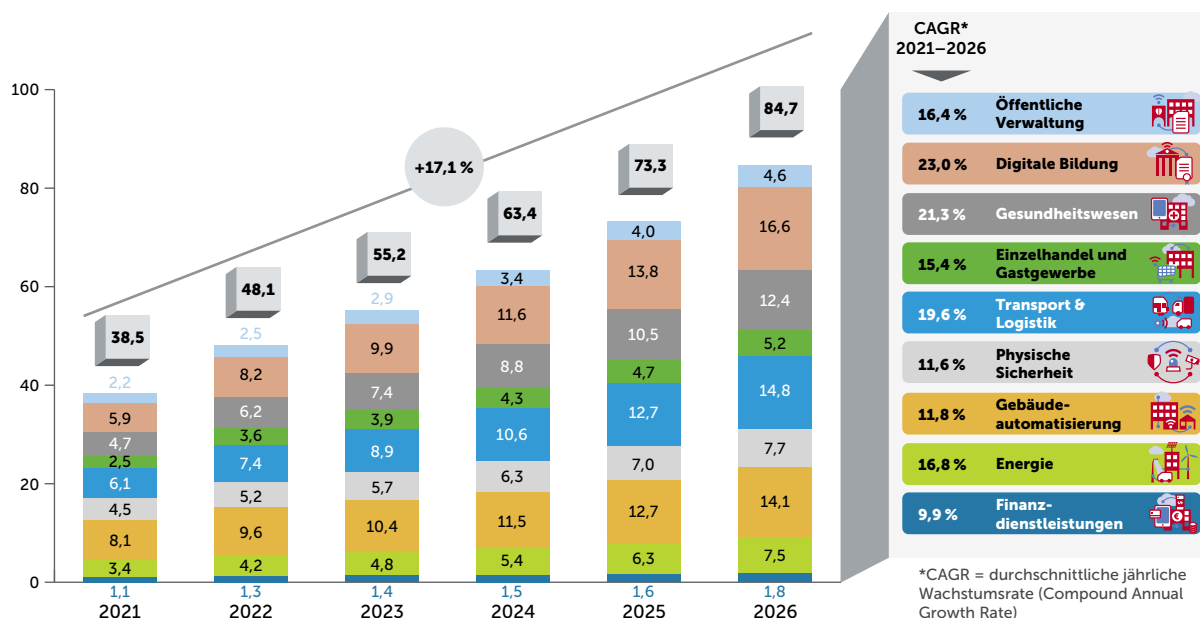
Als Anbieter von Web-Performance- und Sicherheitsdiensten steht Cloudflare für

- hochmoderne und sichere Cloud-Lösungen,
- Cybersecurity, die selbst vor raffinierten Angriffen lückenlos schützt,
- transparente Services zur Datenverarbeitung (z.B. Regional Services),
- sicheren und schnellen Zugang zu Unternehmensressourcen dank Zero Trust und Cloudflare One,
- einfache Netzwerkinfrastruktur mit einheitlicher Architektur durch SASE,
- neuesten zertifizierten Datenschutz mit der vollen Kontrolle beim Kunden.



ABB. 5

Umsatz und Wachstum des Smart-City-Marktes in Deutschland, 2021–2026 (in Mrd. Euro)



Quelle: eco, Arthur D. Little

Anmerkung: Die Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf den Smart-City-Markt wurden bei der Modellierung des Marktes berücksichtigt.

Neun Smart-City-Segmente

Bis 2026 erwarten eco und Arthur D. Little ein deutliches Umsatzwachstum von durchschnittlich 17,1 Prozent pro Jahr im Bereich Smart City. Das Wachstumspotenzial erstreckt sich dabei über alle neun Marktsegmente. Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Bereiche zeigen sich jedoch klare Unterschiede in Größe und Entwicklungsdynamik. Abbildung 5 verdeutlicht, in welche der Dienstleistungen beziehungsweise neun Segmente des Smart-City-Marktes Unternehmen, Bürger:innen sowie die öffentliche Hand in den Jahren 2021 bis 2026 am stärksten investieren werden.

Das Umsatzvolumen des Smart-City-Marktes in Deutschland, der von öffentlichen sowie privaten Investitionen getrieben wird, beträgt im Jahr 2021 rund 38,5 Milliarden Euro. Neben zahlreichen etablierten Smart-City-Anbietern und Tech-Giganten treten vermehrt neue Player in den Markt ein – sowohl große Player als auch zahlreiche Start-ups.

Trotz des bereits hohen Volumens im Jahr 2021 und des Wachstums der letzten Jahre zeigt sich der Gesamtmarkt von 2021 bis 2026 weiter dynamisch. Im betrachteten Zeitraum gehen eco und Arthur D. Little von einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 17,1 Prozent aus. Als Konsequenz entwickelt sich der Umsatz bis zum Jahr 2026 auf ein Niveau von 84,7 Milliarden Euro. Der Markt bietet somit ein zukunftssträchtiges

Geschäftsfeld für Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen. Die zunehmende Konvergenz von diversen technologischen Trends treibt dabei die Entwicklung von ganzheitlichen Smart-City-Plattformen, Anwendungen und Dienstleistungen wie beispielsweise intermodale Mobilitäts- oder Cloud-Plattformen für Endkunden voran. Hardware und Konnektivität bleiben ebenfalls grundlegende Marktbestandteile, verlieren aber relativ zu den Anwendungen an Gewicht.

Die zentralen Treiber des deutschen Smart-City-Marktes sind insbesondere die Ausweitung von ganzheitlichen und intermodalen Mobilitätsplattformen, Ausgaben für Cybersicherheit, die weiter voranschreitende Urbanisierung sowie eine voranschreitende Digitalisierungswelle im Gesundheits- und Bildungswesen. In Kombination mit einem gesteigerten Umweltbewusstsein bei den Bürger:innen steigt die Forderung nach ökologisch nachhaltigen Initiativen und noch umweltbewussteren, technologischen Entwicklungen.

Die fünf wichtigsten Markttreiber sind:

- Zusätzlich zum öffentlichen Personenverkehr treiben kommerzielle Plattformen wie Uber die Akzeptanz und Nutzung von Car-, Bike- und Ride-Sharing-Geschäftsmodellen voran. In Kombination mit der Entwicklung von autonomen Verkehrsmitteln steht das Mobilitätsangebot in den Städten daher vor einem

großen Wandel – hin zu „Mobilität as a Service“. Diese Transformation zu einem stärkeren Kunden- und Nutzenfokus spiegelt sich dementsprechend in erheblichen Investitionen wider. Städte müssen ein Ökosystem für solche Sharing-Angebote und entsprechende Kooperationen schaffen.

- Trotz umfangreicher Investitionen in moderne Mobilitätsstrategien besteht weiter ein hoher Bedarf an intelligenten Verkehrssystemen. Durch optimierte Multimodalität beziehungsweise Intermodalität, also die Verknüpfung von öffentlichen Verkehrsmitteln mit anderen Mobilitätsangeboten, können Innenstädte nachhaltig entlastet werden. Beispiele sind unter anderem das Zusammenspiel von Bahnreisen und Elektromobilität bei CleverShuttle der Deutschen Bahn oder die Integration von Fahrrädern und E-Scootern in die App der Münchener Verkehrsgesellschaft. In diesem Zusammenhang müssen Städte komplexe Verkehrsmanagementlösungen und die Orchestrierung von Mobilitätsdienstleistern managen.
- Durch die Herausforderungen im Zuge der Corona-Pandemie wurde und wird die Digitalisierung von staatlicher und privater Bildung stark gefördert und erfordert zukünftig höhere Ausgaben für Hardware, Software und Serviceleistungen wie Cloud-Plattformen sowie digitale Lehrinhalte. Ein stärkerer Fokus auf den Bereich „Digitale Bildung“ wird den Standortfaktor
- und die Lebensqualität der deutschen Smart Cities nachhaltig verbessern.
- Mit der zunehmenden Umsetzung von Smart-City-Bausteinen wächst die Menge an generierten Daten stündlich an. Daher sehen Experten einen hohen Bedarf an holistischen Datenmanagement-Plattformen. Cloud-Lösungen sind hier absoluter Treiber und für Smart Cities eine optimale Lösung, um eine verlässliche Datenintegration und Datenauswertungen segmentübergreifend zu etablieren.
- Die flächendeckende Vernetzung im Rahmen aller Marktsegmente machen Investitionen in IT-Sicherheit und Kommunikationsinfrastruktur (zum Beispiel Glasfaser, 5G) unabdingbar. Viele Städte müssen noch die Grundlage ihrer Smart City bauen, andere verwenden ihre solide IKT-Infrastruktur bereits, um die zahlreichen Use Cases auszuschöpfen.

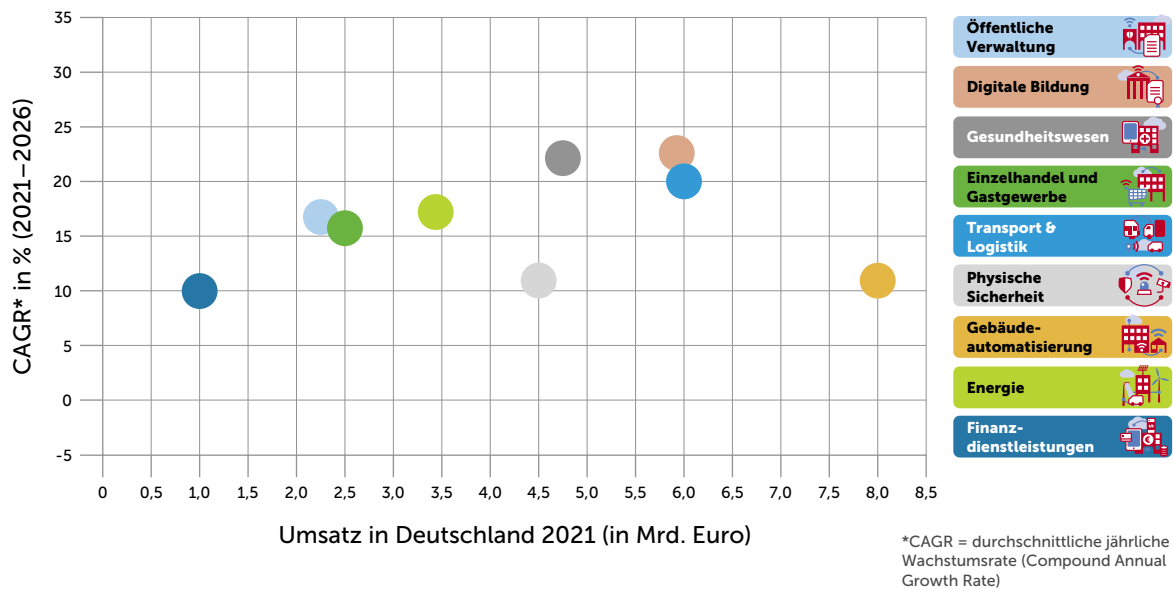
*Christoph Weigler, General Manager
Deutschland, Österreich und Schweiz bei Uber*



„Mobilitäts-Vermittlungsservices wie Uber bieten Alternativen zum eigenen Pkw. Die Verkehrswende braucht einen intelligent vernetzten Mobilitätsmix aus starkem ÖPNV und effizient teilbaren Diensten. Nur in dieser Verbindung und gemeinsam kann der Verkehr in Städten reduziert und die Umwelt entlastet werden.“

Uber

ABB. 6

Umsatz- und Wachstumsvergleich der Smart-City-Segmente in Deutschland

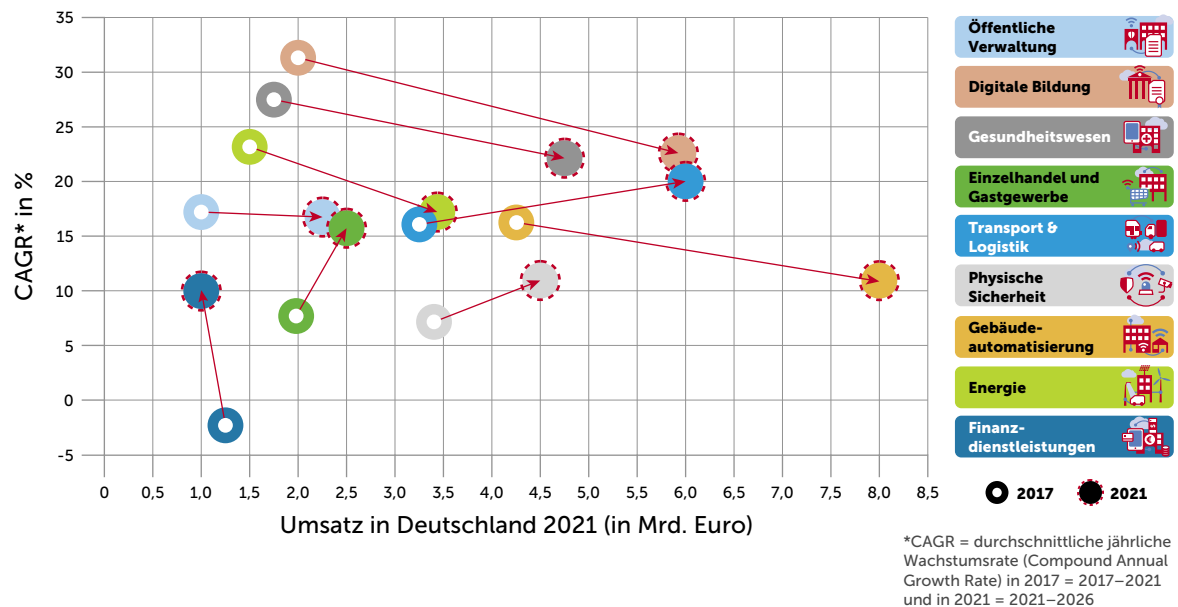
Quelle: eco, Arthur D. Little

Anmerkung: Die Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf den Smart-City-Markt wurden bei der Modellierung des Marktes berücksichtigt.

Der detaillierte Vergleich aller neun Segmente nach Umsatzgröße im Jahr 2021 und jährlichem Wachstum 2021–2026 ist in Abbildung 6 dargestellt. Dies verdeutlicht die Marktpotenziale im Bereich der Smart Cities.

Abbildung 7 zeigt unterschiedliche Dynamiken der Marktsegmente zwischen 2017 und 2021 – sowohl bei der Verteilung als auch beim prognostizierten Wachstum des Umsatzes:

- Über 64 Prozent des gesamten Smart-City-Marktes beanspruchen 2021 die vier Marktsegmente „Gebäudeautomatisierung“, „Transport & Logistik (Mobilität)“, „Digitale Bildung“ sowie „Gesundheitswesen“ für sich. An der Dominanz dieser Segmente wird sich bis 2026 nichts ändern.
- Mit einem jährlichen Wachstum von rund 23 Prozent legt das Marktsegment „Digitale Bildung“ am stärksten zu und kann somit im Vergleich zu führenden Ländern ein Stück weit aufholen. Internationaler Vorreiter ist aus Sicht von eco und Arthur D. Little Schweden, wo ganzheitliche Digitalisierungskonzepte bereits seit Langem verfolgt werden.
- Die Segmente „Finanzdienstleistungen“ sowie „Einzelhandel & Gastgewerbe“ verzeichnen bis 2026 mit rund zehn beziehungsweise 15 Prozent hingegen ein vergleichsweise moderates Wachstum und zählen mit einem Umsatz von jeweils knapp zwei Milliarden Euro im Jahr 2021 zu den kleineren Segmenten des Smart-City-Marktes. Ein verhältnismäßig geringes Wachstum im Laufe der vergangenen Jahre ist unter anderem auf den moderaten Anstieg von digitalen Werbeflächen zurückzuführen, deren Umsätze (2017) knapp 40 Prozent des Segmentes ausmachten. Gleichwohl zeigt ein genauer Blick, dass Sub-Segmente und Wachstumsfelder wie standortbezogene Dienste, sogenannte Location-based Services, sowie bargeldlose Online-Bezahlverfahren (zum Beispiel PayPal) an Bedeutung gewinnen werden und jährliche Wachstumsraten von bis zu 30 Prozent aufweisen.

ABB. 7 Entwicklung der Smart-City-Segmente im Vergleich 2017 und 2021


Quelle: eco, Arthur D. Little

Anmerkung: Die Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf den Smart-City-Markt wurden bei der Modellierung des Marktes berücksichtigt.

2.3 Handlungsbedarf deutscher Städte

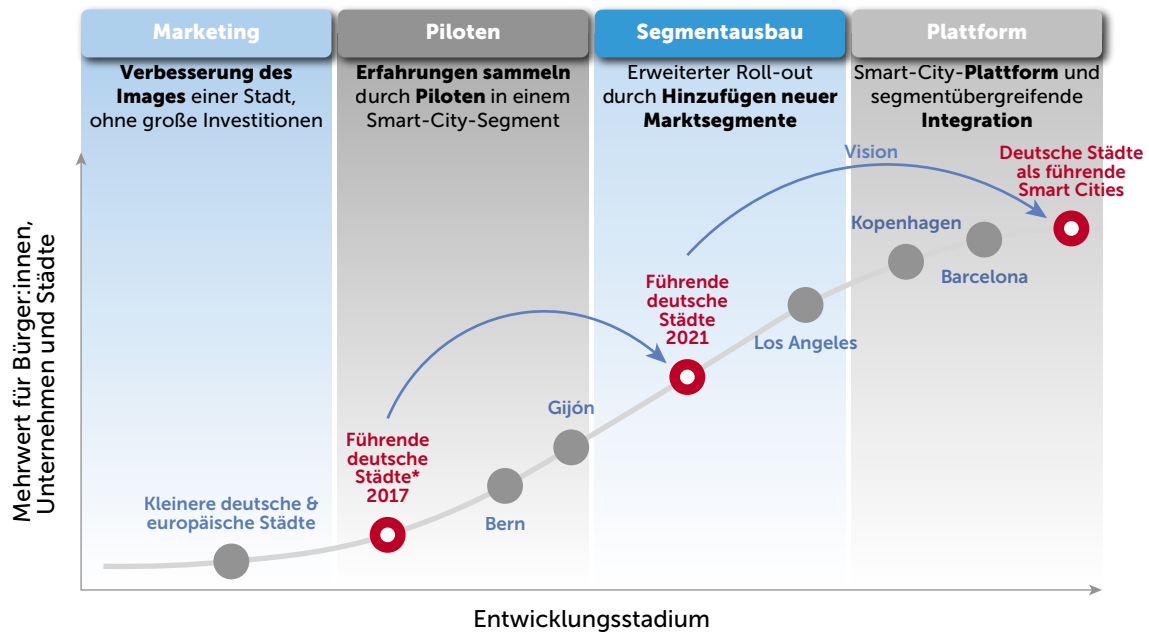
Ein Blick auf globale Smart-City-Indizes zeigt, dass hauptsächlich drei deutsche Großstädte, Hamburg, München und Berlin, im internationalen Vergleich genannt werden. Während Vorreiter wie Barcelona umfangreiche Smart-City-Plattformen aufsetzen und jeweils über 200 Projekte aufweisen können, bewegen sich deutsche Städte nur langsam von vereinzelten Pilotprojekten zum ganzheitlichen Ausbau von Segmenten und Plattformen (Abbildung 8). Spannende Beispiele hierfür sind Köln, Berlin, Hamburg und München. Diese Städte verdeutlichen, dass eine hohe Bevölkerungsdichte, finanzielle Schlagkraft sowie ein umfangreiches Glasfasernetz zentrale Faktoren für die Implementierung von Smart-City-Plattformen sind. Betrachtet man jedoch statt der globalen Metropolen die europäischen Mittelstädte, so ist festzustellen, dass vermehrt deutsche Städte in den Rankings vertreten sind. Vermehrt – jedoch noch viel zu selten. Nach Expertenmeinungen müssen mittelfristig sogenannte Level-2-Städte beziehungsweise Mittelstädte, also Städte mit etwa 100.000 Einwohnern, mit finanziellen Mitteln und der technischen Basisinfrastruktur ausgestattet werden. Ziel dieser Städte und Gemeinden sollte es sein, die richtigen Rahmenbedingungen zu schaffen, die Entrepreneurship und Innovation hervorbringen.

Insbesondere für mittelgroße Städte und Kommunen eignen sich Förderungen, um den Einstieg in die Stadien „Marketing“ und „Piloten“ zu ermöglichen. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesinnenministerium fördern in einer neuen Runde 32 sogenannte „Modellprojekte Smart Cities“ mit über 350 Millionen Euro. Dazu zählen neben Städten wie Mannheim, Paderborn, Rostock und Gelsenkirchen auch 12 interkommunale Kooperationen und Landkreise. Neben dieser konkreten Smart-City-Förderung gibt es eine Vielzahl an weiteren Initiativen in Deutschland:

- Die Klimaschutzinitiative „Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte“ fördert bis zum Jahresende finanzschwache Kommunen mit jeweils bis zu 10 Millionen Euro Zuschuss für nachhaltige Smart-City-Projekte.
- Die Initiative „Energieeffizient Bauen und Sanieren“ unterstützt Kommunen beim Neubau von Nichtwohngebäuden mit Krediten von bis zu 25 Millionen Euro.
- Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unterstützt mit der Informationsplattform der Initiative „Stadt.Land.Digital“ Kommunen bei der zielgruppengerechten Fördermittelsuche für die Entwicklung einer smarten Kommune oder Region.

ABB. 8

Smart-City-Entwicklungsstadien: Deutsche Städte im internationalen Vergleich



Städte wie Köln, München und Hamburg setzen bei der Umsetzung ihrer Smart City auf die sogenannte „Quartiersentwicklung“. Dabei werden Quartiere und Stadtteile im Sinne der Smart City transformiert. Zu Beginn dienen solch smarte Quartiere als Piloten, auf deren Basis die entwickelten Konzepte anschließend skaliert werden können. Als besonders hilfreiches Tool hat sich der sogenannte „Digitale Zwilling“ (Digital Twin) erwiesen. In der Industrie 4.0 ermöglicht dieser die ständige Optimierung von Prozessen und Produktionsvorgängen sowie die Vorhersage von Wartungsbedarfen. Im Kontext der Smart City können Städteplaner:innen und Techniker:innen ihre Stadt in ein virtuelles Modell transformieren und schließlich Energienetze, Verkehrsflüsse oder Ähnliches simulieren und testen.

Laut Expert:innen und Entscheider:innen hindern jedoch Koordinationsaufwände und umständliche Schnittstellen zwischen Auftraggebern, Providern sowie angrenzenden Stakeholdern wie Grundstücks- oder Gebäudebesitzern die zügige Umsetzung der Smart City. Komplizierte Genehmigungs- und Freigabeprozesse kosten Zeit und Ressourcen aufseiten der IT-Provider und der Städte. Eine weitere organisatorische Herausforderung stellt das Datenmanagement dar. Die unzähligen Datenquellen wie Sensoren, Apps und Systeme müssen zusammengebracht und im Rahmen des Datenschutzes orchestriert werden. Dieser Prozess ist äußerst komplex und teuer, sodass insbesondere kleinere Städte an ihre finanziellen Grenzen stoßen. Beispiele wie die Stadt Köln verdeutlichen, wie ein erfolgreiches Zusammenarbeiten verschiedener Akteure gelingen kann.

Case Study Köln

Die Stadt Köln hat frühzeitig das Fundament für ihre Smart City gelegt. Mit einem der größten Glasfaser-anteile in Deutschland bestehen beste Voraussetzungen für die Digitalisierung von Schulen, Verwaltung und Krankenhäusern. Neben dem Aufbau leistungsfähiger Netze adressieren die Stadt Köln und der Stadtwerke Köln Konzern aber auch die Herausforderung des Datenmanagements, um aus den erzeugten Daten auch Wissen generieren zu können. Durch die Schaffung einer nachhaltigen Infrastruktur soll eine zentrale Grundlage für eine effiziente Skalier- und Replizierbarkeit von Smart City Use Cases geschaffen werden. Segmentübergreifend können auf diese Weise dezentrale Daten integriert und nutzbar gemacht werden.

In Köln ist die enge Zusammenarbeit von Verwaltung und kommunalen Unternehmen (unter anderem NetCologne, RheinEnergie, AWB Abfallwirtschaftsbetriebe Köln, KVB und HGK) dabei zentraler Erfolgsfaktor, der auch in Hinblick auf effiziente Genehmigungsprozesse für einen weiteren Ausbau von Glasfaserleitungen, aber auch bei der Identifikation geeigneter Antennen- und Sensorstandorte bei der Gebäudewirtschaft zielführend sein kann. Beispielhaft sind die folgenden Projekte:

- **Smarte Bildung:** Außergewöhnlich hoch ist der Infrastrukturausbau im Bereich Bildung. Köln hat ein bereits seit Jahren etabliertes Schul- und Betriebsmodell:
 - Alle Schulen sind an das NetCologne-Glasfasernetz mit symmetrischen 1-Gbps-Zugängen angebunden.
 - 5.300 Access Points versorgen 250 Schulen flächendeckend mit WLAN.
 - Die IT-Landschaft wurde mit zentraler Verwaltung der Benutzerdaten für die Nutzung unterschiedlicher Cloud-Dienste (zentrales Identity Management System) modernisiert.
 - Insgesamt werden 60.000 Apple- und Windows-Endgeräte an den Schulen betrieben – besonders die Ausstattung an iPads ist in der Pandemie stark angestiegen.
 - Es besteht ein Support- und Betriebsmodell für die IT-Infrastruktur an den Kölner Schulen.
 - Die Stadt Köln hat die Bereitstellung von Microsoft 365 auf die weiterführenden Schulen und die Förderschulen erweitert.
- **Smartes Klima:** Aktuelle Wetterdaten und langfristige Klimadaten sind durch den Klimawandel wesentliche Faktoren für urbane Entscheidungs- und Arbeitsprozesse geworden. Daseinsvorsorge umfasst auch die
- **Smart Parking:** Im Kölner Stadtteil Nippes haben RheinEnergie und die Stadt Köln in enger Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Cleverciti Systems aus München und mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur den Use Case „Smart Parking“ in die Realität umgesetzt. Das Projekt „ParkPilot“ verfolgte unter anderem das Ziel, den Verkehr zu entlasten und die Parksituation in der Gegend zu entspannen. Im Rahmen des Projekts werden rund 800 Parkplätze mithilfe von 80 Sensoren ausgestattet, um den Fahrer:innen zu zeigen, wo ein freier Parkplatz zur Verfügung steht, und um Parkverstöße zu erkennen. Des Weiteren wurden an Laternenmasten 27 Displays angebracht, die den nächsten freien Parkplatz in Echtzeit ausweisen. Diese Maßnahmen werden in einem weiteren Schritt durch eine einfache Smartphone-App durch die RheinEnergie ergänzt. Das System ist seit Juni 2020 in Betrieb. Die ersten Ergebnisse lassen darauf schließen, dass das System von den Verkehrsteilnehmer:innen angenommen wird und funktioniert. Im Vergleich zu Januar 2020 konnte die Parkplatzauslastung von 88,3 Prozent auf 96 Prozent gesteigert werden. 66 Prozent der ursprünglich freien und knappen Parkplätze konnten mithilfe des Systems zielgerichtet gefunden werden und so der Parkplatzsuchverkehr reduziert werden. Interne Evaluierungen des Systems zeigten des Weiteren, dass mithilfe des Systems die durchschnittliche Parkplatzsuchzeit um 45 Prozent und die gefahrene Distanz um 41 Prozent reduziert werden.
- **Smartes Quartier:** In der Stegerwaldsiedlung in Köln befindet sich ein sogenanntes „Smartes Quartier“. Das EU-Horizont-2020-Projekt GrowSmarter ermöglicht ein ganzheitliches smartes und ökologisches Wohnen und Leben. Auf einer Gesamtfläche von 39.000 m² über 689 Wohneinheiten verteilt zeigt die RheinEnergie, dass dezentrale Energieversorgung funktionieren kann. Im Rahmen der energetischen Modernisierung wurden



Kellerdecken, Dachböden sowie Dächer der Gebäude gedämmt. Des Weiteren wurden Fenster gegen Dreifachverglasung ausgetauscht. Teilweise wurden bei Gebäuden die Dachgeschosse ausgebaut. Dadurch ist die Gesamtzahl der Wohnungen um 95 und die Wohnfläche in den Gebäuden um 5.000 m² erhöht worden. Die Treppenhausbeleuchtung wurde durch effiziente LED-Beleuchtung ersetzt und energieeffiziente Aufzüge installiert. Die ehemaligen Gaszentralheizungen wurden gegen moderne Zentralheizungen erneuert. Die Wärmeversorgung erfolgt unter anderem durch 41 elektrisch betriebene Luft-Wasser-Wärmepumpen der RheinEnergie, welche mit einer Kombination aus Photovoltaik-Anlagen und Stromspeichern betrieben werden. Alle Energieanlagen sind über die Energiemanagement-Software „Siedlungsmanagement“ verbunden und werden so integriert gesteuert und optimiert. Durch die genannten Maßnahmen konnten die CO₂-Emissionen um 72 Prozent und der Primärenergiefaktor um etwa 78 Prozent gesenkt werden.

*Statement Timo von Lepel,
Geschäftsführer NetCologne:*

Gerade in den zurückliegenden Monaten der Pandemie wurde deutlich, dass resiliente Infrastrukturen und Städte für unsere künftige Gesellschaft und Wirtschaft überlebenswichtig sind. Das gilt für Köln, aber auch für alle anderen Städte und Gemeinden.

Eine zentrale Grundlage für diese Resilienz sind digitale Infrastrukturen. Dabei geht es um den Aufbau und den Betrieb leistungsfähiger Kommunikationsnetze wie Glasfaser, WLAN oder LoRaWAN – aber wir verstehen in Köln unter dem Begriff der digitalen Infrastruktur noch mehr. Neben der Zurverfügungstellung leistungsfähiger Netze für die Stadtgesellschaft geht es auch um die Schaffung

einer weitergehenden Infrastruktur, um Daten überhaupt nutzbar zu machen – um aus Daten Informationen und damit Wissen zu erzeugen. Dafür gilt es, sowohl neue Datenquellen durch geeignete Sensorik zu erschließen als auch IT-Standards und IT-Infrastrukturen aufzubauen, die eine Integration und Analyse dieser Daten ermöglichen. In einem solchen Internet der Dinge können wir durch die Digitalisierung in nahezu allen Lebens- und Arbeitsbereichen Effizienzen heben. Dies schont Ressourcen und macht die Stadt lebenswerter. Auf diese Weise leisten digitale Infrastrukturen und digitale Technologien ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit und zum Erreichen der Klimaziele.

Wir werden mit einer Smart City nur dann unsere gesellschaftliche wie wirtschaftliche Zukunft bauen können, wenn wir selbstbestimmt auf Basis einer digitalen Souveränität handeln und entscheiden können. Um diese zu erlangen, arbeiten wir mit den verschiedenen Stakeholdern in der Stadt an drei Schwerpunkten:

- 1. Aufbau und Betrieb einer leistungsfähigen und sicheren digitalen Infrastruktur**
- 2. Aufbau und Beherrschung von Schlüsselkompetenzen und Technologien**
- 3. Aufbau eines funktionsfähigen digitalen Ökosystems**



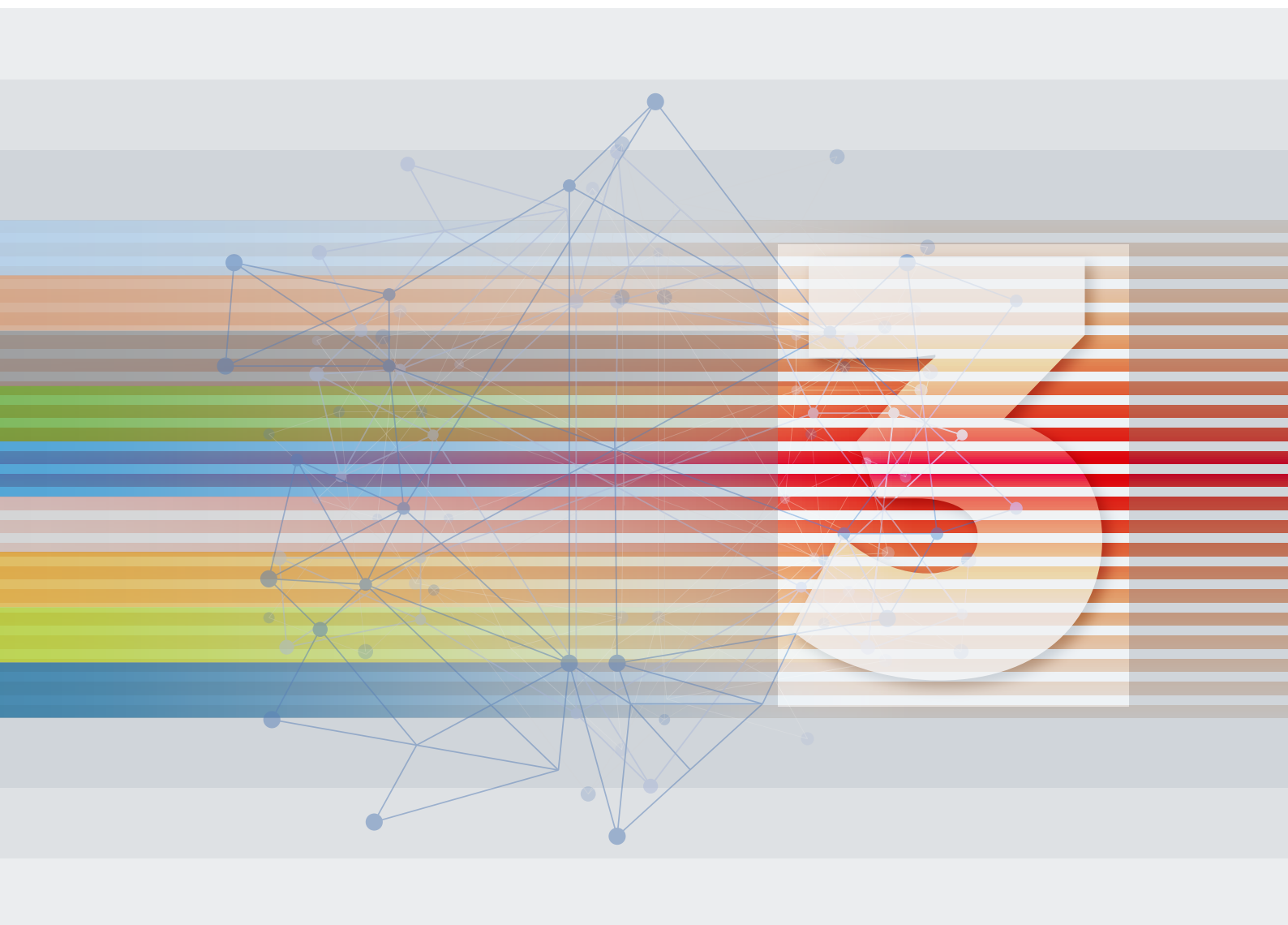
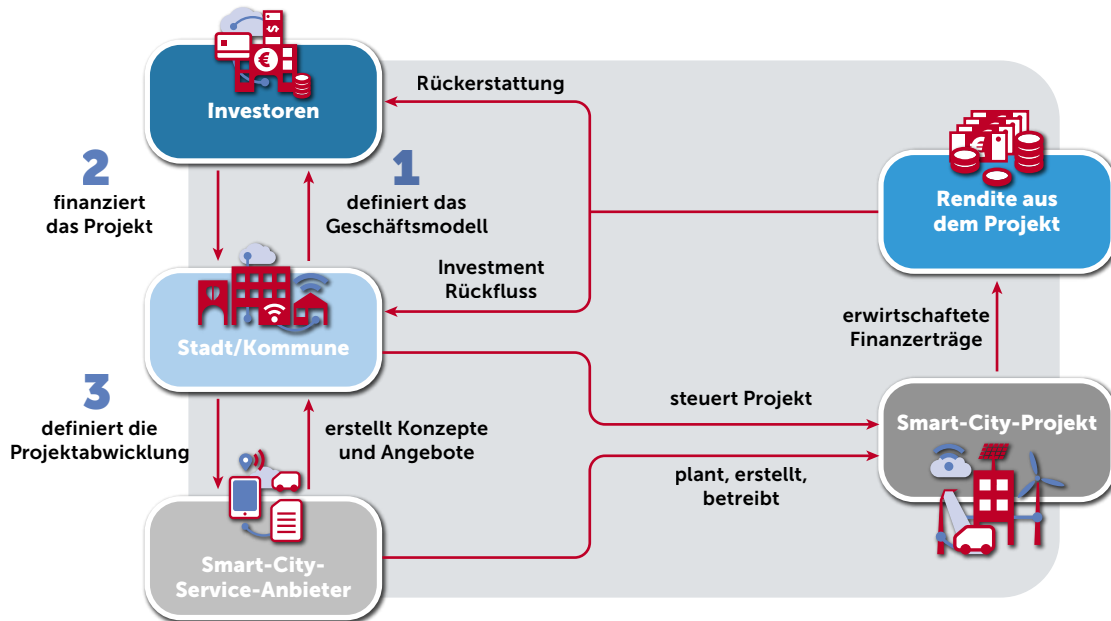


ABB. 9 Investment-Infrastruktur für Smart-City-Projekte


Quelle: eco, Arthur D. Little

3. Moderne Finanzierungsmodelle als Hebel für Smart Cities

Sowohl für große als auch für kleine Städte sowie ganze Regionen gibt es zahlreiche neue Anknüpfungspunkte, um Segmente auszubauen und den Schritt Richtung ganzheitliche Smart-City-Plattformen zu gehen. Die hohe Geschwindigkeit, mit der der private Sektor hier vorangeht, und die zunehmende Konvergenz von innovativen Technologien zwingen Städte geradezu dazu, nachzuziehen, um im nationalen und internationalen Vergleich State-of-the-Art-Infrastruktur für Bürger:innen und Industrie zur Verfügung zu stellen.

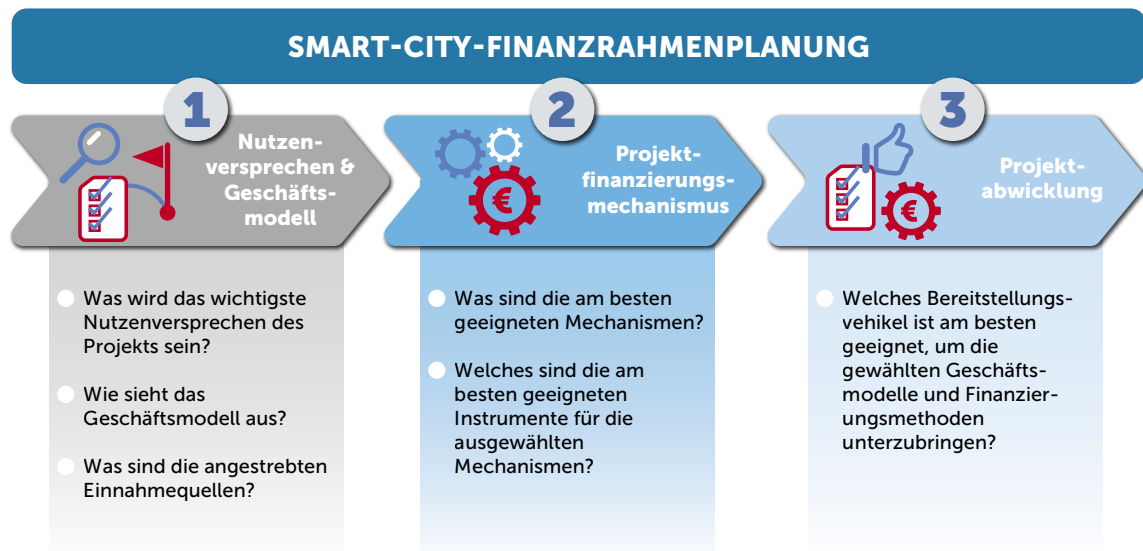
Welche Treiber sind aus Sicht von Bürgermeister:innen und Entscheider:innen wichtig? Der Return on Investment bei Smart-City-Projekten ist für Städte vielseitig. Das motiviert dazu, zusätzliche Smart-City-Projekte anzugehen: Umwelt schonen, Nachhaltigkeit fördern, Bürgersicherheit erhöhen, Innovationen fördern und Kosten senken.

Die grundsätzlichen Herausforderungen sind die hohen initialen Kosten und die – auch durch die Corona-Pandemie – zunehmend limitierten öffentlichen Budgets. Viele Kommunen müssen aufgrund von Schulden sparsam agieren, können sich kaum über die Pflichtausgaben hinausbewegen und müssen daher Projekte priorisieren. Abgesehen von der finanziellen Förderung durch Modellprojekte der EU und der Bundesregierung müssen Städte und Kommunen die Finanzierung überwiegend aus

eigener Kraft stemmen. Somit können deutsche Städte den neuesten Entwicklungen und Möglichkeiten nur hinterherlaufen. Dabei bieten gerade digitale Services und Geschäftsmodelle zahlreiche Möglichkeiten, wichtige Finanzmittel zu erhalten, wie Beispiele in New York City, Eindhoven oder Manchester verdeutlichen. Daher halten zunehmend neue Finanzierungskonzepte im Rahmen von Smart Cities Einzug – auf die auch deutsche Städte vermehrt ein Augenmerk legen sollten.

3.1 Finanzierungsmöglichkeiten für Smart-City-Projekte

Durch die Hinzunahme von privaten Investoren können dringend benötigte und gleichzeitig verlässliche Finanzmittel für Smart-City-Projekte akquiriert werden. Zu potenziellen privaten Investoren zählen Investmentgesellschaften und Banken sowie große, finanzstarke IT-Unternehmen. Insbesondere letztgenannte Finanzierungs-Enabler können zusätzlich wertvolle Ressourcen und Know-how beisteuern, die öffentlichen Institutionen meist nicht zur Verfügung stehen. Die Erfahrung von eco und Arthur D. Little zeigt außerdem, dass Infrastrukturfonds zunehmend bereit sind, in Smart-City-Projekte zu investieren. Auch eine Kombination von öffentlichen Budgets, Fördermitteln, privaten Investoren und IT-Unternehmen ist möglich.

ABB. 10 Dreistufiger Smart-City-Masterplan


Quelle: eco, Arthur D. Little

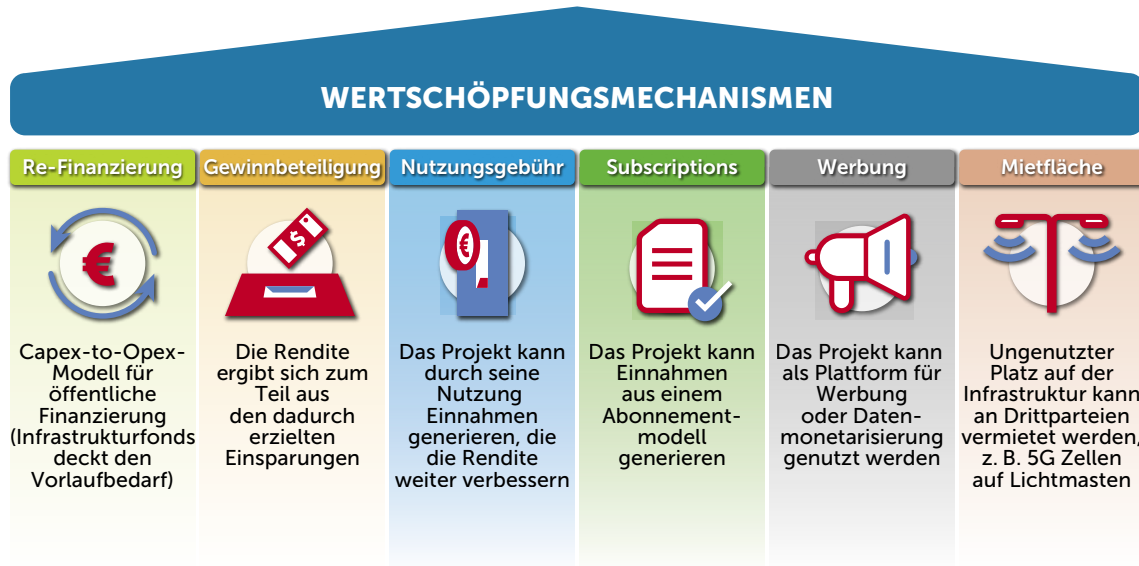
In Abbildung 9 wird ein beispielhafter Komplex aus Co-Finanzierung durch private und öffentliche Investoren aufgezeigt.

Städte sollten bei der Finanzierung von Smart-City-Projekten einen integrierten Ansatz über die wichtigsten Projektphasen hinweg verfolgen. eco und Arthur D. Little sehen für eine gesamthafte Finanzrahmenplanung drei Stufen als essenziell an. Abbildung 10 zeigt den Prozess der Finanzrahmenplanung. Was sich hinter den jeweiligen Stufen verbirgt, wird im Folgenden erläutert.

1. Entwicklung der Value Proposition und des Geschäftsmodells

Oftmals setzen Entscheider:innen lediglich die Smart-City-Projektkosten mit der zu realisierenden Kostenersparnis in Beziehung. Viele Servicebausteine der Smart City bringen aber noch viele weitere – auch monetäre – Vorteile mit sich. Die stetige Vernetzung und Digitalisierung von Services generiert neben signifikanten Kostenvorteilen auch neue digitale Geschäftsmodelle (zum Beispiel Mobilitätsangebote), Nutzungskonzepte und vielseitige Einkommensquellen, wie beispielsweise Daten, Nutzungsgebühren oder Werbemittel. An dieser Stelle entsteht die Basis für neue Finanzierungsmodelle. In Abbildung 11 sind die zentralen Refinanzierungsquellen übersichtlich dargestellt. Für deutsche Smart Cities sind insbesondere folgende Einnahmequellen neben der Kostenreduzierung interessant:

- Städtische Infrastrukturen wie 5G-Netze, Glasfaseranschlüsse oder WLAN-Hotspots können gegen eine Nutzungsgebühr Drittparteien zur Verfügung gestellt werden.
- Ungenutzte Infrastrukturen wie intelligente Straßenlaternen können als Zellen für 5G-Netze oder Sensoren an private Unternehmen vermietet werden.
- Die aus den Smart-City-Bausteinen generierten Daten können, unter Berücksichtigung von DSGVO und anderen rechtlichen Rahmenbedingungen, kommerziell vermarktet und gleichzeitig zur Verbesserung öffentlicher Services verwendet werden.
- Das Vermieten von zusätzlichen Werbeflächen – zum Beispiel auf smarten Mülltonnen oder digitalen Informationsflächen – generiert zusätzliche Einnahmen.

ABB. 11 Wertschöpfungsmechanismen in Smart-City-Ökosystemen


Quelle: eco, Arthur D. Little

2. Auswahl des Finanzierungsmechanismus

Auf Basis der identifizierten Geschäftsmodelle sowie Einnahme- und Refinanzierungsquellen können Entscheidungen über die Form der Finanzierung und der Ausgestaltung der Finanzierungsmechanismen getroffen werden. Grundsätzlich stehen Smart Cities die folgenden Mechanismen zur Verfügung:

Finanzierungsmechanismus	Beschreibung
Traditionelle Projektfinanzierung	Traditionelle finanzielle Bewertung des Projekts, die sich auf zukünftige Cashflows konzentriert
Kredite und Leasingverträge	Das Projekt wird im Laufe der Zeit bezahlt, wobei die Zahlungen von der öffentlichen Hand oder den Verbrauchern kommen – in der Regel durch eine dritte Partei.
Lieferantenfinanzierung	Die Finanzierung kommt von einem Anbieter, z. B. einem Geräteverkäufer oder einem Bauunternehmer, der die damit verbundenen Risiken besser einschätzen kann.
Verbrauchsabhängige Finanzierung	Die Finanzierung erfolgt über die Lieferantenebene und wird vom Projekteigentümer nach Verbrauch bezahlt. Die Kapazität kann je nach Bedarf angepasst werden.
„As-a-Service“-Finanzierung	Die Technologie wird als Service und nicht direkt gekauft.
Vorzugsfinanzierung	Ein Zugeständnis wird erteilt, wodurch das Projekt zusätzliche Einnahmen und eine schlanke Kostenbasis erhält.
Finanzierung mit Erlösbeteiligung	Das Projekt erhält eine Finanzierung durch das Angebot einer Beteiligung an den zukünftigen Einnahmen.
Eigenkapitalfinanzierung	Die Finanzierung kommt von einer dritten Partei, die als strategischer Partner agiert und z. B. das Modell auf andere Städte skaliert.

Bei der Auswahl müssen vor allem die individuellen Anforderungen hinsichtlich Zeit, Dynamik und weiteren Kriterien berücksichtigt werden. Es müssen Rechte, Rollen und Regeln innerhalb der Finanzierungs constellation definiert werden. Branchenexperten empfehlen, transparente Key Performance Indicators (KPIs) zu entwickeln, Risiken zu identifizieren und den Wert der Investitionen anhand dieser und weiterer Aspekte abzuschätzen. Als übliches Tool kommt hier die Amortisationsrechnung zum Einsatz, um verschiedene Konstellationen und Finanzierungsmechanismen für jeden Use Case zu vergleichen.

3. Geeignete Varianten der Projektabwicklung festlegen

In einem weiteren Schritt muss abschließend die Einbeziehung der Investoren und Anbieter festgelegt werden. Traditionell streben Behörden eine geringe Beteiligung der privaten Stakeholder in Form von direkten Lieferungen von Produkten und Services oder konventionellen Einkaufsprozessen anhand von spezifischen Anforderungen an. Mit den oben genannten neuen Refinanzierungsquellen und den komplexen Anforderungen an Smart-City-Projekte erweist sich eine stärkere Beteiligung von privaten Stakeholdern als interessante Projektabwicklungsvariante. Beispiele hierfür sind Joint Ventures oder auch Lizenzierungsverträge. Sie bieten den Entscheider:innen zwar eine klare Definition von Aufgaben und Zuständigkeiten, aber weiterhin ein hohes Risiko bei geringer Flexibilität. Eine noch stärkere Bindung kann durch Partnerschaften oder Franchising implementiert werden. Diese Varianten ermöglichen einen besseren Wissenstransfer zwischen Stadt und Anbieter sowie ein flexibles Setup. Allerdings erfordern solche Konstellationen besondere Rahmenbedingungen (Vertrauen, Prozesse). Das Beispiel von Gijón veranschaulicht eine solche Privatisierung in Form einer Lieferantenfinanzierung.

Smart Lighting in Los Angeles

Am Beispiel von Smart Lighting (siehe Abbildung 2) in Los Angeles zeigen sich die vielfältigen Geschäftsmodelle und deren Vorteile. Die Stadt hat vier zentrale Refinanzierungsquellen identifiziert, um die ineffizienten Straßenlaternen durch neue LED-Lampen zu ersetzen:

- Energieeinsparpotenzial (63 Prozent)
- Einsparungen durch optimierte Instandhaltung und Wartung (2–3 Millionen USD)
- Nutzungsgebühren für EV-Ladesäulen
- Leasinggebühren von Zellen für 4G-Technologien

Anhand dieser Zahlungsströme entschied sich die Stadt, die Bank of America als privaten Investor und Kreditgeber in das Projekt zu integrieren. In Form einer klassischen Kreditfinanzierung wurden die finanziellen Mittel durch die Bank zur Verfügung gestellt und mithilfe der Energieeinsparungen und der Kosteneinsparungen für Instandhaltung über 10 Jahre getilgt. Darüber hinaus konnten zusätzliche Einnahmen generiert werden. Analysen von eco und Arthur D. Little schätzen, dass in diesem Fall sogar eine Rendite von etwa 10 Prozent erzielt werden konnte. Solche Projekte beweisen, wie auch ohne Fördermittel eine Smart City vorangetrieben werden kann.

Energiemanagementsystem in Gijón

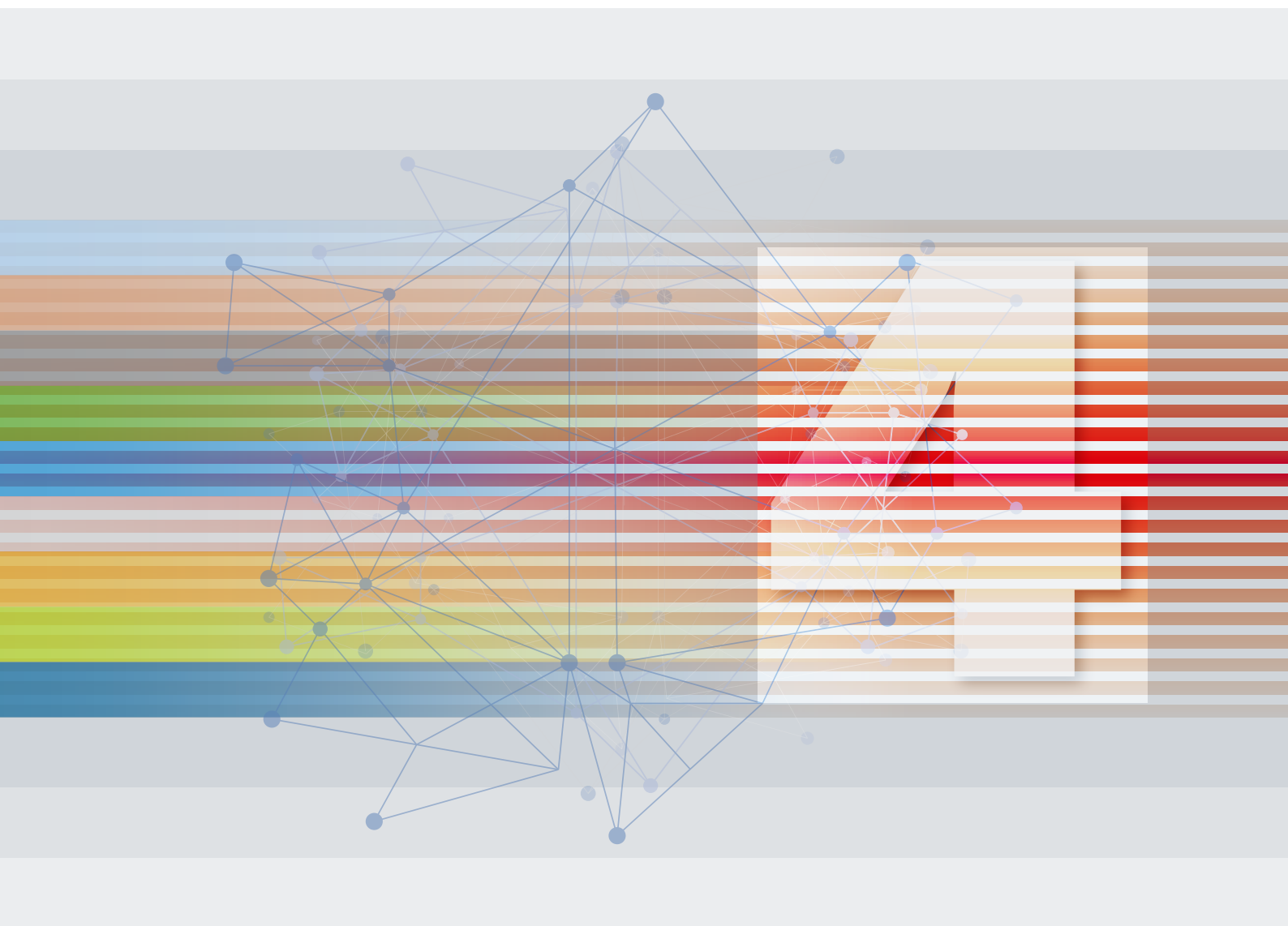
Die Stadt Gijón an der spanischen Nordküste ist eine von zahlreichen Smart Cities in Spanien, die mit hoher Dynamik Innovationen vorantreibt. Um ihre Ziele – beispielsweise Energieeinsparung, Erzeugung von Innovations-Ökosystemen, Modernisierung der öffentlichen Verwaltung und Förderung von technischem und organisatorischem Know-how – zu erreichen, ist die Verwaltung neue, mutige Wege in der Vergabe und Finanzierung von Smart-City-Projekten gegangen. Ein prägnantes Beispiel ist Gijóns smartes Energiemanagementsystem. Hier setzte die Stadtverwaltung ein aufwendiges Ausschreibungsverfahren auf, definierte grundsätzliche Anforderungen an das System und überließ die Thematik der Finanzierung und Umsetzung den Bietern. Eine solche „Vendor-Finanzierung“ bedeutet, dass der Geschäftspartner – meist ein großer IT-Dienstleister – für die Finanzierung des Projekts und für die Auswahl von weiteren Geschäftspartnern und deren Koordination zuständig ist. Im Fall von Gijón sollten beispielsweise auch Subventionen durch den Lieferanten beantragt werden. Basierend auf einem technischen Scoring sowie der Berücksichtigung des Projektpreises wurde der beste Anbieter ausgewählt.

Vorteile für die Stadt:

Die „Vendor-Finanzierung“ hat den Vorteil, dass Gijón auf die Expertise des Geschäftspartners in der Findung von verlässlichen Finanzmitteln, Partnern und letztendlich IT-Dienstleistern vertrauen kann. Des Weiteren konnte die Stadt auf diese Weise Ressourcen und Kommunikationsaufwände einsparen, da nur ein Austausch zwischen Stadt und dem Geschäftspartner stattfinden muss.

Vorteile für den Lieferanten:

Für IT-Provider, aber auch für Investoren ist das Finanzierungsmodell von Gijón gut geeignet, um in den Markt zu gelangen und anschließend die Technologien und Geschäftsmodelle zu skalieren. Gleichzeitig profitieren sie von dem engen Austausch mit zentralen Entscheidungsträgern in Gijón. Damit erhalten sie Zugriff auf Informationen, öffentliche Prozesse, weitere Ausschreibungen und können somit strategische Entscheidungen und Investitionen besser steuern.



**Vodafone Institut
für Gesellschaft
und Kommunikation**

ABB. 12 Smart City und UN-Nachhaltigkeitsziele


Quelle: United Nations, eco, Arthur D. Little

4. Smart Cities und Nachhaltigkeit

4.1 Betrachtung von Nachhaltigkeit in der Smart City

Smart-City-Initiativen bieten ein immenses Potenzial, Nachhaltigkeitsziele, die von der UN und EU formuliert wurden und denen sich die deutsche Bundesregierung ebenfalls verschrieben hat, zu erreichen. Der gezielte Einsatz von innovativen Technologien und digitalen Anwendungen im Kontext von Smart City ermöglicht unter anderem die Einsparung von Ressourcen und die Steigerung von Effizienzen und trägt somit maßgeblich zum Klimaschutz bei. In Zeiten des zunehmenden Bewusstseins für die Klimakrise ist dies ein entscheidender Faktor. Auch wenn die bundesweiten CO₂-Emissionen in den letzten Jahren kontinuierlich reduziert werden konnten, wären die Klimaziele im Jahr 2020 ohne digitale Technologien und Anwendungen, die während des Corona-Lockdowns vermehrt eingesetzt wurden, stark gefährdet gewesen. Denn richtig eingesetzt ist die Ökobilanz digitaler Technologien und Anwendungen eindeutig positiv und kann im Kontext von Smart City exemplarisch umgesetzt und – gegebenenfalls auch mit neuen Geschäftsmodellen kombiniert – monetarisiert werden.

2019 hat die Bundesregierung das Klimaschutzgesetz verabschiedet. Doch aufbauend auf neuen EU-Vorgaben und demzufolge unzureichenden beschlossenen Maßnahmen wurden im Mai 2021 die Klimaziele für Deutschland nachgeschärft und verbindliche Emissionsziele beschlossen. Grundsätzlich gilt, die deutschen Klimaziele sind ambitioniert: Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 65 Prozent (in der EU nur um mindestens 40 Prozent) im Vergleich zu 1990 reduziert werden. Bis 2045 soll Deutschland schließlich komplett klimaneutral sein. Die EU setzt hier lediglich eine Senkung der Emissionen von 80 Prozent bis 95 Prozent voraus. Entsprechend dieser Zielsetzungen verfolgen deutsche Städte und insbesondere Smart Cities eine ehrgeizige Klimapolitik. München, Heidelberg, Berlin und weitere große Städte möchten bis 2050 klimaneutral sein. Im Vergleich zu internationalen Vorreitern wirken die Ziele dennoch nicht überambitioniert. So plant Kopenhagen, bis 2025 klimaneutral zu sein. Dabei spielen Smart-City-Konzepte eine entscheidende Rolle.

Klimaneutral im Jahr 2025 – Kopenhagens Smart-City-Ansatz

Trotz eines erwarteten Bevölkerungszuwachses von rund 20 Prozent in den nächsten zehn Jahren hat sich Kopenhagen das Ziel der Klimaneutralität bereits für das Jahr 2025 gesetzt. Damit möchte die dänische Hauptstadt die erste klimaneutrale Großstadt der Welt sein und beweisen, dass nachhaltiges Leben im Einklang mit wirtschaftlichem Wachstum und technologischem Fortschritt stehen kann. Ein dreistufiger Plan, der sich an den vier zentralen Säulen Energieverbrauch, Energieproduktion, Stadtverwaltung und Mobilität orientiert, soll Kopenhagen zu diesem einzigartigen Ziel führen.

Säulen	Ziele 2025
Energieverbrauch	→ 20 % Reduktion des Wärmeverbrauchs → 20 % Reduktion des Stromverbrauchs in Unternehmen → 10 % Reduktion des Stromverbrauchs in Haushalten
Energieproduktion	→ Klimaneutrale Fernwärmeversorgung → Windkraft und energetische Nutzung von nachhaltiger Biomasse
Stadtverwaltung	→ 40 % Reduktion des Energieverbrauchs von öffentlichen Gebäuden → Klimaneutrale städtische Fahrzeugflotten → 60.000 m² Solarpanels auf öffentlichen Gebäuden
Mobilität	→ 75 % aller Mobilität findet zu Fuß, mit Fahrrädern oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln statt → Der öffentliche Verkehr ist klimaneutral → 20–30 % aller leichten Fahrzeuge werden mit neuen umweltfreundlichen Kraftstoffen betrieben → 30–40 % aller schweren Fahrzeuge fahren mit neuen umweltfreundlichen Kraftstoffen

Die Smart-City-Strategie von Kopenhagen besitzt somit einen starken Fokus auf intelligente und dezentrale Energieversorgungssysteme, Smart Buildings und Smart Homes, die Förderung von und Befähigung zu alternativen Kraftstoffen sowie eine Stärkung der öffentlichen Verkehrsmittel. Zwischen 2005 und 2014 konnten die jährlichen

Emissionen bereits um 31 Prozent gesenkt werden. Auch wenn die Stadt das für 2016 gesetzte Ziel um 300.000 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen verfehlt hatte, sind die Bemühung und die Transparenz der Stadt in Bezug auf Klimafragen beeindruckend und ein Vorbild für zahlreiche europäische Städte.

eco und Arthur D. Little stellen fest, dass alle Smart-City-Segmente die Nachhaltigkeit der Städte, also auch die Lebensqualität und Infrastruktur in den Städten im Allgemeinen, positiv beeinflussen. Eine Vielzahl an Servicebeispielen führt nachweislich zu einem reduzierten Ressourcenverbrauch (zum Beispiel reduzierter Energieverbrauch oder Papierverbrauch). In Kombination mit der Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien können somit fossile Ressourcen geschont und CO₂-Emissionen reduziert werden. In vielen Bereichen verringern Smart Cities nicht nur Emissionen, sondern gleichzeitig auch die Lärmbelastung und Luftverschmutzung.

Eine qualitative Gegenüberstellung der einzelnen Servicebausteine der Smart City mit den Nachhaltigkeitszielen der UN führt zu folgenden Erkenntnissen:

- Alle Segmente – zumindest in Form von einzelnen Services – tragen bei korrekter Anwendung zum

Klimaschutz bei. In den meisten Fällen werden durch eine intelligente Steuerung von Systemen Ressourcen eingespart und somit direkt oder indirekt Treibhausgasemissionen reduziert.

- Insbesondere in den Bereichen „Transport & Logistik (Mobilität)“, „Energie“ und „Gebäudeautomatisierung“ können durch den Einsatz digitaler Technologien und Anwendungen, eingebunden in einen städtebaulichen Kontext, die vermehrte Verwendung erneuerbarer Energie und die Steigerung der Energieeffizienz maßgeblich zu den Klimazielen beitragen. An dieser Stelle haben Städte großen Einfluss, sehen sich aber gleichzeitig auch großen Herausforderungen und hohen finanziellen Hürden ausgesetzt: Große Projektumfänge, zahlreiche wichtige Stakeholder, unzählige Schnittstellen und demzufolge ein enormer Koordinationsaufwand.

4.2 Nachhaltigkeitseffekte der Smart-City-Segmente

Ein Großteil der positiven Umwelteffekte von Smart Cities lässt sich auf „virtuelle Mobilität“ zurückführen. Durch virtuelle Meetings werden Fahrten und Reisen reduziert: Durch Telemedizin entfällt der Weg zum Arzt, durch E-Banking die Fahrt zur nächsten Bank, durch Online-Shopping der Weg in die Innenstadt. Die möglichen Use Cases erstrecken sich über alle Segmente und sie haben sich mit der Corona-Pandemie vermehrt etabliert. Zum Beispiel konnte Greenpeace im Rahmen einer Studie die Umweltvorteile von Homeoffice nachweisen und die Universität Freiburg konnte die positive Klimabilanz von virtuellen und hybriden Konferenzen belegen.

Layer 1 und 2 der Internetwirtschaft

Nicht nur das Streamen von Videocalls, Filmen oder Serien, sondern auch das Betreiben von IoT-Lösungen erfordert energieeffiziente Kommunikationssysteme und Rechenzentren. Studien haben gezeigt, dass Glasfaser und 5G aufgrund der effizienteren Übertragung von Daten enorme Vorteile im Vergleich zu deren Vorgängern DSL und 3G besitzen. Laut Vodafone ist die Übertragung von mobilen Daten mittels 5G-Infrastrukturen zu 98 Prozent effizienter als mit 3G. Die durch den Übertragungsprozess produzierte Energie kann wiederum effizient genutzt werden: Abwärme in Rechenzentren kann zum Beispiel verwendet werden, um „Vertical Farming“ (systematisches und skaliertes Indoor Farming) zu betreiben oder sogar Wohngebiete mit Wärme zu versorgen. Laut einer Studie des Borderstep Instituts könnten bis 2030 rechnerisch alle privaten Haushalte und Bürogebäude in Frankfurt am Main mit Abwärme aus Rechenzentren versorgt werden. Zusätzlich versprechen viele große Netzwerkbetreiber wie Vodafone, in den kommenden Jahren ihre Infrastruktur und Prozesse mithilfe von erneuerbarer Energie, Kreislaufwirtschaft und grünen IoT-Lösungen klimaneutral zu betreiben.

Ausgewählte Segmente haben eco und Arthur D. Little auf die wichtigsten Nachhaltigkeitsaspekte geprüft:

Transport & Logistik (Mobilität)

Im Bereich „Transport und Logistik (Mobilität)“ bieten ganzheitliche, intermodale und verbundene Verkehrsplattformen und das zunehmende Angebot von Sharing-Konzepten hohe Klimaschutzpotenziale durch weniger Individualverkehr und durch die damit verbundene Reduktion von Emissionen. Indirekte Effekte durch die Optimierung des Verkehrs sind unter anderem weniger Staus und Wartezeiten, verkürzte Parkplatssuche, effizientere Fahrweisen und schließlich klimafreundliche Verkehrsmittel. In Summe trägt der Bereich Transport und Logistik durch direkte und indirekte Nachhaltigkeitseffekte maßgeblich zur Senkung der CO₂-Emissionen bei. Für die Stadtbewohner:innen implizieren die Veränderungen einen höheren Komfort, mehr Flexibilität und enorme Zeit- und Stressreduktion.

Gebäudeautomatisierung

Smart Lighting und Smart Home können nachweislich die Energieeffizienz steigern und CO₂-Emissionen reduzieren. Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI ging bereits 2017 von einem Einsparpotenzial von etwa 20 Prozent aus. Mit neuen Trends wie dem intelligenten Fenstergriff von Vodafone lässt sich neben dem Luftklima in Gebäuden auch der Energieverbrauch optimieren. Öffentliche Gebäude und Institutionen können als Vorbilder für private Smart-Home-Systeme fungieren. Außerdem können mit Predictive-Maintenance-Ansätzen CO₂-Emissionen ständig optimiert werden.

Energie

Erneuerbare Energien sind der Treibstoff der nachhaltigen Smart City. Denn wird die städtische E-Fahrzeugflotte oder das private E-Auto mit Kohlestrom betrieben, so ist der Fußabdruck pro Kilometer fast 25 Prozent höher als bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren. Um städtische Fahrzeugflotten und den privaten Autoverkehr elektrisch zu betreiben, ist der Ausbau elektrischer Ladestationen mit grüner Energie als zentrale Grundlage für nachhaltige

Mobilität wichtig. Auf diese Weise würden für E-Autos keine verbrauchsabhängigen CO₂-Emissionen mehr anfallen.

Die Entwicklung von dezentralen Erzeugungsanlagen in deutschen Städten kann den Anteil der erneuerbaren Energien weiter erhöhen. Dabei werden beispielsweise lokale Solar- und Windkraftanlagen zu dezentralen Netzen verbunden und direkt als Energiequelle verwendet. Hierzu braucht es digital gestützte Smart Grids, die die Volatilität der Energiegewinnung mit der benötigten Stabilität der Netze ausgleichen. Durch den höheren Anteil an erneuerbaren Energien können die CO₂-Emissionen für städtische Gebäude und Liegenschaften wie beispielsweise in Münster um bis zu 30 Prozent reduziert werden.

Gesundheitswesen

In diesem Segment ist ein massives Potenzial vorhanden: Der Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß liegt bei 4,4 Prozent. Investitionen in die Digitalisierung von Krankenhäusern und Gesundheitsbehörden haben somit nicht nur einen direkten Einfluss auf das Wohlbefinden der Bürger:innen, sondern auch auf die Umwelt.

Neben reduzierten CO₂-Emissionen durch digitale Gesundheitsapplikationen kann auch der Verbrauch an Textilien durch zirkuläre Geschäftsmodelle und digitale Technologien in Krankenhäusern reduziert werden. Mit digitalen Rezepten und Verpackungsbeilagen werden Papierverbräuche und dementsprechend CO₂-Emissionen verringert.

Einzelhandel & Gastgewerbe

Online-Shopping und Lieferdienste in der Stadt können durch Aggregation von Lieferwegen das Shoppen aus logistischer Sicht effizienter gestalten. Gleichzeitig erhöht Online-Shopping die Belastung auf die urbane Logistik. In Kombination mit intelligenten Lieferservices und Verkehrssystemen lassen sich insgesamt dennoch Einsparpotenziale erzielen. Zudem könnten mit smarten Automaten Gebäudeflächen reduziert werden und der Einsatz von AR/VR-Brillen durch private und kommerzielle Kunden könnte perspektivisch jeden Weg in das Einkaufszentrum oder

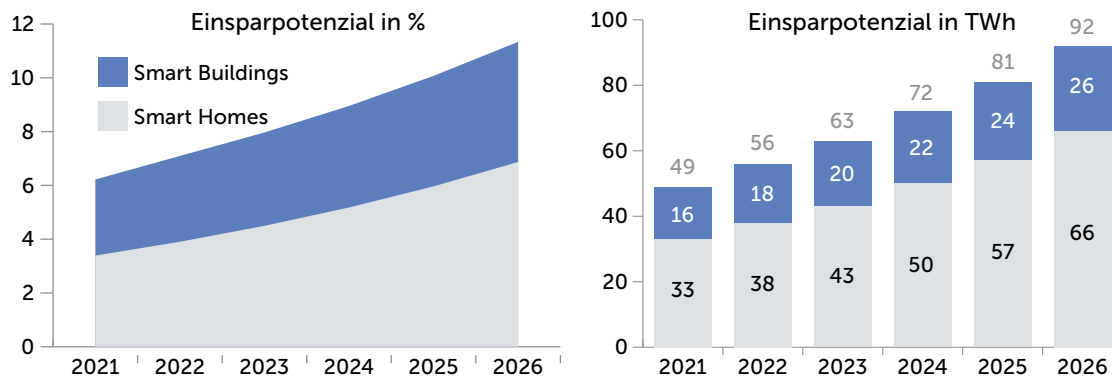
zum Geschäftstreffen ersetzen. Digitales Marketing und digitale Werbeflächen tragen zunächst durch hohe Induktionseffekte zu gesteigertem Konsum und dadurch zu potenziell höheren CO₂-Emissionen bei. Hervorzuheben ist das Potenzial der modernen Blockchain-Technologien, in der Lebensmittelbranche für mehr Transparenz in der Supply Chain zu sorgen sowie faire und ökologische Produkte zu garantieren.

Die Beispiele und die Analyse der einzelnen Segmente demonstrieren, dass eine segmentübergreifende Betrachtung notwendig ist: Die Nachhaltigkeit von digitalen Services hängt von der Energieeffizienz ihrer Kommunikationssysteme und Rechenzentren ab. Der Fußabdruck von elektrischen Fahrzeugflotten wird maßgeblich durch den Anteil grüner Energien geprägt. Smart Cities müssen somit vernetzt denken. Umfassende Smart-City-Plattformen schöpfen dank der Synergien zwischen den Segmenten das ganzheitliche Nachhaltigkeitspotenzial aus. Dabei wird deutlich, dass die Segmente nicht nur direkt feststellbare und messbare Effekte für die Städte haben, sondern sie dienen gleichzeitig als Ökosystem und Treiber für zusätzlichen nachhaltigen Fortschritt. So können beispielsweise Ladesäulen für öffentliche Verkehrsmittel ein Enabler für elektrische Müllfahrzeuge sein und langfristig private E-Mobilität fördern.

4.3 Quantitative Nachhaltigkeitseffekte

Während die sehr allgemeinen UN-Ziele zur grundsätzlichen Orientierung deutscher Städte dienen, erfordert die Priorisierung von konkreten Smart-City-Bausteinen eine detailliertere Betrachtung. Um Klimaneutralität zu erreichen, müssen Investitionsentscheidungen anhand von quantitativen Nachhaltigkeitseffekten abgewogen werden. Dies lässt sich in aufwendigen Modellen darstellen, die eine Vielzahl von Annahmen voraussetzen. Der Aufwand lohnt sich jedoch und die Auseinandersetzung mit direkten und indirekten Effekten sowie Rebound- und Induktionseffekten wird Entscheider:innen bei kritischen Investitionsentscheidungen sensibilisieren.

Die Anwendung eines vereinfachten Modells auf beliebte und häufig vorkommende Smart-City-Bausteine zeigt, dass

ABB. 13 Nachhaltigkeitsseffekte von Smart Buildings und Smart Homes

Öffentliche und gewerbliche Gebäude (319 TWh) und private Haushalte (644 TWh) verzeichnen einen enorm hohen Energieverbrauch und sind daher für 30% der CO₂-Emissionen in Deutschland verantwortlich.



Das Ziel – Klimaneutralität von Gebäuden und Haushalten – erfordert eine stärkere Marktdurchdringung, weitere Effizienzsteigerungen und erneuerbare Energien.

Quelle: Deutsche Energie-Agentur, eco, Arthur D. Little

mit der prognostizierten Marktentwicklung und -durchdringung der Segmente erstaunliche Einsparpotenziale realisiert werden können. Einen der größten Hebel bietet beispielsweise der Bereich „Smart Buildings“ und das „verwandte“ Feld „Smart Home“. Mit diesen Technologien können jeweils bis zu 20 Prozent des Energiebedarfs (Fraunhofer, 2017) vermieden werden. Wie in Abbildung 13 dargestellt, erwarten eco und Arthur D. Little in Bezug auf den gesamten Gebäudesektor eine Einsparung von bis zu 12 Prozent beziehungsweise 92 Terawattstunden im Jahr 2026. Umgerechnet in CO₂-Äquivalente ergibt dies 275 Millionen Tonnen CO₂ über den Zeitraum von 2021 bis 2026 (bei einem erwarteten Ausstieg aus dem Kohlestrom in Deutschland bis 2038). Allerdings spielt der lokale Strommix, sprich der Anteil an erneuerbaren Energien, eine zentrale Rolle.

Ein weiterer vielversprechender Anwendungsfall ist die Kombination von Smart Lighting und Smart Parking. Viele Städte und Kommunen ersetzen ihre Straßenbeleuchtung mit modernen LED-Technologien, die bis zu 70 Prozent weniger Strom verbrauchen (ÖÖ Energiesparverband, 2020). Der große Nachhaltigkeitseffekt zeigt sich allerdings erst, wenn man die Straßenlaternen intelligent vernetzt, mit Sensoren ausstattet und zusätzlich die damit entstehende Infrastruktur für Smart-Parking-Systeme verwendet. In diesem Fall wird zum einen die Brenndauer um weitere 50 Prozent reduziert. Zum anderen werden durch die optimierte Parkplatzsuche etwa 1,3 Millionen Tonnen CO₂ jährlich eingespart (Abbildung 14). Diese Kombination bietet nicht nur ökologische Vorteile: Städte können bis

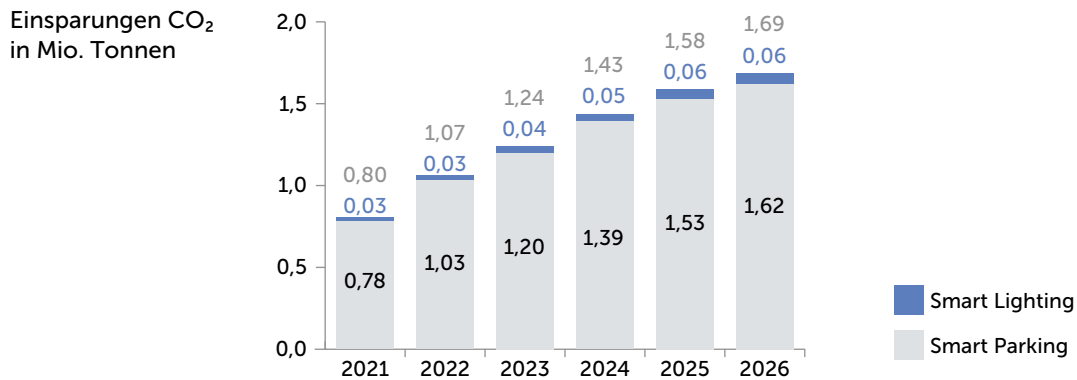
2026 insgesamt 184 Millionen Euro Energiekosten einsparen und 480 Millionen Euro Einnahmen durch Smart Parking generieren, während bei den Bürger:innen bis zu 34 Milliarden Euro Parkplatz-Suchkosten entfallen.

Im Bereich Mobilität ermöglichen Car-Sharing-Angebote direkte Nachhaltigkeitseffekte von rund 0,52 Millionen Tonnen CO₂ bis 2026. Auch wenn die Zahl im Vergleich relativ klein erscheint, bieten stationsbasierte Lösungen eine attraktive Investition, die sich vielfältig in einer Stadt bemerkbar macht (zum Beispiel Fahrzeugreduktion in Städten).

Da die genannten Beispiele selbst einen nicht zu vernachlässigenden Energieverbrauch innehaben, ist die Umstellung von Kupferverbindungen zu Glasfaserleitungen auch aus dieser Perspektive wichtig. Durch die Einführung von Glasfaser erwarten eco und Arthur D. Little bis 2026 beim Datentransport eine Einsparung von CO₂-Emissionen in Höhe von 270.000 Tonnen.

Aus den Analysen lassen sich zentrale Handlungsempfehlungen für etablierte und neue Smart Cities in Hinblick auf die Erreichung von Klimazielen formulieren:

- Deutsche Städte müssen die Voraussetzungen für nachhaltige digitale Services schaffen. Unter anderem müssen energieeffiziente Rechenzentren (vor allem durch verstärkte Nutzung der Abwärme) sowie ressourcenarme Kommunikationsdienste implementiert und erneuerbare Energien verwendet werden. Hier-

ABB. 14 Nachhaltigkeitsseffekte von Smart Lighting und Smart Parking

Etwa 30 % des städtischen Pkw-Verkehrs entfallen auf die Parkplatzsuche. So ergeben sich ein jährlicher CO₂-Fußabdruck von rund 8,9 Mio. t CO₂ und Suchkosten von rund 40 Mrd. €.



Smart-Lighting-Projekte sollten gleichzeitig als Grundlage für weitere nachhaltige Smart-City-Komponenten wie beispielsweise Smart Parking mit höheren Effekten genutzt werden.

Quelle: ADAC, INRIX, eco, Arthur D. Little

für müssen unter anderem Rahmenbedingungen für einen attraktiven Einsatz von Wärmepumpen zur Aufbereitung der Abwärme für kommunale Nah- und Fernwärmenetze geschaffen werden. Gleichzeitig empfiehlt sich ein professioneller Schutz des Ökosystems durch Investitionen in Cybersicherheit.

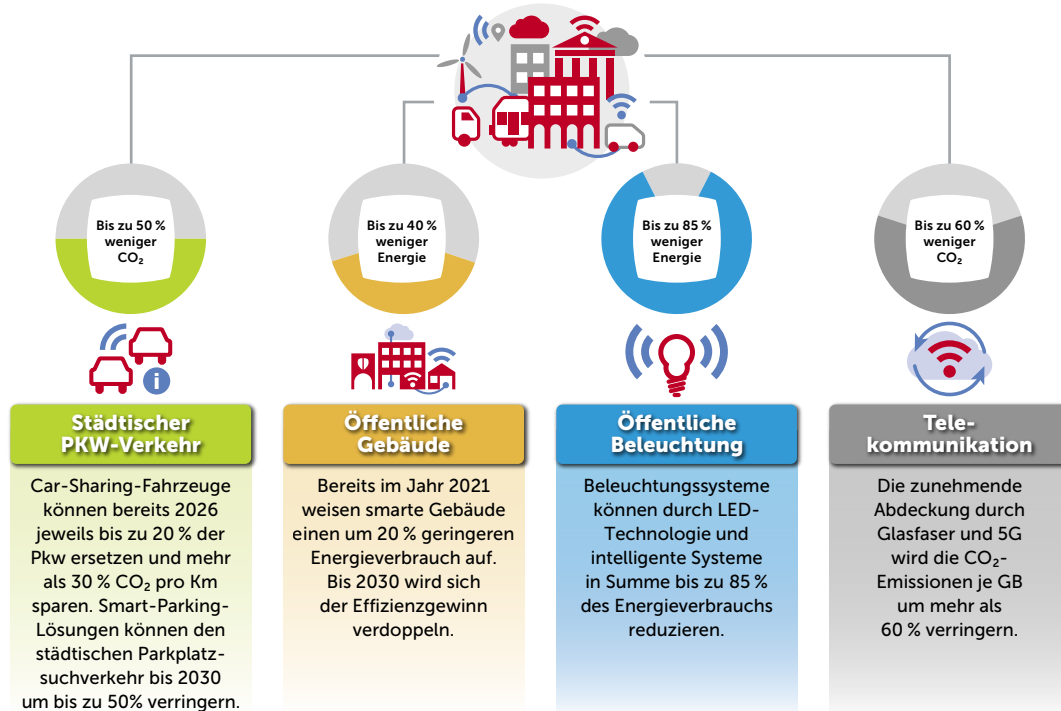
- Bei genauer Betrachtung von Smart-City-Lösungen wird ersichtlich: die Grenzen zwischen vertikalen Segmenten verschwimmen. Für Städteplaner und Politik lautet die Devise: segmentübergreifend denken, Abhängigkeiten identifizieren, um Synergien zu heben. Denn eine ganzheitliche Anwendung von Smart-City-Konzepten ist der Schlüssel für eine nachhaltige Digitalisierung.
- Nachdem Voraussetzungen und Abhängigkeiten berücksichtigt wurden, müssen die Services kontinuierlich optimiert und verbessert werden. In Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Smart City und deren Komponenten gilt es, die Bausteine auch auf Zirkularität hin zu prüfen. Auf diese Weise können die potenziell negativen, direkten Nachhaltigkeitseffekte mittelfristig reduziert werden.
- Obwohl sich die Quantifizierung von Effekten als kompliziert und zeitaufwendig erweist, bietet sie die einzige Möglichkeit, die Smart-City-Bausteine zu bewerten und die Smart-City-Strategie an den Klimazielen zu orientieren. Neben dem Berechnen sollte auch das Nachverfolgen der Effekte nicht vernachlässigt werden. Mithilfe von Sensordaten und KI können Emissionen

nachverfolgt und weitere Optimierungsmaßnahmen eingeleitet werden.

- Klimaneutralität wird nicht nur mit Technologie erreichbar sein. Gefordert sind auch Anpassungen im Konsum-, Bewegungs-, Reise- und Essverhalten. Denn Smart-City-Konzepte sind keinesfalls Greenwashing-Maßnahmen. Wenn aber Smart-City-Bausteine wie digitales Marketing durch Induktionseffekte den Konsum oder generell den Verbrauch von Energie oder Ressourcen steigern, geraten die ambitionierten Ziele außer Reichweite und die Integrität der Städte leidet. Somit ist eine Balance aus verbrauchsorientierten und nachhaltigkeitsförderlichen Lösungen wichtig und sollte immer im Zusammenhang mit Smart-City-Angeboten mit betrachtet werden.

Eine Fortsetzung der Marktentwicklung und eine kontinuierliche Erhöhung der Effizienzgewinne durch smarte Systeme lassen erwarten, dass Smart Cities mit Investitionen in Digitalisierung in den zentralen Bereichen Transport, Kommunikationsdienste, Gebäude und Energie dem deutschen Klimaziel von 55 Prozent CO₂-Reduktion in den ausgewählten Bereichen schrittweise näherkommen können.

Sharing-Konzepte und Optimierungen von Verkehrsflüssen wie zum Beispiel durch Smart Parking können bis 2030 schätzungsweise bis zu 50 Prozent der CO₂-Emissionen im städtischen Pkw-Verkehr reduzieren. Geht man davon aus, dass sich die Effizienzgewinne von Smart Buildings

ABB. 15 Klimafreundlichere Smart Cities in 2030


Quelle: eco, Arthur D. Little

und Smart Homes in diesem Jahrzehnt verdoppeln, können im öffentlichen Gebäudebereich bis zu 40 Prozent des Stromverbrauchs eingespart werden. Am größten ist das zu erwartende Energieeinsparpotenzial im Bereich der öffentlichen Beleuchtung. Bis zu 85 Prozent weniger Energie

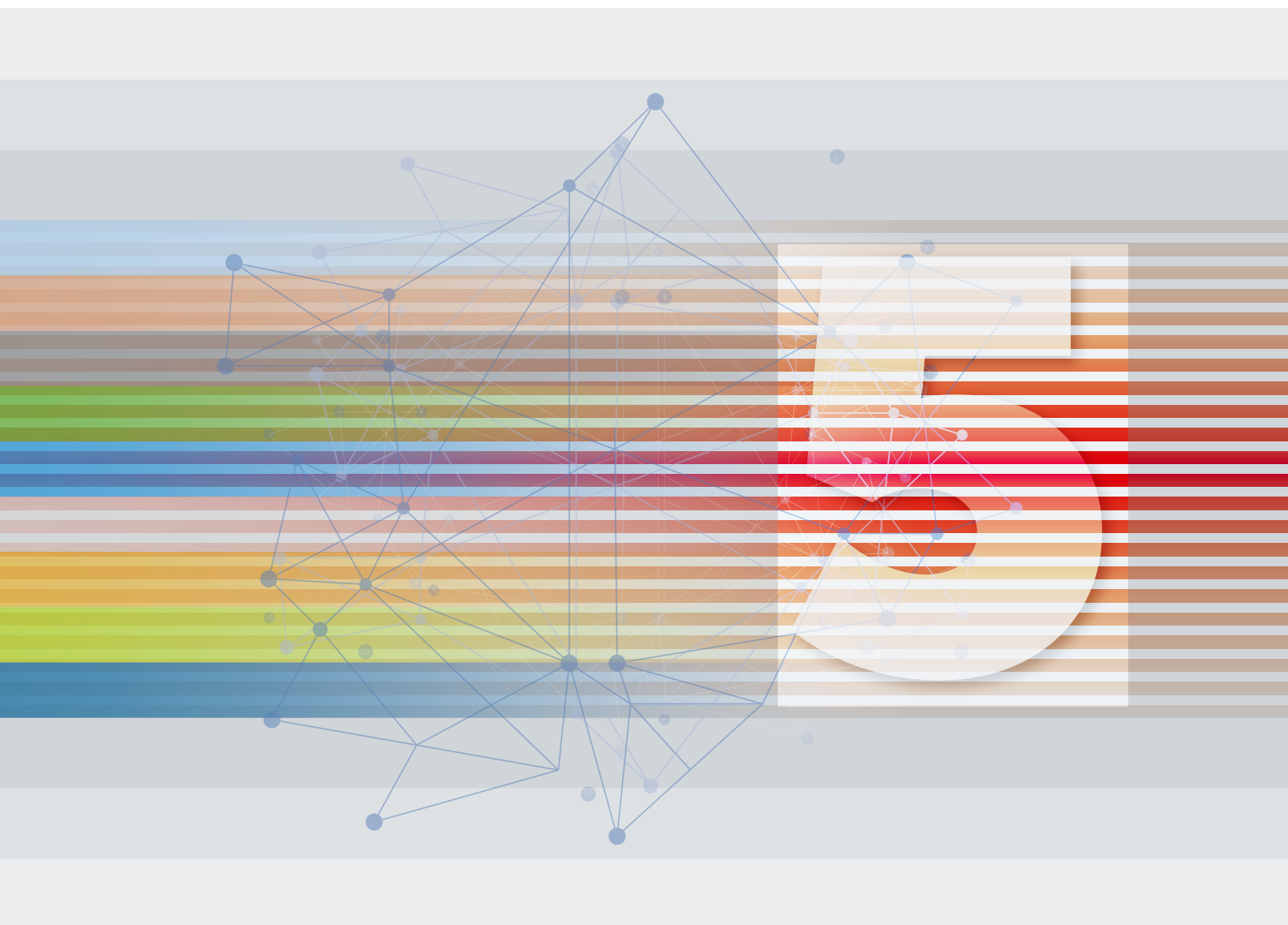
benötigen Smart-Lighting-Konzepte. In Kombination mit einem stets wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien sind die entsprechenden Effekte auf CO₂-Emissionen wesentlich höher.

Städte sind die Orte, in denen die Mehrheit der Menschheit im 21. Jahrhundert lebt. Deshalb müssen sie Vorreiter für eine grüne Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft und Reallabore für Klimaneutralität sein. Die Smart-City-Studie zeigt, dass dies nur mit intelligenter Nutzung digitaler Technologien gehen wird. Wenn es uns gelingt, das Potenzial der Digitalisierung in den Städten weltweit zu heben, wird dies nicht nur zu mehr Lebensqualität führen, sondern auch einen signifikanten Beitrag zu Klima- und Umweltschutz leisten.

Inger Paus,
CEO Vodafone Stiftung



**Vodafone Institut
für Gesellschaft
und Kommunikation**



5. Fazit und Ausblick

Der Wachstumstrend, der sich im Jahr 2017 bereits angedeutet hat, wird in unserer aktuellen Studie bestätigt und er wird sich bis 2026 weiter fortsetzen. Laut eco und Arthur D. Little verzeichnet der Smart-City-Markt in Deutschland im Jahr 2021 einen Umsatz von circa 38,5 Milliarden Euro. Bis 2026 wird erwartet, dass sich das Marktvolumen auf rund 84,7 Milliarden Euro mehr als verdoppelt. Mit einem voraussichtlichen Wachstum von über 17 Prozent stellen Smart Cities einen attraktiven Markt dar – nicht nur für Unternehmen der Internetwirtschaft.

Basierend auf der prognostizierten Marktentwicklung und unter Betrachtung der derzeitigen Einflussfaktoren sehen eco und Arthur D. Little in den kommenden Jahren prägende Trends – sowohl aufseiten der Anbieter als auch aufseiten deutscher Städte:

- Die enorme Zunahme an Datenpunkten und deren Verknüpfung in deutschen Städten lässt eine Vielzahl neuer Geschäftsmodelle im Smart-City-Markt entstehen.
- Angetrieben durch den ausbaufähigen Digitalisierungsgrad und die anhaltende Pandemie wird in den Bereichen Gesundheitswesen und Bildung der Markt ein starkes Wachstum erfahren – trotz hoher benötigter Investitionen.
- Die ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung erfordern einen stärkeren Fokus auf Nachhaltigkeit und Energieeffizienz sowohl bei den Unternehmen der Internetwirtschaft als auch bei Unternehmen anderer Industrien und erhöhen gleichzeitig den Druck auf deutsche Städte und Entscheider:innen.

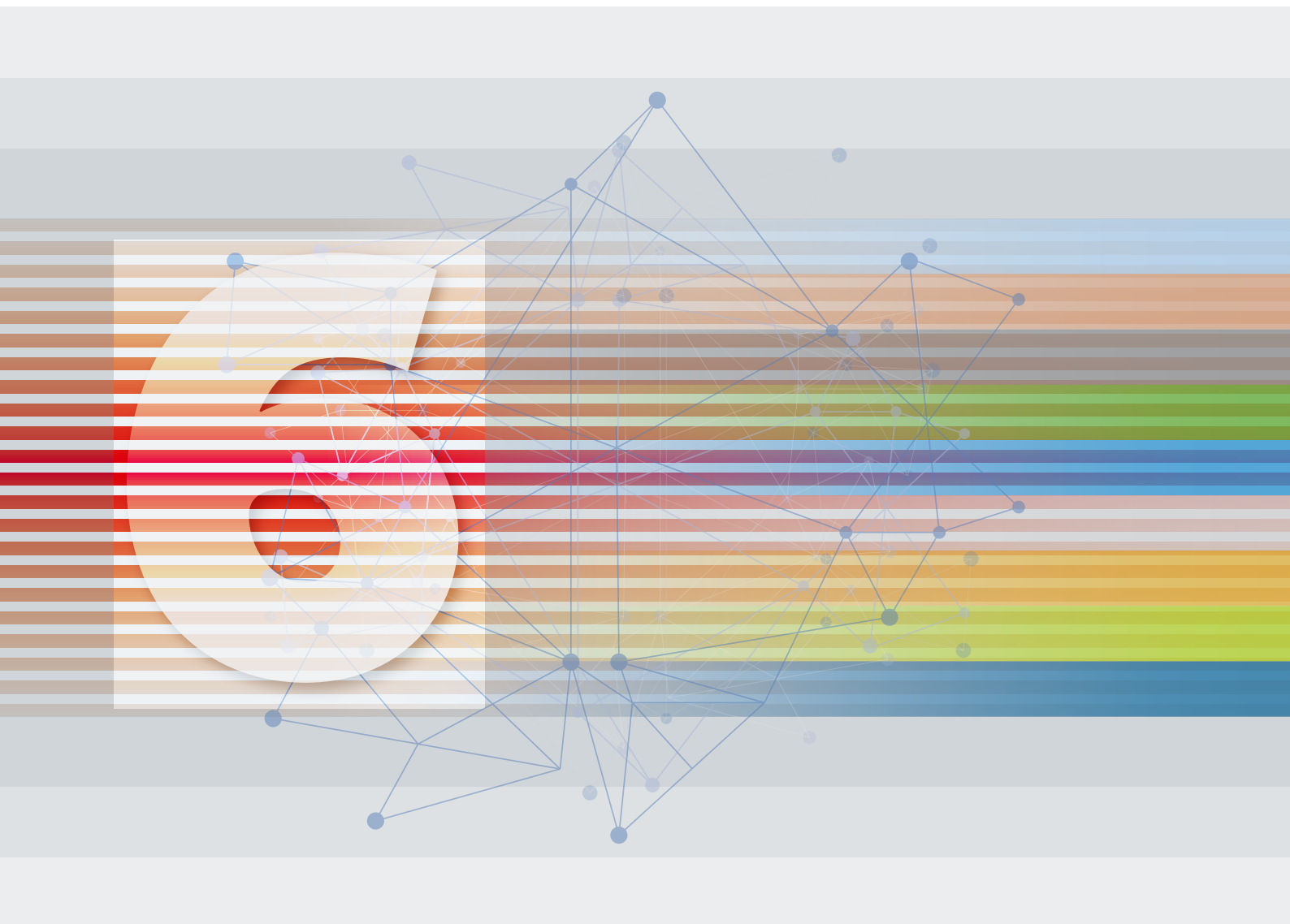
Folgende allgemeine Handlungsempfehlungen über die bereits angesprochenen Aspekte zur Weiterentwicklung im Bereich Nachhaltigkeit lassen sich für deutsche Städte aus den Trends und Smart-City-Herausforderungen ableiten:

- Alle Smart-City-Initiativen sollten auf offenen Plattformen aufgebaut sein beziehungsweise setzen einen Zugang zu offenen und leicht nutzbaren Schnittstellen voraus. Dadurch können Synergien und Skaleneffekte, die sich zwischen Segmenten ergeben, realisiert werden. Die Datenintegration in eine Datenbasis beziehungsweise ein grundlegendes Framework wie etwa GAIA-X bildet gleichzeitig die Grundlage für Analysedienste und Optimierungspotenziale in Bezug auf Nachhaltigkeits-effekte. Vom Gesetzgeber sind dafür entsprechende Rahmenbedingungen und Standards bereitzustellen.
- Ein klares Verständnis und eine fallweise Auswahl von neuen Geschäfts- und Monetarisierungsoptionen im Bereich Smart City sind erforderlich. Städte benötigen attraktive und flexible Finanzierungsmöglichkeiten für

die Umsetzung von Smart-City-Lösungen. Dazu gehören innovative Konzepte jenseits der traditionellen Public-Private Partnerships (PPP), bei denen die private Partei nicht nur finanziert, sondern auch die Partnerschaften für Entwurf, Bau und Betrieb der Lösung zusammenstellt.

- Städtische Allianzen und Industriepartnerschaften ermöglichen es den städtischen Akteuren, von „Best Practices“ zu lernen, Entwicklungskosten zu teilen (Vermeidung von Redundanzen) und auf stadtübergreifender Ebene Skaleneffekte und Synergien zu erzielen. Im Rahmen von kooperativen Workshops und Co-Creation Sessions können Städte das notwendige Wissen und Know-how aufbauen. Im regionalen Verbund müssen städte- und kommunenübergreifend Lösungen und Standards ganzheitlich entwickelt und flächendeckend ausgerollt werden. Einzelne Insellösungen lassen sich langfristig nicht warten und skalieren.
- Es muss eine klare, auf den Business Case ausgerichtete Priorisierung durchgeführt werden, um die wichtigsten Initiativen zu identifizieren. Zum Business Case zählen für Städte nicht nur die finanzielle Rentabilität oder Machbarkeit, sondern auch die Effekte auf die Klimabilanz und die Lebensqualität in der Smart City als weitere Dimensionen des Return on Investment.
- Der Erfolg hängt entscheidend von den Informationen ab, die den Nutzer:innen der Smart-City-Dienste vermittelt werden. Es muss eine klare Kommunikationsstrategie über verschiedene Modi und Plattformen entwickelt werden, die bei den Nutzer:innen ein Bewusstsein für die verfügbaren Dienste in der Stadt schafft. In diesem Zusammenhang müssen Smart Cities Anreize für nachhaltigen Konsum und nachhaltige Mobilitätsprofile schaffen. Andernfalls überlagern negative Rebound- und Induktionseffekte die Effizienzgewinne.

eco und Arthur D. Little sehen insgesamt eine gute Dynamik im Smart-City-Markt in Deutschland. Die hohe Komplexität, die sich durch die Interdependenzen und die Langfristigkeit von Maßnahmen ergibt, sollte Entscheider:innen nicht davon abhalten, die erforderlichen weiteren Schritte zu gehen, Initiativen dynamisch umzusetzen und ein offenes kooperatives Gestaltungsmodell zu etablieren.



6. Methoden, Definitionen und Marktbeschreibung

Die der Studie zugrunde liegenden Zahlen zur Größe des Marktes, der einzelnen Marktsegmente und der weiteren Segmentierung basieren auf Daten von eco und Arthur D. Little sowie auf verschiedenen Sekundärquellen von Verbänden (VATM, BIU etc.), Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes und anderer Dienste (zum Beispiel Statista, Destatis).

Marktbeschreibung

Teil der Berechnung und somit Teil des Marktes sind ausschließlich Komponenten, die es in einer „traditionellen, nicht smarten“ Stadt nicht gäbe. Wird ein traditioneller Service lediglich aufgerüstet, so sind die enthaltene und bestehende Hardware und Software kein Gegenstand der Berechnung und somit nicht Teil des Smart-City-Marktes. Die folgenden Beispiele illustrieren die Abgrenzung:

„Intelligent Lighting“: Die Kosten für den Lichtmast sind nicht Teil des Smart-City-Marktes, da der Lichtmast in der Regel lediglich aufgerüstet wird. Somit sind nur neue Komponenten wie Sensoren, Gateway, Software, Konnektivität und Plattform Teil des Smart-City-Marktes.

Elektrische Ladestationen: Die Kosten entlang der Wertschöpfungskette (Investitions- und Betriebsausgaben) sind zur Gänze Teil des Smart-City-Marktes. Elektrische Ladestationen sind in der Regel komplett neu konstruierte sowie produzierte Produkte und keine bloße Aufrüstung traditioneller Ladestationen.

Nachhaltigkeitsmodell

Um Nachhaltigkeitseffekte zu quantifizieren, wurde zunächst die aktuelle Ausgangslage (Baseline) bestimmt. Beispielsweise wurden für die Evaluation von Smart-Lighting-Initiativen vorhandene Energieverbräuche herangezogen und mit dem entsprechenden Strommix die CO₂-Emissionen abgeleitet. Anschließend wurden anhand von unterschiedlichen Quellen Reduzierungspotenziale bestimmt. Abschließend wurde auf Basis des Umsetzungsgrades der gesamte Nachhaltigkeitseffekt bestimmt. In dem Berechnungsmodell wurde eine deutschlandweite Betrachtung von Energiebedarfen als Basis herangezogen.

Der Umsetzungsgrad wurde anhand der Marktdurchdringung der jeweiligen Bausteine modelliert. Ressourcenverbräuche durch Herstellung, Nutzung und Entsorgung der Technologien wurden dabei nicht berücksichtigt. Ebenso wurden Induktions- und Rebound-Effekte aus Gründen der Komplexität nicht in das Modell integriert.

Definitionen

Smart City

Eine Smart City ist eine Stadt, Gemeinde oder zusammenhängende Region, die das Leben ihrer Bürger:innen und Besucher:innen sowie die Voraussetzungen für erfolgreiches wirtschaftliches Handeln stetig zu verbessern sucht. Sie wird effizienter, technologisch fortschrittlicher, grüner und sozial inklusiver. eco und Arthur D. Little legen das Hauptaugenmerk auf die Förderung IKT-gestützter, urbaner Innovationen.

Smart-City-Plattform

Eine Smart-City-Plattform bündelt urbane Daten, Dienste und Applikationen im technischen und organisatorischen Sinne, ist Bindeglied zwischen den Anwendungen verschiedener Segmente, aggregiert die Daten aller Lösungen und ermöglicht den Austausch untereinander – sie bietet Entwickler:innen einen Zugang, um Anwendungen zu planen.

Smart-City-Ökosystem

Unter Smart-City-Ökosystem verstehen eco und Arthur D. Little die strategische Kooperation von Unternehmen, um Spezifika und Anforderungen einer Stadt zu identifizieren und Produkte und Dienstleistungen als Gesamtlösung anbieten zu können.

Digitaler Zwilling

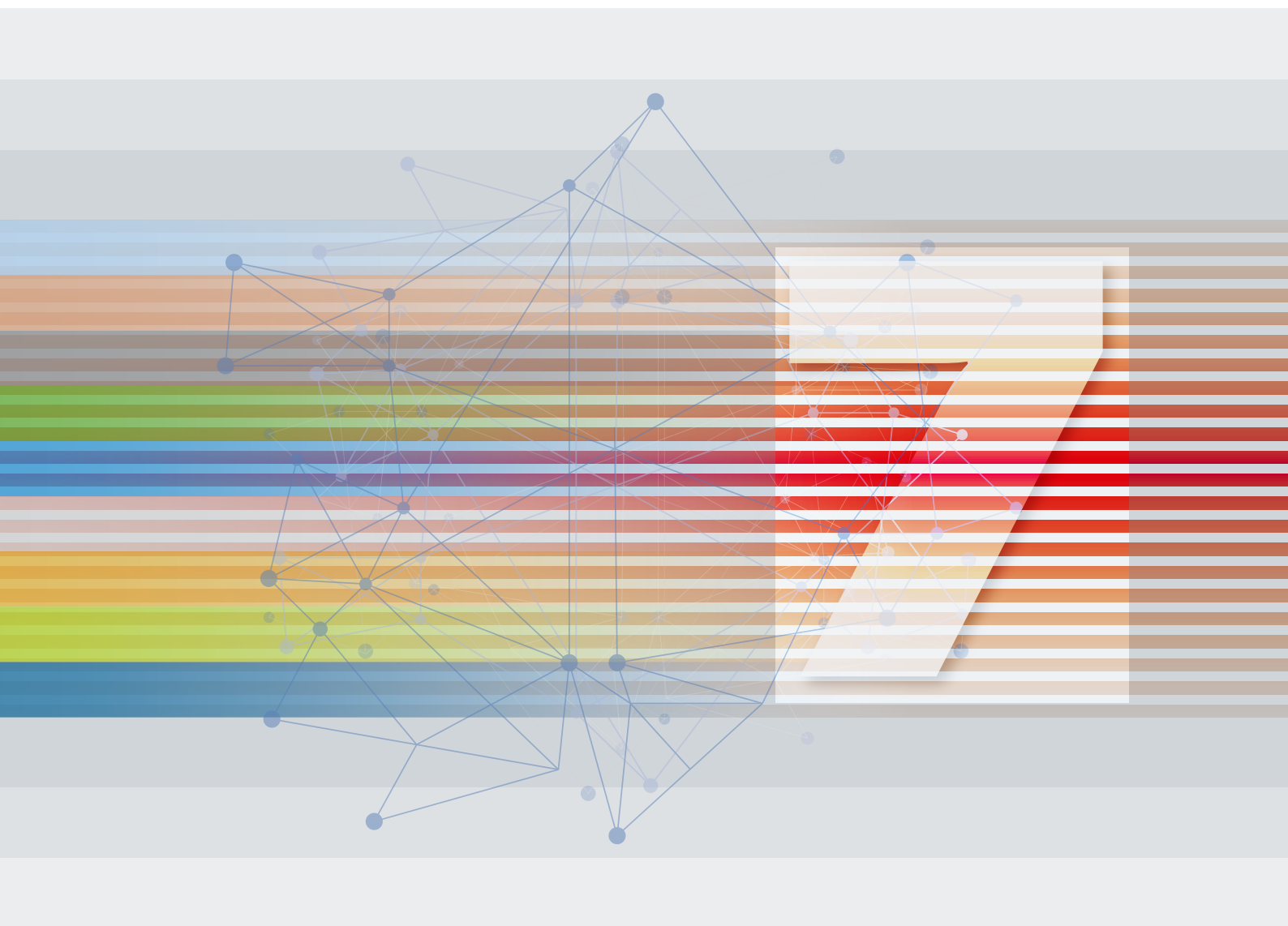
Der digitale Zwilling (Digital Twin) gilt als zentraler Baustein der Industrie 4.0. Er bildet reale Produktionssysteme, Gebäude oder Ähnliches in einer digitalen Kopie ab. Mithilfe des digitalen Zwillings können Prozesse optimiert

und Produktionsschritte vorausgeplant werden, um zu prüfen, ob eine Anlage überhaupt dazu fähig wäre, ein gewünschtes Produkt in einer gewünschten Qualität zu

produzieren. Für Smart Cities bietet diese digitale Kopie viele Anwendungsfälle in den Bereichen Mobilität, Energie und Gebäudeautomatisierung.

Nachhaltigkeitseffekte

Typ	Beschreibung	Beispiele
Direkte Effekte	Die Implementierung von Servicebausteinen erzeugt unmittelbare positive und negative Umwelteffekte.	Einsparung von CO ₂ -Emissionen durch den Einsatz von elektrisch betriebenen Stadtbussen. Die Herstellung, Verwendung, Instandhaltung und Entsorgung von Sensoren nimmt Ressourcen in Anspruch und produziert CO ₂ -Emissionen.
Indirekte Effekte	Die Elemente der Smart City verändern Verhaltens- und Produktionsmuster, die die Umwelt beeinflussen.	Durch eine intelligente Verkehrssteuerung werden Staus vermieden. Durch ein Ökosystem an Ladestationen wird E-Mobilität gefördert und somit indirekt CO ₂ gespart.
Rebound-Effekte	Eine höhere Effizienz kann dazu führen, dass der Bedarf an Ressourcen steigt.	Smarte Kühlschränke sind energieeffizienter, dadurch kaufen Haushalte größere Kühlschränke. Energieeffiziente 5G-Netze erlauben es, noch mehr hochauflösende Videos zu streamen.
Induktionseffekte	Digitale Services können zusätzlichen Konsum stimulieren, der wiederum zu Emissionen führt.	Digitales Marketing generiert den Wunsch nach zusätzlichen Konsumgütern.



7. Literaturverzeichnis

ADAC (2021): „Autonomes Fahren:
Der aktuelle Stand der Technik“

<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-vernetzung/aktuelle-technik/>

Arthur D. Little (2020): „Arthur D. Little's semi-annual coverage of the latest developments in autonomous mobility worldwide, Autonomous Mobility Journal Edition II – August 2020“

<https://www.adlittle.com/en/AutonomousMobility2>

Arthur D. Little (2021): „Accelerating post-pandemic e-learning“

<https://www.adlittle.se/en/insights/viewpoints/accelerating-post-pandemic-e-learning>

Arthur D. Little, eco (2020): „Die Internetwirtschaft in Deutschland 2020–2025“

<https://www.eco.de/studie-die-internetwirtschaft-in-deutschland-2020-bis-2025/>

Bank of America (2018): „Smart city technology: Los Angeles LED lights“

<https://about.bankofamerica.com/en/making-an-impact/los-angeles-led>

BMU (2021): „Treibhausgasemissionen sinken 2020 um 8,7 Prozent“, Pressemitteilung

<https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>

BMWi (2021): „Digitalisierung in Deutschland – Lehren aus der Corona-Krise“

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/gutachten-digitalisierung-in-deutschland.html>

BMWi (2017): „Top 100 Wirtschaft – Die wichtigsten und am häufigsten genutzten Verwaltungsleistungen für Unternehmen“

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/studie-top-100-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&tv=26

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit (2021): „Data Centre Heat Exchange with AI-Technologies“

<https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/04/Kurzfassung-Ergebnisse-DC-Heat.pdf>

Bundesinnenministerium, KfW (2020): „Modellprojekte Smart Cities“

[smart-cities-made-in.de](https://www.smart-cities-made-in.de)

Bundesministerium für Umwelt (2021): „Klima und erneuerbare Energien: Ist Elektromobilität wirklich klimafreundlich?“

<https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/klima-und-energie/>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): „Förderprogramm: IKK – Energieeffizient bauen und sanieren – Neubau“

<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/ikk-energieeffizient-bauen-und-sanieren-217.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): „Horizont 2020“

<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/EU/horizont-2020-rahmenprogramm-forschung-innovation.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): „Klimaschutzinitiative“

<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/foerderauf-kommunale-klimaschutz-modellprojekte.html>

Curran, Claire (2020): „What Will 5G Mean for the Environment?“, The Henry M. Jackson School of International Studies

<https://jis.washington.edu/news/what-will-5g-mean-for-the-environment/>

Davis, Chelsea (2019): „This Company is Using Blockchain Technology to Eradicate Slavery in the Chocolate Industry“, Forbes
<https://www.forbes.com/sites/chelseadavis/2019/03/31/this-company-is-using-blockchain-technology-to-eradicate-slavery-in-the-chocolate-industry/?sh=2abd39fd1407>

Eden Strategy Institute (2021): „Top 50 Smart City Governments“
smartcitygovt.com

EU-Kommission (2020): „Digital Economy and Society Index Report 2020 – Digital Public Services“
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services>

Europäisches Parlament (2019): „CO₂-Emissionen von Autos: Zahlen und Fakten“
<https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20190313ST031218/co2-emissionen-von-autos-zahlen-und-fakten-infografik>

Ferrer, Josep Ramon: „Barcelona 5.0“
<https://itemsweb.esade.edu/research/esadegeo/AjuntamentBarcelona.pdf>

Frankfurter Rundschau (2018): „Online-Funktion beim neuen Personalausweis kaum genutzt“
<https://www.fr.de/ratgeber/geld/online-funktion-beim-neuen-personalausweis-kaum-genutzt-10957166.html>

Fraunhofer Institut (2017): „Kurzstudie – Potenziale der Digitalisierung für den Klimaschutz“
https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2017/WP12-2017_Kurzstudie-Potenziale-der-Digitalisierung-fuer-den-Klimaschutz.pdf

goflink.com (2021): „Dein Einkauf geliefert in 10 Minuten“
<https://www.goflink.com>

Greenpeace (2020): „Homeoffice kann über 5 Millionen Tonnen CO₂ sparen“
<https://www.greenpeace.de/presse/presseerklarungen/homeoffice-kann-ueber-5-millionen-tonnen-co2-sparen>

Greive, Martin; Hoppe, Till (2021): „Verwaltung: Altmaier-Berater attestieren archaische Zustände“, Handelsblatt
<https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/digitalisierung-altmaier-berater-attestieren-deutscher-verwaltung-archaische-zustaende/27089086.html?ticket=ST-1094912-tlJUswNVsecUYbOrIA6n-ap4>

IÖW (2019): „DiTex – Digitale Technologien als Enabler einer ressourceneffizienten kreislauffähigen B2B-Textilwirtschaft“
https://www.ioew.de/projekt/ditex_digitale_technologien_als_enabler_einer_ressourceneffizienten_kreislauffaehigen_b2b_textilwir

Jerzy, Nina (2020): „Diese Städte wollen klimaneutral werden“, Capital
<https://www.capital.de/wirtschaft-politik/diese-staedte-wollen-klimaneutral-werden>

Kommunalwirtschaft.eu (2021): „Städtische Gebäude werden klimaneutral“
<https://kommunalwirtschaft.eu/ggsc/detail/i43104>

OECD (2020): „Online-Lernen bleibt für viele Schulen und Lernende eine Herausforderung“
<https://www.oecd.org/berlin/presse/online-lernen-bleibt-fuer-viele-schulen-und-lernende-eine-herausforderung.htm>

RheinEnergie: „Stegerwaldsiedlung: Altes Quartier – neue Lösung“
https://www.rheinenergie.com/de/geschaeftskunden/service_und_referenzen/referenzen/stegerwald_siedlung/stegerwald_siedlung_1.html

Stadt Hamburg (2015): „Climate Smart City – Klimastadt Hamburg“
<https://www.hamburg.de/klima/4538742/climate-smart-city-hamburg/>

Statista (2017): „Sicherheitsgefühl durch Videoüberwachung in Deutschland 2017“
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/655303/umfrage/sicherheitsgefuehl-durch-videoueberwachung-in-deutschland/>

Statista (2021): „Elektrofahrzeuge – Anteil am Pkw-Bestand in Deutschland 2021“
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/784986/umfrage/marktanteil-von-elektrofahrzeugen-in-deutschland/>

Tech4Germany (2019): „In 70 Tagen durch die öffentliche Verwaltung“
<https://medium.com/tech4germany/tech4germany-10-wochen-9-fellows-2-projekte-erfahrungsbericht-ea1c4406c37a>

Tech4Germany (2020): „Fallstudie Bundespersona: Online-Identifikation für staatliche Leistungen“
<https://medium.com/tech4germany/fallstudie-bundespersona-online-identifikation-f%C3%BCr-staatliche-leistungen-5ec51d2e7768>

Technische Universität Wien, Universität Delft, Universität Ljubljana (2007): „European smart cities – Ranking“
smart-cities.eu

The City of Copenhagen: „The CPH 2025 Climate Plan“
<https://urbandevdevelopmentcph.kk.dk/artikel/cph-2025-climate-plan>

Umweltbundesamt (2019): „Europäische Energie- und Klimaziele“
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/europaeische-energie-klimaziele>

Umweltbundesamt (2020): „Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen“
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/energie-ressourceneffizienz-digitaler>

Umweltbundesamt (2021): „Treibhausgasminderungsziele Deutschland“
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands>

Universität Freiburg (2021): „Digitales Einsparpotenzial“
<https://www.pr.uni-freiburg.de/pm/2021/digitales-einsparpotenzial>

ViewSonic (2020): „Updated 2020 EdTech Trends to Watch“
<https://www.viewsonic.com/library/education/2020-edtech-trends-to-watch/>

Vodafone (2021): „Gesundheit und Klimaschutz im Griff – Vodafone und Smart Klima stellen intelligenten Fenstergriff vor“
<https://www.vodafone.de/newsroom/digitales-leben/vodafone-und-smart-klima-stellen-intelligenten-fenstergriff-vor/>

Vodafone (2019): „Von wegen Stromfresser: Was 5G und eine Energiesparlampe gemeinsam haben“
<https://www.vodafone.de/newsroom/digitales-leben/vodafone-5g-hilft-strom-zu-sparen/>

Vodafone (2020): „Klimaneutral 2025 – Der 2-Stufen-Plan für digitalen Klimaschutz“
<https://www.vodafone.de/newsroom/unternehmen/der-2-stufen-plan-fuer-digitalen-klimaschutz/>

ZDF (2021): „Was die elektronische Patientenakte bringt“
<https://www.zdf.de/nachrichten/digitales/elektronische-patientenakte-freiwillig-100.html>



Über Arthur D. Little

Arthur D. Little zählt seit 1886 zu den Innovationsführern in der Consultingbranche. Wir sind ein anerkannter Experte für Unternehmen, die Strategie, Innovation und Transformation in technologieintensiven und konvergierenden Branchen verbinden wollen. Arthur D. Little navigiert Kunden durch sich verändernde Märkte und Ökosysteme und unterstützt sie dabei, in diesem Wandel die führende und gestaltende Rolle einzunehmen.

Unsere Mitarbeiter verfügen über tiefgreifende Industrieerfahrung und kennen die Trends von morgen und ihre Auswirkungen auf einzelne Branchen. Arthur D. Little unterhält Büros in den wichtigsten Wirtschaftszentren der Welt. Wir sind stolz darauf, für viele der Fortune-1.000-Unternehmen weltweit sowie andere Marktführer und Organisationen des öffentlichen Sektors tätig zu sein.



Über eco

eco gestaltet das Internet

Mit mehr als 1.100 Mitgliedsunternehmen aus über 70 Ländern ist eco der größte Internetverband in Europa. Seit 1995 gestalten wir maßgeblich das Internet, fördern neue Technologien, schaffen Rahmenbedingungen und vertreten die Interessen unserer Mitglieder gegenüber der Politik und in internationalen Gremien.

Gemeinsam mit unseren Mitgliedern setzen wir uns für ein freies, technik- und netzneutrales sowie leistungsstarkes Internet ein. Dabei wollen wir die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Internets sowie das Vertrauen darin fördern. Ziel ist es, die digitale Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft bestmöglich zu gestalten, sodass erfolgreiches wirtschaftliches Handeln auf der Grundlage unserer demokratischen Werte gelingen kann. Als Stimme der Internetwirtschaft übernehmen wir gesellschaftliche Verantwortung für eine ethisch-orientierte Digitalisierung.

Impressum

eco – Verband der Internetwirtschaft e. V.

Lichtstraße 43h
50825 Köln

Tel.: +49 221 70 00 48-0
Fax: +49 221 70 00 48-111
E-Mail: info@eco.de
www.eco.de

Ansprechpartner:

Harald A. Summa
Hauptgeschäftsführer
E-Mail: harald.summa@eco.de

Alexander Rabe
Geschäftsführer
E-Mail: alexander.rabe@eco.de

Arthur D. Little GmbH

The Squaire 13
60600 Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 45 00 98-0
Fax: +49 69 45 00 98-290
E-Mail: DE.Info@adlittle.com
www.adlittle.com

Ansprechpartner:

Lars Riegel
Partner
Tel: +43 664 96 91 743
E-Mail: riegel.lars@adlittle.com

Dr. Nejc Jakopin
Principal
Tel.: +49 175 58 06 442
E-Mail: jakopin.nejc@adlittle.com

Autoren der Studie:

Anna Hildebrand, Dr. Nejc Jakopin, Philipp Reinhard,
Lars Riegel

Copyright:

© eco/Arthur D. Little 2021. Alle Rechte vorbehalten.
ISBN 978-3-9821487-8-6

Disclaimer

Dieser Bericht wurde von eco – Verband der Internetwirtschaft in Auftrag gegeben unter Bedingungen, die die Haftung der Arthur D. Little GmbH ausdrücklich beschränken. Unsere Schlussfolgerungen sind nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und basieren auf einer Cross-Industrie- und Cross-Funktions-Analyse. Annahmen basieren zum Teil auf Materialien und Informationen, auf die über eine öffentliche Recherche zugegriffen wurde oder die von Interviewpartnern zur Verfügung gestellt wurden.

Die Verwendung dieses Berichts zu jeglichem Zweck durch einen Dritten entbindet diesen nicht von der Anwendung der Sorgfaltspflicht bei der Überprüfung des Berichtsinhalts. Jede Nutzung dieses Dokuments durch Dritte, jedes Vertrauen in dieses Dokument oder Entscheidungen, die aufgrund dieses Dokuments getroffen werden, liegen in der Verantwortung dieses Dritten. Arthur D. Little GmbH übernimmt keine Sorgfaltspflicht oder Haftung jeglicher Art gegenüber einem solchen Dritten und keine Verantwortung für etwaige Schäden, die einem Dritten infolge von Entscheidungen, die auf der Grundlage dieses Dokuments getroffen oder nicht getroffen wurden, oder von Handlungen, die getroffen oder nicht getroffen wurden, entstehen.

Im Titel der Studie wird eine Grafik von macrovector/ Freepik verwendet (www.flaticon.com).





Uber



ISBN 978-3-9821487-8-6

© eco – Verband der Internetwirtschaft e. V. und Arthur D. Little

Arthur D Little

Arthur D. Little
The Squire 13
60600 Frankfurt am Main
www.adlittle.com

eco –
Verband der Internetwirtschaft e.V.
Lichtstraße 43h
50825 Köln
www.eco.de

