

**Future Energy**  
Lab

## **Internationale Umfeldanalyse zu Smart Cities**

**Ausgewählte Anwendungsfälle mit Bezug  
zu Digitalisierung und dem Sektor Energie**

# Impressum

## Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel: +49 (0)30 66 777-0  
Fax: +49 (0)30 66 777-699  
E-Mail: [info@dena.de](mailto:info@dena.de)  
Internet: [www.dena.de](http://www.dena.de)

## Autorinnen und Autoren

Benedikt Pulvermüller (Projektleitung), dena  
Eva Yanjun Steiger, dena  
Dr. Ludwig Einhellig (Projektleitung), Deloitte  
Johanna Kappl, Deloitte  
Katrin Weber, Deloitte

## Beteiligte Fachexperten

Gunnar Braun (VKU), Stefan Feller (GEWOFAG), Klaus Gruber (Landkreis Hof), Ingmar Kohl (Mainova),  
Ole Kolb (BDEW), Ralph Maas (PASM/Dt. Telekom), Vera Mikosch (Schneider Electric),  
Bastian Pfarrherr (Stromnetz Ham-burg), Hans Günter Wolf (Metzler)

## Stand

Juni 2023

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

## Bitte zitieren als

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023) „Internationale Umfeldanalyse zu Smart Cities –  
Ausgewählte Anwendungsfälle mit Bezug zu Digitalisierung und dem Sektor Energie“



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz**

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



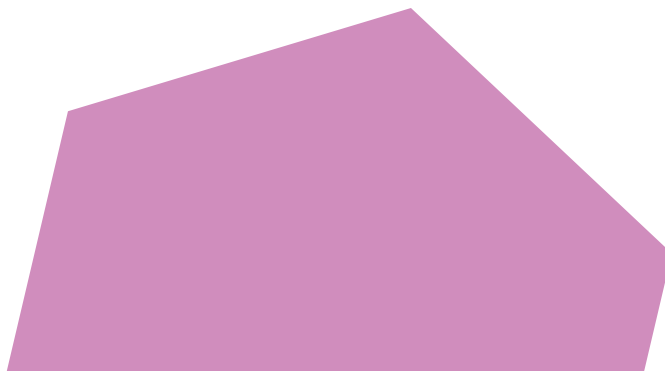
# Vorwort

Welchen Beitrag können Städte und Kommunen durch digitale Lösungsansätze zur Erreichung der Klimaziele und bei der Umsetzung der Energiewende leisten? Welche Lösungen werden hierfür international bereits um- und eingesetzt? Diesen Fragen widmet sich die Studie „Internationale Umfeldanalyse zu Smart Cities“ und gibt Städten und Kommunen damit eine praktische Orientierungshilfe für die aktuellen Herausforderungen im Energiesektor an die Hand.

Denn längst sind sich Städte und Kommunen dessen bewusst: Sie müssen sich nicht nur ihrer Rolle und Verantwortung in Bezug auf die Klimakrise und den damit verbundenen Umweltveränderungen stellen, sondern sie wissen auch um ihr Potential und ihre Position als Hebelpunkt im Kampf gegen den Klimawandel und wollen dies konsequent nutzen. Dabei erhöhen die steigende Urbanisierungsrate und demographischer Wandel die Komplexität der Herausforderungen für die Städte zusätzlich. Digitale Technologien stellen in diesem Kontext ein mächtiges Werkzeug mit einer großen Bandbreite an Lösungen bereit, die teilweise international bereits erfolgreich umgesetzt und etabliert wurden.

Der Weg zur konsequenten Nutzung digitaler Technologien im Energiebereich ist jedoch komplex und ein ganzheitlicher Lösungsansatz über die verschiedenen Sektorengrenzen hinweg unabdingbar – insbesondere dann, wenn die Chance genutzt werden soll, schrittweise und nachhaltig die Emissionen von Städten und Kommunen zu reduzieren. Dabei verfolgen die meisten Städte eigene Ziele und haben eigene Motivationen, was aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen von geographischen, wirtschaftlichen und politischen Gegebenheiten sowie den Strukturen im Energiesystem der Städte unvermeidbar ist – die wirkungsvollsten Maßnahmen sind daher meist maßgeschneiderte kontextspezifische Lösungen. Genauso wichtig ist es aber auch, voneinander zu lernen. Denn oft sind es immer wieder dieselben Fragen, die bei solchen Vorhaben aufkommen: Welche Möglichkeiten gibt es, Prozesse zu vereinfachen? Welche Daten werden dafür benötigt und wie werden sie erfasst? Wie kann trotz der hohen Bevölkerungsdichte und großen Komplexität der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert und Energie eingespart werden? Welche Maßnahmen sind am effektivsten umzusetzen? Wie kann die Akzeptanz und Partizipation der Bevölkerung gesteigert werden? Wie können ausreichend hohe wirtschaftliche Anreize geschaffen werden?

Um genau diese und andere Fragen zu beantworten wurde diese Studie erstellt, die ausgewählte Use-Cases für Smart Cities systematisch beleuchtet und bewertet. Sie soll Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, dienlich sein und Ihnen einen Überblick verschaffen, wie Use-Cases bestimmter Smart-City-Projekte hinsichtlich Technologie, Regulatorik, Wirtschaftlichkeit und Gesellschaft einzuordnen sind. Konkret beleuchtet werden die technologische Reife, der Digitalisierungsgrad und die Auswirkungen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowie regulatorische Herausforderungen, Wirtschaftlichkeit und Übertragbarkeit, aber auch gesellschaftliche Faktoren wie Inklusion und Selbstbestimmung. Bei der Auswahl der Use-Cases wurden Städte betrachtet, die sich neben der Erhöhung des Digitalisierungsgrades auch das Gelingen der Energiewende zum Ziel gesetzt haben. Zum Abschluss zeigt die Studie eine Reihe von Handlungsempfehlungen auf – für das erfolgreiche Umsetzen einer Smart City im Sinne der Energiewende.





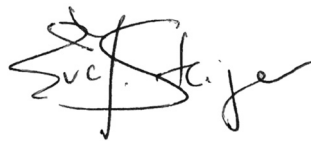
Diese Studie begleitet unser Leuchtturmprojekt klimakommune.digital. Dieses setzt die Deutsche Energie-Agentur (dena) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gemeinsam mit der ausgelobten Stadt Hagen in NRW, einer wissenschaftlichen und einer technischen Begleitung sowie weiteren Projektpartnern um. Das Projekt widmet sich in erster Linie der umfassenden digitalen Datenerfassung, um eine valide Datengrundlage aus verschiedenen Sektoren (Verkehr, Gebäude, Industrie) zu erstellen. Aufbauend auf den erhobenen Daten können somit passgenaue Maßnahmen entwickelt werden, die sich auch auf andere Städte übertragen lassen. Für das Projekt ist es auch wichtig, einen Blick auf andere Städte und Kommunen über Deutschland hinaus zu werfen und hiesige Lösungen zu betrachten und kritisch zu evaluieren. Denn die klimakommune.digital kommt in ihre nächste Projektphase: Formulierung von Maßnahmen auf Grundlage der Auswertung erhobener Daten.

Denn letztlich ist das Ziel des gesamten Projektes, verschiedene Möglichkeiten für Sie zu beleuchten und auszutesten und die besten und effizientesten Technologien und Lösungen zu finden. Die Ergebnisse werden festgehalten und in einem Baukasten für andere Städte und Kommunen frei zugänglich gemacht.

**Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!**



**Benedikt Pulvermüller**  
Leiter Digitale Technologien



**Eva Yanjun Steiger**  
Expertin Digitale Technologien

# Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary	8
	Digitalisierung als Bestandteil der integrierten Energiewende	8
	Wesentliche Ergebnisse	8
	Handlungsempfehlungen für Politik und Kommunen	9
2	Einleitung	11
2.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	11
2.2	Studiendesign und Grenzen der Untersuchung	12
3	Smart City-Ansätze	18
3.1	Theoretische Grundlagen	18
3.1.1	Akteure und Definitionen	18
	Forschung	18
	Unternehmerische/wirtschaftliche Sichtweise	19
	Politisch/öffentliche Sichtweise	20
	Schlussfolgerung: Zwei verschiedene Ansätze	22
3.1.2	Typologie von Smart Cities	23
3.1.3	Ziele von Smart Cities	27
	Hohe Lebensqualität	27
	Nachhaltigkeit	28
	Schutz & Sicherheit	28
	Wirtschaftliche Attraktivität	28
3.2	Identifizierte Anwendungsfälle und Besonderheiten	29
3.2.1	Erklärung der Indikatoren und Subindikatoren	29
3.2.2	Regionale Anwendungsfälle	30
	Chief Technology Office (CTO)	31
	City Data Exchange Copenhagen	33
	CityTree	35
	Climeworks & Carbfix „Orca“	37
	Copenhagen Wheel	39
	D2N2	42
	Enlil – Mini-Windkraftanlage	44
	Lumipark	46
	Mobility Urban Values (MUV)	48
	Mountain Towers (+ Antismog Towers, Photosynthesis Towers, Bamboo Nest Towers)	50

RemiHub	52
Smart local thermal districts	54
Stationnement intelligent	56
SFpark	58
U-Green-Service in Eunpyeong u-City	60
3.2.3 Überregionale Anwendungsfälle	62
GrowSmarter	62
REPLICATE	65
3.2.4 Zusammenfassung/Vergleich Use Cases	67
<b>4 Übertragbarkeit von Smart City-Ansätzen auf den deutsch-europäischen Kontext</b>	<b>69</b>
<b>4.1 Herausforderungen</b>	<b>69</b>
Identifizierung von Herausforderungen	70
Hohe Investitionen und laufende Finanzierung	70
Bürgerbeteiligung und individuelle (Daten-)Freiheit	71
Technische Umsetzung der Digitalisierung und Systemintegration	73
Energiebedarf (der Digitalisierung)	74
Zusammenfassung	75
<b>4.2 Handlungsempfehlungen</b>	<b>76</b>
Aufbau eines Projektmonitorings	77
Langfristige Finanzierung	77
Umsetzung der Digitalisierung	78
Flexibles Vorgehen anstatt starrer Strategie	79
Sicherstellung des laufenden Betriebs	79
Regionale Zusammenarbeit und Bürgerbeteiligung	80
Außendarstellung	80
Datennutzung regeln	81
Zusammenfassung und Schlussfolgerung	82

# 1 Executive Summary

## Digitalisierung als Bestandteil der integrierten Energiewende

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) betreibt das Future Energy Lab als Pilotierungslabor für digitale Technologien in der Energiewirtschaft. Unter anderem wird in diesem Rahmen das Projekt *klimakommune.digital* realisiert. Mit Hilfe von digitalen Technologien soll eine deutsche Kommune zu einer Vorreiterin im Bereich Digitalisierung für den Klimaschutz werden. Die Durchführung des Projekts erfolgt mit dem Projektkonsortium der Stadt Hagen, der Enervie-Gruppe in Zusammenarbeit mit der dena, Deloitte Consulting und Fraunhofer IOSB-INA als wissenschaftliche Begleitung und dem Zentrum für digitale Entwicklung (ZDE) als technische Beratung sowie weiteren lokalen Partnerinnen und Partnern. Es soll neben der praktischen Umsetzung des Programms als theoretische Begleitung auch eine internationale Umfeldanalyse zu bestehenden Ansätzen beinhalten. Das Gutachten mit dem Titel „Internationale Umfeldanalyse zu Smart Cities: ausgewählte Anwendungsfälle mit Bezug zu Digitalisierung und dem Sektor Energie“ fokussiert sich hauptsächlich darauf, die bereits existierenden (nachhaltigen) Ansätze von Smart Cities weltweit zu untersuchen und zu charakterisieren, insbesondere im Hinblick auf den urbanen Klimaschutz sowie die Energiewende, die Umsetzbarkeit, Übertragbarkeit und Inklusivität. Darüber hinaus ordnet die Studie wesentliche Zielkonflikte zwischen urbaner Digitalisierung und systemischer Nachhaltigkeit ein.

Die Frage, ob eine Übertragung von internationalen Ansätzen auf den deutschen Kontext überhaupt gelingen kann, wird mithilfe einer Analyse international vorhandener Smart City-Lösungen (Makro-Perspektive) beantwortet. Denn die identifizierten Anwendungsfälle (Use Cases) werden im

Anschluss entlang der folgenden Spannungsfelder beleuchtet (Mikro-Perspektive):

- **Technologie**
- **Ökonomie**
- **Regulierung**
- **Gesellschaft**

Die Workshop-Zusammenarbeit mit Branchenexperten (Kommunen, Energie-, Immobilien, IKT- und Finanzwirtschaft) bestätigte die in der Studie getroffene Auswahl an Use Cases, die sowohl digitale Technologien nutzen als auch einen CO<sub>2</sub>-mindernden Effekt haben. Die ausgewählten Projekte wurden im Verlauf der Analyse nach weiteren Kriterien eingehender untersucht (Deep Dive). Zu allen ausgewählten Projekten wurden die Ergebnisse der Use Case-Analysen in **vergleichbaren Steckbriefen** und einer Sektorenmatrix zusammengefasst.

## Wesentliche Ergebnisse

Alle untersuchten Städte setzen verschiedenste Schwerpunkte und die Art des Technologieeinsatzes in (nachhaltigen) Smart Cities richtet sich vor allem nach dem Anwendungszweck. In den europäischen Anwendungsfällen überwiegt ein zielorientierter Ansatz, während Akteure aus den USA und Asien eher einen technologieorientierten Ansatz wählen.

Auffällig viele Anwendungsfälle werden im Sektor Verkehr/Mobilität entwickelt und umgesetzt. Städte mit einer besonders hohen Bevölkerungsdichte entwickeln vor allem Use Cases, welche sich mindestens zwei der drei Sektoren (Verkehr/Mobilität, Energieversorgung, Wohnen) zuordnen lassen und damit direkt mehrere Bereiche der Stadt weiterentwickeln. Städte mit einem geringeren Anteil der Industrie am BIP und/oder einer kleineren Fläche konzentrieren sich eher auf spezielle Einzellösungen.

## Handlungsempfehlungen für Politik und Kommunen

Vier Herausforderungen in der Umsetzung wurden besonders deutlich. Erstens müssen teilweise hohe Investitionen getätigt werden und auch die laufende Finanzierung muss gesichert werden. Zweitens sollten die Bürgerinnen und Bürger in die Projekte der Smart City eingebunden werden, um die Datenfreizügigkeit des Einzelnen zu erhöhen. Drittens stellt die Systemintegration (technische Umsetzung der Digitalisierung) eine Herausforderung dar. Bei technisch anspruchsvollen Projekten ist die feinteilige Planung, welche Daten aktuell oder zukünftig gesammelt werden sollen und wie diese ausgewertet werden können, besonders relevant. Viertens muss auch der durch die Digitalisierung entstehende Strombedarf in die Kosten-Nutzen-Abwägung mit einfließen.

Aus den Herausforderungen lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- **Aufbau eines Projektmonitorings**  
Ein dauerhaft angelegtes Monitoring mit regelmäßiger Kontrolle der Zwischenstände kann langfristigen Fehlentwicklungen vorbeugen.
- **Langfristige Finanzierung**  
Die dauerhafte Finanzierung, welche Hand in Hand mit der dauerhaften Wartung und Instandhaltung bzw. dem laufenden Betrieb geht, ist von Beginn an in die Planung einzubeziehen.
- **Umsetzung der Digitalisierung**  
In kommunalen Verwaltungen könnte die Rolle eines „Chief Digital Officers“ geschaffen werden. Zudem ist die Nutzung von Digital Twins für Organisationen eine Möglichkeit zur Prozessoptimierung.
- **Flexibles Vorgehen anstatt starrer Strategie**  
Bei der Erstellung von Masterplänen für die Stadtentwicklung muss das Tempo des Technologiewandels bedacht werden, sodass es möglich bleibt, digitale Anwendungen flexibel anzupassen.

- **Sicherstellung des laufenden Betriebs**  
Bei technisch anspruchsvollen Projekten scheint eine Projektbegleitung durch die Kommune alternativlos, welche auch Wartungen und Anpassungen für den laufenden Betrieb auf lange Sicht regelt.
- **Regionale Zusammenarbeit und Bürgerbeteiligung**  
Es empfiehlt sich, die Bürgerinnen und Bürger im Rahmen eines Bottom-Up Ansatzes zu integrieren, um ein Zugehörigkeitsgefühl zu schaffen.
- **Außendarstellung**  
Um eine breite Öffentlichkeit über das Projekt zu informieren, sollte die Kommune über diverse Kanäle auf verschiedenen Medien gestreut kommunizieren.
- **Datennutzung regeln**  
Es gilt eine Balance zwischen effektiven Datenverwaltungs- und Betriebsmodellen für den Aufbau der Smart City und dem Datenschutz zu finden (Governance). Insbesondere auf EU-Ebene sollte die Politik möglichst bald weitere Rahmenbedingungen für die Datennutzung im Zusammenhang mit Smart Cities-Anwendungen abstecken.

Die internationale Umfeldanalyse ergibt, dass Smart Cities-Lösungen in Deutschland den örtlichen Gegebenheiten entsprechen müssen, es gibt keinen pauschalen Ansatz. Kommunen sollten frühzeitig ihre strategischen Handlungsfelder der Smart City für sich identifizieren und definieren. Schwerpunkte können z. B. eine höhere Effizienz der Verwaltung, mehr Transparenz und Partizipation mit den Bürgerinnen und Bürgern, das Erreichen konkreter Klimaziele (CO<sub>2</sub>-Emissionssenkung), optimierte Mobilität und Verkehrsabläufe oder die regionale Innovations- und Wirtschaftsförderung sein. Ein weiterer Prüfstein für Maßnahmen und technische Lösungen ist ihre Skalierbarkeit, um sie von der Testanwendung auf die gesamte Kommune oder andere Städte ausdehnen zu können.



# 2 Einleitung

## 2.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die dena mit der Umsetzung des Projekts „Digitalisierungsprojekte im Energiesektor 2020“ im Rahmen des Corona-Konjunkturpakets beauftragt. Das Projekt ist Teil des Future Energy Labs (FEL), dem Pilotierungslabor für digitale Technologien in der Energiewirtschaft.

Das FEL beschäftigt sich mit dem Einsatz digitaler Technologien für die Transformation des Energiesystems. Dabei ist das Ziel, sowohl Software- als auch Hardware-Entwicklungen für unterschiedliche Anwendungsbereiche in den Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität zu analysieren, um deren Nutzen für die Energiewende zu bewerten. Im Rahmen des Gesamtvorhabens stellt das Pilotprojekt Klimakommune.digital mit dem Fokus der Ausstattung und Erprobung von digitalen Technologien in einer deutschen Kommune ein zentrales Element dar. Die Stadt Hagen führt das Projekt zusammen mit der Enervie Service GmbH unter wissenschaftlicher Begleitung durch Fraunhofer IOSB INA sowie Deloitte durch. Im Rahmen der vierjährigen Projektlaufzeit wird Hagen durch den Einsatz digitaler Technologien zu einer mustergültigen Kommune im Bereich Digitalisierung für den Klimaschutz, insbesondere unter Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Neben der praktischen Umsetzung des Programms erfolgt, zur theoretischen Unterfütterung der praktischen Umsetzung, auch eine internationale Umfeldanalyse zu bestehenden Ansätzen. Diese untersucht aktuelle Entwicklungen im Bereich Smart Cities in Kommunen weltweit. Ein wesentlicher Aspekt der Analyse setzt sich mit der Frage auseinander, inwiefern sich solche „Smart City“-Ansätze auf den deutschen und europäischen Kontext übertragen lassen.

Das Gutachten „Internationale Umfeldanalyse zu Smart Cities: ausgewählte Anwendungsfälle mit Bezug zu Digitalisierung und dem Sektor Energie“ untersucht dabei primär, welche (nachhaltigen) Smart City-Ansätze bereits bestehen und wodurch sich diese im Hinblick auf urbanen Klimaschutz und Energiewende kennzeichnen. Darüber hinaus werden auch wesentliche Zielkonflikte zwischen urbaner Digitalisierung und systemischer Nachhaltigkeit<sup>1</sup> analysiert und eingeordnet.

Zu guter Letzt dient die Analyse dazu, zu klären, ob eine Übertragung von internationalen Ansätzen auf den deutschen Kontext überhaupt gelingen kann. Es gilt dabei, sowohl technische, ökonomische, regulatorische als auch gesellschaftliche Aspekte zu untersuchen und zu berücksichtigen. Dies ist die erste Untersuchung, die sich auch das Ziel gesetzt hat, abseits von bekannten Metaanalysen, internationale (zum Teil noch wenig bekannte) und konkrete Anwendungsfälle für deutsche Kommunen zu finden und ihnen Handlungsempfehlungen mit auf den Weg zu geben. Es hat sich gezeigt, dass es genau dieser Mikrofundierung bedarf, um Beispiele und Impulse auch für deutsche Städte zu geben.

---

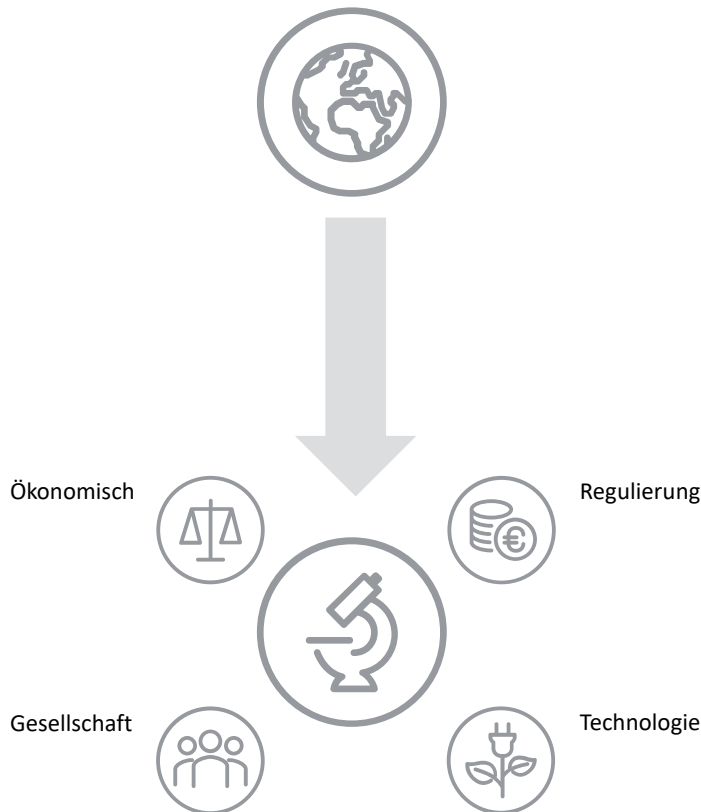
<sup>1</sup> Systemische Nachhaltigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit einer Stadt, innerhalb ihres komplexen Gesamtsystems langfristig ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltig zu handeln. Im Smart City-Kontext umfasst systemische Nachhaltigkeit alle Aspekte der Stadtentwicklung, einschließlich der digitalen Transformation und der Umsetzung von Technologien zur Förderung von Nachhaltigkeit. Dabei geht es nicht nur um die Einhaltung von Umweltstandards und die Effizienzsteigerung, sondern auch um die Berücksichtigung sozialer Gerechtigkeit, Bürgerbeteiligung und demokratischer Prozesse. Insgesamt zielt systemische Nachhaltigkeit auf eine lebenswerte, resiliente und zukunftsfähige Stadt ab.

## 2.2 Studiendesign und Grenzen der Untersuchung

Der Aufbau der Studie folgt dabei der Zielstellung. Aus der Analyse der international vorhandenen Smart City-Lösungen (Makro-Perspektive) werden geeignete Anwendungsfälle identifiziert und entlang der Bewertungskriterien beleuchtet (Mikro-Perspektive). Aus den Ergebnissen leiten sich dann Herausforderungen in der deutsch-europäischen Umsetzung sowie Handlungsempfehlungen (vor allem für Kommunen) ab.

### Makro-Perspektive (Meta-Analyse)

### Mikro-Perspektive



### Aufbau der Studie

#### Internationale Smart City-Ansätze

- Akteure und Definitionen
- Typologie von Smart Cities
- Ziele von Smart Cities

*Anwendungsfälle kanalisieren sich aus der globalen Perspektive*

#### Identifizierte Anwendungsfälle und Besonderheiten

- Regionale Anwendungsfälle
- Überregionale Anwendungsfälle

*Mikrofundierte Ableitung von Herausforderungen Handlungsempfehlungen*

Abbildung 1: Aufbau der Studie

Um bestehende Smart City-Ansätze zu identifizieren und anschließend zu analysieren, wurde zunächst eine Datenbank aufgebaut. Am Anfang dieser Basisarbeit stand die Recherche und anschließende Kategorisierung des vorhandenen Wissens. Eine der wichtigsten Funktionen von Kategorien besteht darin, dass sie erleichtern, neue Erfahrungen mit bereits vorhandenem Wissen zu vernetzen.

Im Rahmen der anfänglichen Metaanalysen wurden auch die theoretisch-konzeptionellen Modelle verschiedener **Smart City-Lösungen aus dem Schrifttum** erarbeitet, aufbereitet und dargestellt. Insbesondere wurde dabei untersucht, welche Schwerpunkte nachhaltige Smart Cities setzen, z. B. welche Anwendungsfälle diese erproben und nutzen, um nachhaltige Smart City-Projekte zu realisieren. Der Fokus lag dabei auf dem Energiesektor, aber auch Anwendungsfälle aus den Sektoren Transport und Verkehr sowie Informationstechnik und Telekommunikation mit positiver Auswirkung auf die Umwelt, wurden mit einbezogen (Sektorenspezifität). Die Kriterien, die ein Projekt erfüllen musste, um in die Datenbank mit aufgenommen zu werden, waren **Aktualität** (Projekte ab dem Jahr 2016), **Internationalität** (Projekte



außerhalb Deutschlands), **Grad der Digitalisierung** (Durchdringung der digitalen Wertschöpfungskette) sowie ein **positiver Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion**.

Eine Auswahl der näher zu untersuchenden Anwendungsfälle erfolgte kriterien gestützt. Die Bewertung der Relevanz einer Lösung und die damit verbundene Aufnahme in die engere Auswahl zur Detailanalyse folgte dabei einem **Filterprozess** ähnlich einem Entscheidungsbaum.

Um sich besonders an den Vorreitern der intelligenten Städte zu orientieren und mögliche Potenziale und Know-How aus dortigen Projekten ableiten zu können, wurden auch verschiedene **Smart City-Rankings** und **Indizes** herangezogen. Der Smart City Index 2021 des Institute for Management Development (IMD) analysiert und vergleicht beispielsweise weltweit 118 Städte und bewertet sie hinsichtlich ihrer Strukturen, Technologien und Grundhaltung der Bürgerinnen und Bürger.<sup>2</sup> Demnach sind die führenden Städte Singapur, Zürich und Oslo. Deutsche Städte befinden sich im guten Mittelfeld, wobei München auf Platz 14 am besten und Kiel auf Platz 53 am schlechtesten bewertet wird. Gemäß dem „Smart City Strategy Index“ von Roland Berger, der 153 Städte weltweit bewertet, liegen in Europa die Städte Wien und London vorne.<sup>3</sup> Laut Ranking haben im Durchschnitt die asiatischen Städte die überzeugendsten Smart City-Strategien mit den Städten Singapur, Shanghai, Shenzhen, Guangzhou und Seoul in den Top 15. Nach eingehender Recherche und darauf aufbauenden, tiefergehenden Prüfungen, zeigte sich, dass insbesondere bei vielen asiatischen Projekten die Dokumentation nicht ausreicht, um die Ansätze im Rahmen dieses Gutachtens umfassend zu analysieren. Auch der Umgang mit Daten ist meistens nicht auf Europa übertragbar. Dennoch ließ sich ein Projekt finden, das auf den europäischen Raum übertragen werden könnte.

Die Datenbank wurde darüber hinaus um die Daten aus dem Carbon Disclosure Project (CDP) erweitert. Das CDP ist eine gemeinnützige Organisation, die ein Auskunftssystem für Investoren, Unternehmen, Städte, Staaten und Regionen betreibt, um ihre Umweltauswirkungen zu verwalten. Dabei sammelt und analysiert die Organisation Emissionsdaten zu vielen Smart Cities weltweit. Als die COP26 – eine der wichtigsten Klimakonferenzen der Geschichte – endete, entstand eine neue Generation von Städten, die laut CDP in Sachen Klimawandel von vornherein an der Spitze stehen. 122 Städte werden auf der 2022er A-Liste<sup>4</sup> der CDP als Vorreiter in Bezug auf Umwelttransparenz und -maßnahmen genannt (2021 waren es 95 Städte). In diesem Jahr wurden zum ersten Mal mehr als 1.000 Städte vom CDP bewertet (1.002 insgesamt)<sup>5</sup>. 2021 waren es noch 965<sup>6</sup>. Diese Städte erstrecken sich über alle Kontinente. Mit einer Gesamtbevölkerung von 108 Millionen stellten die 95 A-List-Städte aus dem Jahr 2021 jedoch nur einen winzigen Teil der 4,2 Milliarden Menschen, die weltweit in Städten leben<sup>7</sup>. Dies unterstreicht die dringende Notwendigkeit, dass mehr Städte ihre Klimaambitionen nach der COP26 für diejenigen erhöhen, die in ihnen leben und arbeiten. Für 2022 wird die Bevölkerungszahl vom

---

<sup>2</sup> Vgl. IMD (2021) S. 9ff.

<sup>3</sup> Vgl. Roland Berger (2019): Think: Act – Smart City Strategy Index, abrufbar unter: <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Smart-City-Strategy-Index-Wien-und-London-weltweit-fortschrittlichste-St%C3%A4dte.html>.

<sup>4</sup> Um ein „A“ zu erhalten, muss eine Stadt unter anderem Daten öffentlich reporten, über ein stadtweites Emissionsinventar verfügen, ein Emissionsreduktionsziel und ein Ziel für erneuerbare Energien für die Zukunft festgelegt und einen Klimaschutzplan veröffentlicht haben. Sie muss auch eine Klimarisiko- und Vulnerabilitätsbewertung durchführen und einen Klimaanpassungsplan ausgestalten, um zu zeigen, wie sie Klimagefahren angehen wird.

<sup>5</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2022), abrufbar unter: <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores>.

<sup>6</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2021), abrufbar unter: <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores/cities-a-list-2021>.

<sup>7</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2021), abrufbar unter: <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores/cities-a-list-2021>.

CDP nicht angegeben. 2021 wurden die **Emissionsdaten** aus 989 Städten<sup>8</sup> jeweils identifizierten Anwendungsfällen zugeordnet und mit Referenznummern als Entitäten in der Datenbank verknüpft. Aus den vorhandenen Daten ging jedoch hervor, dass häufig nur ein geringer Rückgangseffekt von Emissionen über den Betrachtungszeitraum ersichtlich war, teilweise die CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar gestiegen waren. Hierfür werden verschiedene Gründe angegeben. Unter anderem Bevölkerungswachstum, Wetterbedingungen, gestiegener Energieverbrauch und eine geänderte Datenerfassung<sup>9</sup>. Diese Faktoren stehen in keinem direkten Zusammenhang zu Smart Cities, sodass sie nicht weiter betrachtet werden. Auch fiel auf, dass sehr viele Städte erst seit kurzem überhaupt Emissionsdaten veröffentlichen bzw. geschah dies in der Betrachtung zwischen 2015 und 2020 lückenhaft, sodass eine Zeitreihenanalyse nicht möglich ist.

Sogar für 2021 liegen in der Auswertung der städtischen Emissionen vom CDP nur von 327 von 989 Städten Daten zu direkten Emissionen<sup>10</sup> vor. Lediglich 262 Städte haben Daten zu indirekten Emissionen<sup>11</sup> gemeldet und nur 42 Städte Scope 1<sup>12</sup> Emissionen, 34 Städte Scope 2<sup>13</sup> Emissionen und 28 Städte Scope 3<sup>14</sup> Emissionen.<sup>15</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2021): City-wide Emissions, abrufbar unter: <https://data.cdp.net/Emissions/2021-City-wide-Emissions/tmta-7i7p>.

<sup>9</sup> Vgl. ebenda.

<sup>10</sup> Direkte Emissionen (in metrischen Tonnen CO<sub>2</sub>e) im Verhältnis zu Gesamtemissionen (ohne die Erzeugung von Strom durch das Netz).

<sup>11</sup> Indirekte Emissionen durch die Nutzung von Strom aus dem Netz (in metrischen Tonnen CO<sub>2</sub>e) im Verhältnis zu Gesamtemissionen (ohne die Erzeugung von Strom durch das Netz).

<sup>12</sup> „Scope 1“-Emissionen sind gemäß des GHG Protocols direkte Treibhausgasemissionen, die aus Quellen stammen, die direkt von einer Organisation/einem Unternehmen kontrolliert werden oder in deren Besitz sind. Vgl. dazu z. B. United States Environmental Protection Agency (EPA), Scope 1 and Scope 2 Inventory Guidance, <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-1-and-scope-2-inventory-guidance>.

<sup>13</sup> „Scope 2“-Emissionen sind indirekte Treibhausgasemissionen, die mit dem Kauf von Energie, wie Strom, Dampf, Wärme oder Kälte verbunden sind. Obwohl Scope-2-Emissionen physisch in der Einrichtung entstehen, in der sie erzeugt werden, werden sie im Treibhausgasinventar einer Organisation erfasst, da sie auf den Energieverbrauch der Organisation zurückzuführen sind. Vgl. dazu z. B. United States Environmental Protection Agency (EPA), Scope 1 and Scope 2 Inventory Guidance, <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-1-and-scope-2-inventory-guidance>.

<sup>14</sup> „Scope 3“-Emissionen sind das Ergebnis von Aktivitäten von Vermögenswerten, die sich nicht im Besitz der berichtenden Organisation befinden oder von ihr kontrolliert werden, die sich jedoch indirekt auf ihre Wertschöpfungskette auswirkt. „Scope 3“-Emissionen umfassen alle Quellen, die nicht innerhalb der Grenzen von Scope 1 und 2 einer Organisation liegen. Die „Scope 3“-Emissionen einer Organisation sind sozusagen die „Scope 1“- und „Scope 2“-Emissionen einer anderen Organisation. „Scope 3“-Emissionen machen oft den Großteil der gesamten THG-Emissionen einer Organisation aus. Vgl. dazu z.B. United States Environmental Protection Agency (EPA), Scope 3 Inventory Guidance, <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-3-inventory-guidance>.

<sup>15</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2021): City-wide Emissions, abrufbar unter: <https://data.cdp.net/Emissions/2021-City-wide-Emissions/tmta-7i7p>.

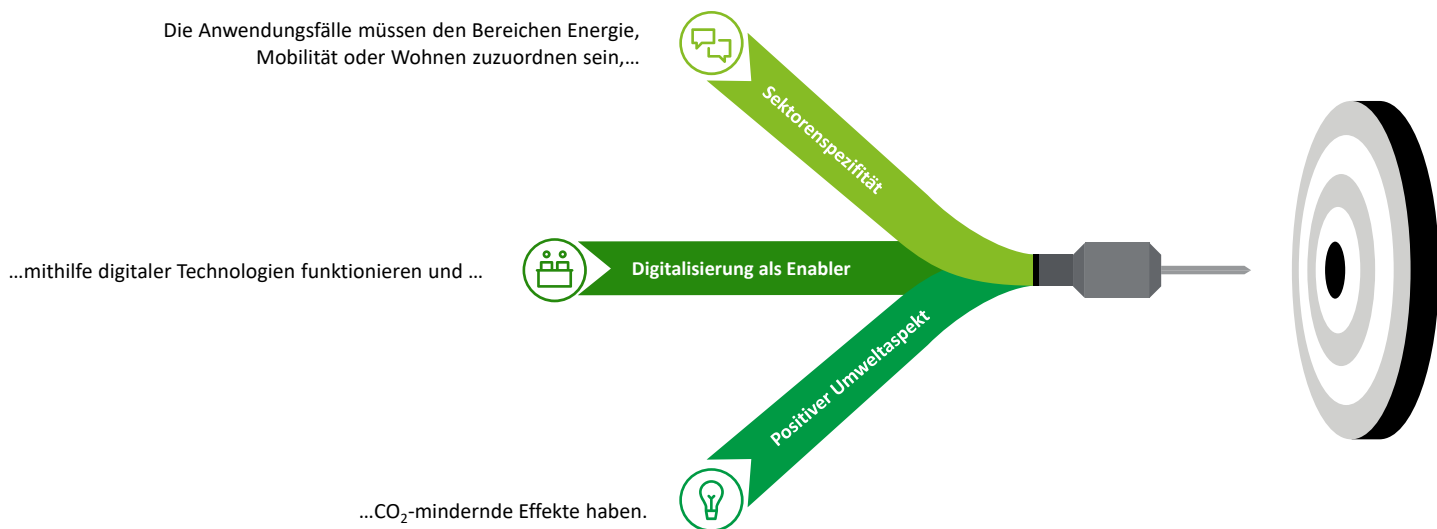


Abbildung 2: Weitere Eingrenzung der Auswahl

Die über die oben beschriebenen Datenabhängigkeiten selektierten Projekte wurden im Verlauf der Analyse nach weiteren Kriterien, wie z. B. Bezug zu energiewirtschaftlichen Anwendungsfeldern oder auch Umsetzungsgrad, gefiltert und diese Auswahl dann eingehender untersucht. Auch wurden die Ergebnisse der Use Case-Analysen der verschiedenen Smart City-Projekte in Steckbriefen visualisiert bzw. zusammengefasst.<sup>16</sup>

Während des Aufbaus der Datenbank wurden auch **Metadaten** und andere **Smart City-Studien** herangezogen und entsprechend als Quellen integriert. Die identifizierten relevanten Projekte wurden tabellarisch mit fortlaufenden Nummern in die Datenbank eingetragen und in Cluster eingeteilt. Aufgrund ihrer Aktualität, Untersuchungsbreite und -tiefe eignet sich aus Sicht der Gutachter die systematische Einteilung der Studie des Umweltbundesamtes „Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht“<sup>17</sup> für die spätere Zuordnung der Anwendungsfälle in 17 Smart City-Lösungen. Im Verlauf der Analyse hat sich allerdings herausgestellt, dass viele Anwendungsfälle mehreren eingesetzten Technologiefeldern zuordenbar sind. Diese lassen sich wiederum in vier Cluster<sup>18</sup> einteilen: Kommunikation/Digitalisierung, Verkehr/Mobilität, Energieversorgung und Wohnen. In Kapitel 3.2.4 werden die untersuchten Use Cases den Clustern Verkehr/Mobilität, Energieversorgung und Wohnen zugeordnet. Der Bezug zur Digitalisierung ist in diesem Gutachten Voraussetzung für die Betrachtung der Projekte. Diese verwenden im Allgemeinen Informations- und Kommunikationstechnologien zur Datenübertragung.

<sup>16</sup> Vgl. hierfür Anhang.

<sup>17</sup> Umweltbundesamt (2020), S. 17 und 18.

<sup>18</sup> Vgl. ebenda, S. 67f für die Systematik. Die 27 Technologiefelder der Studie des Umweltbundesamtes lassen sich nach Ansicht der Autoren sachlogisch in vier Cluster zusammenfassen: Kommunikation und Digitalisierung (Block-Chain (für P2P Transaktionen), Informations- oder Buchungsplattform, Open Data Plattform, Plattform für Nachrichtenaustausch, Real Time-Datenverfügbarkeit/SCADA data/Roaming-Plattform/Routen-Optimierung/Sensornetzwerk, Sharing-Plattform, Wireless Low Power Wide Area Kommunikationstechnologien, WLAN Access Point + Netzwerk), Energieversorgung (Energiemanagementsystem, Energiespeicher (Batterien), Energy Harvesting, Power to heat, Trafos, Schnellladestationen), Wärmepumpen, Wärmetauscher), Verkehr und Mobilität (Dynamisches Verkehrszeichenmanagement, Elektrofahrzeuge, Hybride-/Elektro-Fahrzeuge, Kameraerfassung von Verkehrsteilnehmern, Ladeinfrastruktur, Ladesäulen, Lastenfahrrad, Logistik-Hub in der Stadt, Verkehrsdaten-Analyse-Algorithmen, Verkehrsüberwachungskameras (Bahn, Bus) und Wohnen (Adaptive LED Straßenbeleuchtung (on demand), GIS-Daten (flooding zones)).

Die folgende schematische Abbildung visualisiert die einzelnen Untersuchungsschritte und fasst den Gang der Analyse für die vorliegende Studie noch einmal zusammen.

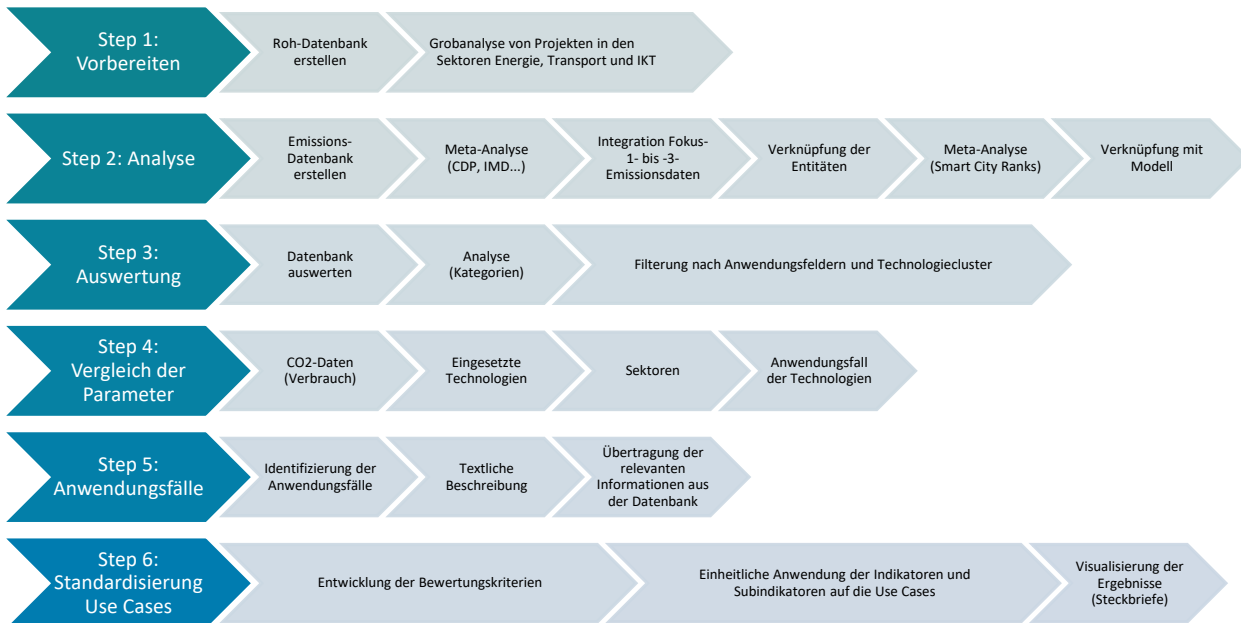


Abbildung 3: Das Vorgehen in sechs Schritten

Bei der Analyse wurde deutlich, dass zwar weltweit viele Projekte zu intelligenten, nachhaltigeren Städten existieren, es jedoch an einem ausreichenden Standard für Dokumentationen bzw. überhaupt an einer ausreichenden Dokumentation der Projekte mangelt. Vor allem die Analyse des Beitrags zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen wird meist in den Dokumentationen vernachlässigt. Verglichen mit der sorgfältigen Dokumentation der bekannten, einschlägigen deutschen Smart City-Projekte, besteht international aus Sicht der Gutachter großer Handlungsbedarf, um zukünftig Potenziale von Stadtentwicklungsklungsprojekten besser erkennen, Skaleneffekte nutzen und Kompetenzen bündeln zu können. In den im Rahmen der Studie gesichteten Artikeln und Meta-Studien<sup>19</sup> nimmt hierauf niemand Bezug, weshalb die Gutachter die Empfehlung geben möchten, einen gewissen internationalen Berichts-Minimum-Standard für Smart Cities-Projekte zu entwickeln und umzusetzen.

Der erste Rohentwurf der Studie wurde in einem **Workshop mit Experten** (nachfolgende Einschätzungen und Meinungen werden als „Expertenworkshop“ zitiert) aus Behörden, Wirtschaft und Interessensverbänden am 25. Oktober 2021 erstmalig diskutiert. Die Experten wurden nach Folgenden Kriterien ausgewählt:

- Jede involvierte Branche sollte durch Experten vertreten sein. Dazu zählen Energiewirtschaft, Wohnungsbau, Technologiehersteller, IKT-Unternehmen, Finanzwirtschaft und kommunale Stadtverwaltung.
- Möglichst viele fachliche Disziplinen sollten abgedeckt werden (z. B. Förderwesen, Finanzierung, technische Umsetzung, kommunale Umsetzung)
- Die Teilnehmer sollten bereits im Umfeld von Smart Cities-Initiativen involviert sein und praktische Erfahrung darin mitbringen.

<sup>19</sup> Vgl. Literaturverzeichnis.

Es wurden 30 geeignete Akteure kontaktiert und die Bereitschaft zur Teilnahme abgefragt. Aus den Rückläufern wurden in Abstimmung mit der dena elf Experten<sup>20</sup> ausgewählt und eingeladen.

Im Rahmen des Workshops wurden die Experten mit der Grundstruktur der Studie konfrontiert. Das Auswahlverfahren der Use Cases wurde dargestellt und sechzehn davon im Workshop bewertet. Durch ihre Erfahrung in der Umsetzung von Smart Cities konnten die Experten die Projekte auf technologischer, regulatorischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Ebene mit einordnen. Anhand der geführten Debatte wurden auch die bereits herausgearbeiteten Herausforderungen durch Handlungsempfehlungen bestärkt.

Auf Basis der Empfehlungen der Experten, wurde ein Use Case aus der Analyse entfernt sowie drei Projekte zusätzlich aufgenommen.

---

<sup>20</sup> GEWOFAG, Landkreis Hof, DStGB BMWK, Mainova, BDEW, Deutsche Telekom, DBAG, Schneider Electric, Stromnetz Hamburg, Metzler

# 3 Smart City-Ansätze

Die Leitfrage, unter der dieses Kapitel steht, lautet: „Was wird unter einer Smart City verstanden und welche Auswirkungen haben unterschiedliche Definitionen auf die Stadtentwicklung?“

## 3.1 Theoretische Grundlagen

Bei der Beantwortung der Frage „Was versteht man unter einer Smart City?“ hilft die Kategorisierung der verschiedenen Konzepte, um Anwendungsfälle zu beschreiben. So ähnlich wird z. B. auch im Bereich der Klimafolgenforschung vorgegangen – bestimmte Ereignisse erfordern darauf zugeschnittene Maßnahmen bzw. Objekte. Ein Schlagwort für „mitigation measures“ ist dabei das der „nachhaltigen Entwicklung“, welches u.a. auch Bestandteil der Definition bzw. auch der Ziele von Smart Cities ist. Um im Laufe der Umfeldanalyse die Frage beantworten zu können, „welche verschiedenen Smart City-Ansätze sich theoretisch-konzeptionell identifizieren lassen und mit welchen Use Cases versucht wird, diese zu realisieren?“, wurde auf die in Kap. 3.2 beschriebene Datenbank zurückgegriffen. In dieser lassen sich die Regionen bzw. ortsspezifischen Daten verschlagworten, verknüpfen und auswerten. Die Datenbank wurde mit eigenen, externen Experten und Experten der dena besprochen und die Kriterien diskutiert. Mithilfe der konsolidierten Liste an Kategorien, die eine Smart City ausmachen, konnte dann auch die Frage beantwortet werden, was aus Sicht der Autoren nachhaltige Smart Cities, die insbesondere im Energiesektor aktiv sind, kennzeichnet. Hiervon abzugrenzen sind Anwendungsfälle, die andere Ziele verfolgen.

Zunächst wurde untersucht, welche Akteure in einer Smart City relevant sind und wie deren Wirken die Stadtentwicklung beeinflusst. Nach der Identifizierung konnte abgeleitet werden, ob (z. B. marktrollenbedingte) spezifische Anforderungen existieren und welcher Rahmen hauptsächlich die Anwendungsfälle der Hauptakteure bestimmt.

### 3.1.1 Akteure und Definitionen

Das Konzept der „Smart City“ bezog sich zunächst auf Initiativen, die mithilfe digitaler und Informations- und Kommunikationstechnologie-basierter Innovationen die Effizienz urbaner Dienstleistungen verbessern und neue wirtschaftliche Chancen in Städten schaffen.<sup>21</sup> Das heutige Verständnis von Smart Cities ist wesentlich offener und vielfältiger und variiert zwischen Ländern und Institutionen je nach geopolitischem Kontext und spezifischen Fragestellungen. Daher werden zunächst die verschiedenen Sichtweisen der Hauptakteure, die an der Gestaltung und Umsetzung einer Smart City beteiligt sind, untersucht. Diese Akteure lassen sich in Forschung, Wirtschaft und Politik gliedern. Anschließend wird abgeleitet, inwiefern sich die Ansätze unterscheiden und unter Umständen auch ergänzen.

## Forschung

Das Bedürfnis, Smart Cities zu realisieren, entspringt zum einen der steigenden gesellschaftlichen Relevanz. Forscher des MIT Media Labs gehen davon aus, dass im Jahr 2050 bis zu 80% der Bevölkerung in Städten leben werden. Auf diese 80% entfallen etwa 60% des gesamten Energiebedarfs.<sup>22</sup> Um die Ressourcen und Dienstleistungen für ein Leben in diesen Städten anbieten zu können, benötigt es

---

<sup>21</sup> OECD, 2020, S. 8.

<sup>22</sup> Vgl. Portman, 2015, S.471.

neue Strategien zur Städteentwicklung. Zum anderen geht man von der Verfügbarkeit neuer Technologien aus, welche eine Verwirklichung von Ideen überhaupt erst ermöglichen.<sup>23</sup> Vom Einsatz dieser Technologien verspricht man sich Erkenntnisse zur Implementierung datengetriebener Ansätze für eine bessere Stadtgestaltung.<sup>24</sup>

„Smart City-Forschung kann dazu beitragen, einen systematischen Ansatz für die Planung, den Einsatz und die Bewertung von Smart City-Technologien zu entwickeln, um sicherzustellen, dass die Ziele einer Smart City - Nachhaltigkeit, Effizienz und Lebensqualität - tatsächlich erreicht werden.“<sup>25</sup>

Toli und Murtagh (2020)<sup>26</sup> analysierten in 50 am häufigsten zitierten Papern verschiedene Definitionen zu Smart Cities. Zahlreiche Definitionen aus der Forschung umfassen die Dimensionen Umwelt, Ökonomie und Gesellschaft; andere umfassen nur Teilbereiche oder Kombinationen aus zwei Dimensionen. Gemäß Zygiaris (2013)<sup>27</sup> wird der Begriff Smart City als eine bestimmte intellektuelle Fähigkeit verstanden, die mehrere innovative soziotechnische und sozioökonomische Aspekte des Wachstums adressiert. Beinhaltet sind der Aspekt „grün“ in Bezug auf die städtische Infrastruktur zum Umweltschutz und zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>28</sup>, der Aspekt „vernetzt“ in Bezug auf die Revolution der Breitbandwirtschaft<sup>29</sup>, der Aspekt „intelligent“, der die Fähigkeit deklariert, Mehrwertinformationen aus der Verarbeitung von Echtzeitdaten der Stadt von Sensoren und Aktivatoren zu erzeugen<sup>30</sup> und die Aspekte „innovativ“ und „wissensstark“, die sich auf die Fähigkeit der Stadt beziehen, Innovationen zu fördern<sup>31</sup>. Jeder dieser Aspekte trägt maßgeblich zu Wachstum und Nachhaltigkeit bei.

## Unternehmerische/wirtschaftliche Sichtweise

Unternehmerische Akteure in Smart Cities heben in ihren Definitionen weniger die Umwelt- und Gesellschaftsziele und mehr die Nutzung von verschiedenen (Informations- und Kommunikations-)Technologien hervor. Auch die Sammlung und Verarbeitung von Daten sowie wirtschaftliche Ziele, wie Kostenreduktion werden hier stärker betont und sollten bei der Umsetzung von Use Cases entsprechend berücksichtigt werden.

Beispielsweise schlägt das Smart Cities Council, ein Kollektiv mehrerer großer Unternehmen, die in der Smart City-Technologie tätig sind (einschließlich Cisco, IBM, Intel und Qualcomm) die folgende Definition vor: „Eine intelligente Stadt sammelt Daten von intelligenten Geräten und Sensoren, die in ihren Straßen, Stromnetzen, Gebäuden und anderen Anlagen eingebaut sind. Sie teilt diese Daten über ein

---

<sup>23</sup> Vgl. Townsend, A. M.: Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia. Norton & Company, New York, USA: W. W. Norton & Company, 2013.

<sup>24</sup> Vgl. Manville, Catriona, 2014.

<sup>25</sup> Vgl. Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., & Shamsuddin, S., Theoretical perspectives on Smart Cities, in: The Routledge Handbook of Transport Economics, S. 409-424, Routledge, 2019.

<sup>26</sup> Vgl. Toli, M. Angeliki/Murtagh, N.: The Concept of Sustainability in Smart City Definitions (Stand 02.06.2020), <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.00077/full>.

<sup>27</sup> Vgl. Zygiaris, S.: Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems, in: Journal of the Knowledge Economy, Springer Verlag, 2013.

<sup>28</sup> Vgl. Atkinson, 2008, und Belissent, Jennifer: Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models (Stand: 25.02.2022), <https://www.forrester.com/report/Getting+Clever+About+Smart+Cities+New+Opportunities+Require+New+Business+Models/RES56701>.; Vgl. Adams, 2006.

<sup>29</sup> Zacharilla, Louis/ Robert Bell/ John Jung: Creating the Community of the 21st Century, London, England: Intelligent Community Forum, 2009, S. ; Bizer, 2009, S. ; Gillet, Sharon E.; Osorio, Carlos; Lehr, William (2004). Local government broadband initiatives, abgerufen von [https://www.academia.edu/15120255/Local\\_government\\_broadband\\_initiatives.pdf](https://www.academia.edu/15120255/Local_government_broadband_initiatives.pdf).

<sup>30</sup> Vgl. Chee-Lee, 2003, S.; Leon, 2006.

<sup>31</sup> Vgl. Komninos, 2006, S. ; Vgl. Shapiro, 2003.

intelligentes Kommunikationssystem, das typischerweise eine Kombination aus kabelgebunden und drahtlos ist. Anschließend wird intelligente Software verwendet, um wertvolle Informationen und digital verbesserte Dienste zu erstellen“.<sup>32</sup>

Da besonders erneuerbare Energien und Ressourcenschonung zentrale Aspekte in Smart Cities sind, wurden auch die Definitionen von verschiedenen Energieversorgungsunternehmen betrachtet. Zum Beispiel definiert die EnBW Energie Baden-Württemberg AG eine Smart City folgendermaßen: Eine Smart City „beschreibt Ideen und Konzepte für urbane Räume, mit denen Städte durch Einsatz moderner Technologie effizienter und damit klimaschonender sowie lebenswerter werden sollen. Um diese Ziele in wachsenden Städten zu erreichen, braucht es Produkte, Dienstleistungen, Prozesse und Infrastrukturen, die durch hochintegrierte und vernetzte Informations- und Kommunikationstechnologien gestützt werden“.<sup>33</sup>

Auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) beschäftigen sich mit dem Themenfeld Smart City, sei es als Anbieter von Software- oder Hardware-Lösungen. Als Beispiel für eine Definition eines mittelgroßen Unternehmens, welches sich auch mit der technischen Ausrüstung von Smart Cities befasst, kann die der Beckhoff-Gruppe bzw. Beckhoff Automation dienen, die die Nachhaltigkeit in den Vordergrund stellt: „[...]Um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern und ein nachhaltiges Zusammenleben in urbanen Räumen zu sichern, sind neue Konzepte in der Städteplanung gefragt: Eine umweltfreundliche und stabile Energieversorgung, intelligente Gebäudeautomation, neue Mobilitätskonzepte, ein effizienter Verkehrsfluss sowie mehr öffentliche Sicherheit sind nur einige der vielen Vorteile, die Smart City-Lösungen bieten können. Dabei sollte die Technologie nicht Treiber der Stadtentwicklung sein, sondern ein Mittel, um Städte nachhaltig zu gestalten und das Zusammenleben sowie die Lebensqualität ihrer Bewohner zu verbessern.“<sup>34</sup>

Die Internationale Organisation für Normierung (ISO) legt folgende Definition für die Smart City vor: „Eine Stadt, die das Tempo erhöht, mit dem sie soziale, wirtschaftliche und ökologische Nachhaltigkeitsergebnisse erzielt und auf Herausforderungen wie den Klimawandel, das rasche Bevölkerungswachstum und politische und wirtschaftliche Instabilität reagiert, indem sie die Art und Weise, wie sie die Gesellschaft einbezieht, grundlegend verbessert, kollaborative Führungsmethoden anwendet, disziplinen- und systemübergreifend arbeitet und Daten, Informationen und moderne Technologien nutzt, um den Menschen in der Stadt (Einwohnern, Unternehmen, Besuchern) jetzt und in absehbarer Zukunft bessere Dienstleistungen und eine höhere Lebensqualität zu bieten, ohne dass andere auf unfaire Weise benachteiligt werden oder die natürliche Umwelt geschädigt wird“.<sup>35</sup>

## Politisch/öffentliche Sichtweise

Auch bedeutende öffentliche Organisationen und politische Organe unterstützen die Entwicklung von Smart Cities und zeigen Möglichkeiten der Definition auf. Hier werden vor allem Unterschiede zwischen Städten aus Europa, Asien und Amerika deutlich. Europa verfolgt einen eher zielorientierten Ansatz, während in Asien, Amerika und Australien die Technologie im Vordergrund steht.

Ein Smart City-Ansatz im Sinne der Vereinten Nationen „nutzt die Chancen der Digitalisierung, sauberer Energie und Technologien sowie innovativer

---

<sup>32</sup> Vgl. Shapiro, 2003, mit Verweis auf Smart Cities Council, Our Vision, unter <http://smartcitiescouncil.com/article/our-vision>, 2012.

<sup>33</sup> Vgl. EnBW: Smart Cities, o.D., abgerufen von <https://www.enbw.com/energie-entdecken/gesellschaft/smart-cities/>.

<sup>34</sup> Vgl. Beckhoff: Smart City: Digitalisierung wird zum Zukunftskriterium für die Entwicklung von Städten und Gemeinde, o.D., abgerufen von <https://www.beckhoff.com/de-de/branchen/smart-city/>.

<sup>35</sup> Vgl. ISO 37122:2019, abgerufen von: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37122:ed-1:v1:en>.



Verkehrstechnologien und bietet so den Einwohnern Möglichkeiten, umweltfreundlichere Entscheidungen zu treffen, nachhaltiges Wirtschaften zu fördern und ermöglicht es Städten, ihre Dienstleistungen zu verbessern.“<sup>36</sup> Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch die Interamerikanische Entwicklungsbank und definiert eine intelligente und nachhaltige Stadt als „eine innovative Stadt, die IKT und andere Mittel nutzt, um die Lebensqualität, die Effizienz des städtischen Betriebs und der städtischen Dienstleistungen sowie die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern und gleichzeitig sicherzustellen, dass [...] die Bedürfnisse gegenwärtiger und zukünftiger Generationen in Bezug auf wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte erfüllt [werden]“.<sup>37</sup>

Nach der Definition der Europäischen Kommission zielt eine intelligente Stadt oder Gemeinde auf das Wohlergehen ihrer Einwohner, Unternehmen, Besucher, Organisationen und Verwaltungen ab, indem sie digital gestützte Dienste anbietet, die zu einer besseren Lebensqualität beitragen.<sup>38</sup> „Diese intelligenten Dienste können dazu dienen, Ressourcen wie Energie oder Wasser besser zu verwalten, den lokalen Verkehr und die Umweltverschmutzung zu überwachen und zu reduzieren oder umweltfreundlichere Wege zur Beleuchtung und Beheizung von Gebäuden zu finden. Sie können auch eine interaktivere und reaktionsfreudigere Stadtverwaltung, die Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger in die Entscheidungsfindung und Politikgestaltung, sicherere öffentliche Räume und die Erfüllung der Bedürfnisse einer alternden Bevölkerung und von Menschen mit Behinderungen bedeuten.“<sup>39</sup>

Auch auf nationaler Ebene definieren die Länder und Städte eine Smart City unterschiedlich. In Europa gelten unter anderem London und Wien als Vorreiter (siehe Kapitel 2.2). Das britische Department of Business, Energy and Industrial Strategy sagt: „Das Konzept [der Smart City] ist nicht statisch: Es gibt keine absolute Definition einer Smart City, keinen Endpunkt, sondern eher einen Prozess oder eine Reihe von Schritten, durch die Städte „lebenswerter“ und widerstandsfähiger werden und damit in der Lage sind, schneller auf neue Herausforderungen zu reagieren.“<sup>40</sup> Eine Smart City im Wiener Verständnis ist „eine Stadt, die das menschliche Maß nie aus den Augen verliert, die die Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner in ihren vielfältigen Lebenswelten in den Fokus stellt und dabei allen Menschen gleichwertige Entwicklungschancen eröffnet.“<sup>41</sup>

In Asien befinden sich die meisten Smart City-Vorreiter<sup>42</sup>, aber besonders Singapur sticht durch seine Strategie hervor, die erste Smart Nation zu werden. Singapur definiert die Zukunft folgendermaßen: „Eine Smart Nation ist ein Singapur, in dem die Menschen stärker befähigt werden, ein bedeutendes und erfülltes Leben zu führen, das nahtlos durch Technologie ermöglicht wird und aufregende Möglichkeiten für alle bietet. Hier können Unternehmen produktiver sein und neue Chancen in der digitalen Wirtschaft nutzen. Es ist eine Nation, die mit unseren internationalen Partnern

---

<sup>36</sup> Vgl. OECD: Enhancing the Contribution of Digitalisation to the Smart Cities of the Future (2019), abgerufen von <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Smart-Cities-FINAL.pdf>.

<sup>37</sup> Vgl. IDB: The Road toward Smart Cities Migrating from Traditional City Management to the Smart City (2016), abgerufen von <https://publications.iadb.org/en/road-toward-smart-cities-migrating-traditional-city-management-smart-city>.

<sup>38</sup> Vgl. EU Commission (2022): Smart Cities and Communities, abgerufen von <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/smart-cities-and-communities>.

<sup>39</sup> Vgl. EU Commission (2022): Smart Cities and Communities, abgerufen von <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/smart-cities-and-communities>.

<sup>40</sup> Vgl. OECD: Enhancing the Contribution of Digitalisation to the Smart Cities of the Future (2019), abgerufen von <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Smart-Cities-FINAL.pdf>.

<sup>41</sup> Vgl. Stadt Wien: Smart Klima City Strategie (2022), aufrufbar unter <https://smartcity.wien.gv.at/strategie/>. S. 9

<sup>42</sup> Vgl. IMD (2021): Smart City Index 2021 und Roland Beger (2019): Think: Act – Smart City Strategy Index

zusammenarbeitet, um digitale Lösungen bereitzustellen, von denen Menschen und Unternehmen über Grenzen hinweg profitieren.“<sup>43</sup>

Laut TWI (The Welding Institute oder TWI Ltd ist ein großes Forschungs- und Technologie-Institut mit Sitz in Cambridge, Großbritannien) begann in den USA das Konzept der intelligenten Städte bereits in den 1960er Jahren, als das US-amerikanische „Community Analysis Bureau“ anfang, Datenbanken, Luftaufnahmen und Cluster-Analysen aufzubauen, um Daten zu sammeln, Ressourcen zu planen und Berichte herauszugeben, mit deren Hilfe Dienstleistungen gesteuert, Katastrophen gemildert und Armut reduziert werden sollten.<sup>44</sup> Inzwischen ist die Entwicklung aber bereits in der sogenannten dritten Generation von Smart Cities angekommen. Eine der US-Vorreiterstädte ist hier die Metropole New York, die u.a. mit diversen smarten Lösungen für die Bereiche Abfallwirtschaft, Luftqualitätskontrolle, individuellen Nahverkehr, öffentlichen Personennahtransport, Wassermanagement oder auch öffentliche Beleuchtung experimentiert bzw. diese implementiert.<sup>45</sup>

Australien hat seit 2016 einen sogenannten „Smart Cities Plan“<sup>46</sup>, welcher die Vision der australischen Regierung für ihre Städte festlegt. Dieser Plan umfasst drei Säulen: Smart Investment, Smart Policy und Smart Technology. Als australischer Vorreiter kann v.a. die Stadt Canberra bezeichnet werden.<sup>47</sup>

In den meisten Fällen sind Smart Cities jedoch Initiativen, die digitale Innovationen nutzen, um die städtische Leistungserbringung effizienter zu gestalten und dadurch die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit einer Gemeinde zu steigern. Digitale Innovation bleibt zwar ein zentraler Bestandteil des Smart City-Konzepts, eine zentrale Frage ist jedoch, ob Investitionen in intelligente Technologien und digitale Innovationen letztendlich dazu beitragen, das Wohlergehen der Bürgerinnen und Bürger zu verbessern. Ein menschenzentrierter, ganzheitlicher Ansatz nutzt Daten, Technologien und Services, um eine inklusive, sichere und nachhaltige Stadt für die Einwohner zu schaffen.<sup>48</sup>

## **Schlussfolgerung: Zwei verschiedene Ansätze**

Aus den genannten Definitionen lassen sich zwei verschiedene Ansätze ableiten, die verfolgt werden, um eine Smart City zu gestalten.

Beim lösungsorientierten Ansatz der Stadtentwicklung werden zunächst Ziele definiert, wie etwa die Verbesserung der Lebensqualität, die Senkung von Emissionen oder der sparsame Umgang mit natürlichen Ressourcen. Diese Ziele werden im Anschluss mit verschiedenen Instrumenten verfolgt, digitale Technologien sind dabei ein Baustein. Diesen Ansatz verfolgen meist europäische Städte. In den Vorreiterstädten Wien und London stehen beispielsweise die Bedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger und die Steigerung der Lebensqualität im Vordergrund (siehe

---

<sup>43</sup> Vgl. Smart Nation Singapore (2018), aufrufbar unter <https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/smart-nation-strategy-nov2018.pdf>.

<sup>44</sup> Vgl. TWI LTD, What is a smart city? Definition and examples.

<sup>45</sup> Vgl. Shah, 2019.

<sup>46</sup> Australian Government Department of the Prime Minister and Cabinet, 2016.

<sup>47</sup> Australian Government Department of the Prime Minister and Cabinet: Smart Cities Plan (2016), abgerufen von [https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/migrated/cities/smart-cities/plan/files/Smart\\_Cities\\_Plan.pdf](https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/migrated/cities/smart-cities/plan/files/Smart_Cities_Plan.pdf).

<sup>48</sup> Vgl. UN Habitat (2021): Centering People in Smart Cities - A playbook for local and regional governments Shaping Co-creation & Collaboration in Smart Cities. S. 10, abgerufen von <https://unhabitat.org/programme/legacy/people-centered-smart-cities/shaping-co-creation-collaboration-in-smart-cities-a>.

vorangegangene Definitionen). Um diese Ziele zu realisieren, sollen Möglichkeiten, die die Digitalisierung mit sich bringt, aktiv genutzt werden.<sup>49</sup>

Technologieorientierte Ansätze der Stadtentwicklung wiederum, wie sie teils in den USA und häufiger in China und Japan zu finden sind, setzen voll auf die umfassende Digitalisierung der Stadt. Die benötigte Infrastruktur wird schnell und umfassend geschaffen, damit sich Anbieter von Digitallösungen ansiedeln.<sup>50</sup>

Zum Beispiel möchte sich Singapur vor allem durch neue, digitale Technologien auszeichnen. Die Stadtentwicklung steht unter dem Motto „Transforming Singapore through Technology“.<sup>51</sup> Technologien sollen nahtlos integriert werden, um so die Art zu arbeiten und zu leben zu transformieren. Dafür wird eine Kultur der Innovation und des Experimentierens geschaffen.<sup>52</sup>

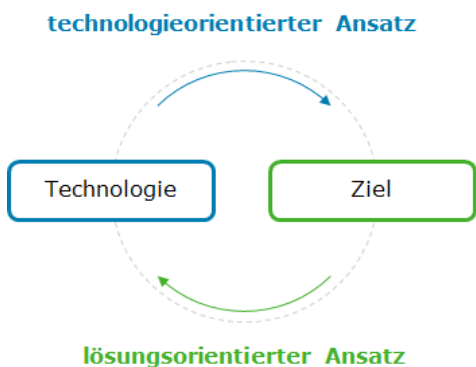


Abbildung 4: Zwei Hauptansätze zur Entwicklung zu einer Smart City

Stellt man die Frage, ob es wahrscheinlicher sein kann, dass Städte mit einem Zielorientierungs-Ansatz ihre Emissionen durch die Maßnahmen eher reduzieren als diejenigen Städte mit Technologieorientierung, sehen die Gutachter nach Sichtung der existierenden Studien noch Forschungsbedarf. Aufgrund der lückenhaften Daten (z. B. CDP) kann dazu auch in dieser Analyse keine Aussage getroffen werden.

### 3.1.2 Typologie von Smart Cities

Ein Schlüsselfaktor für die Definition und das Verständnis von Smart Cities hängt mit den verschiedenen Arten von Städten zusammen. Jede Stadt weist spezifische Merkmale in Bezug auf Größe, Population, Steuerressourcen und viele andere Merkmale auf.

Solche Unterschiede wirken sich auf die Fähigkeit der Städte aus, intelligente Technologien zu verwalten und Investitionen in intelligente Städte anzuziehen. Unterschiedliche bauliche Eigenschaften können sich auch auf den Grad der Anwendbarkeit bestimmter digitaler Technologien auswirken. Eine Schwierigkeit betrifft die digitale Kluft innerhalb derselben Stadt. In Detroit (USA) beispielsweise haben beinahe 30 % der Bevölkerung keinen Zugang zu irgendeiner Art von

<sup>49</sup> Vgl. Stadt Wien (2016)

<sup>50</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>51</sup> Vgl. Smart Nation Singapore, 2018.

<sup>52</sup> Vgl. ebenda.

Breitband.<sup>53</sup> Dies erschwert es, Use Cases zu realisieren, an denen jeder Bewohner der Stadt gleichermaßen teilhaben kann, ohne eine Spaltung der Gesellschaft zu begünstigen. Es wäre von großem Vorteil, zunächst gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen und die Digitalisierung in Städten enorm voranzutreiben. Um das Potenzial von Smart Cities überhaupt ausschöpfen zu können, ist ein gewisser Basis-Digitalisierungsgrad (Umsetzung der Digitalisierung) erforderlich. Natürlich benötigen auch alle IoT- und IoE-Systeme eine digitale Systeminfrastruktur, um vernetzt werden zu können. Allerdings ist nicht immer ein Breitbandanschluss notwendig. Aktuell gibt es drei relevante Technologien im Bereich der Niedrigenergieweitnetzwerke (LPWANs), welche für das IoT/IoE genutzt werden. LoRaWAN („Long Range Wide Area Network“) kann von Städten in Eigenbetrieb genutzt werden und ist daher besonders beliebt. Im Rahmen einer Studie befragte die TU München 107 deutsche Städte zum Thema Smart City und kam zu dem Ergebnis, dass von über 50 Städten, die LPWANs nutzen, 40 LoRaWAN verwenden<sup>54</sup>. Eine Alternative bietet „Narrowband-IoT“, ein von Telekommunikationsunternehmen bereitgestelltes Netzwerk welches LTE nutzt, Dieses verwenden sieben Städte<sup>55</sup>. „Sigfox“ wird von einer gleichnamigen Firma mit Hauptsitz in Frankreich betrieben und nur in drei der über 50 Städte genutzt<sup>56</sup>.

Dementsprechend gibt es kein digitales Allheilmittel, das für alle Städte geeignet ist; Smart City-Initiativen müssen den lokalen Gegebenheiten entsprechen, um Vorteile zu erzielen. In dieser Studie werden die Städte, deren Use Cases analysiert wurden, nach den folgenden allgemeinen Gegebenheiten klassifiziert:

- Population
- Fläche
- Industrie
- BIP pro Kopf

Des Weiteren kann eine Stadt an den Gegebenheiten der einzelnen Sektoren analysiert werden. Wie ist der Status Quo? Wie kann der Sektor – bezogen auf die individuellen Bedürfnisse der Stadt – „smart“ werden? Projekte, die in einer Stadt funktionieren, lassen sich nicht ohne Weiteres auf eine andere Stadt übertragen. Beispielsweise bauen Städte auf unterschiedliche Verkehrssysteme: U-Bahnen, Straßenbahnen, E-Autos, autofreie Innenstädte. Ein intelligentes U-Bahnssystem, das in einer Stadt einen erheblichen Mehrwert hinsichtlich Umwelt und Lebensqualität bringt, kann in einer Stadt, die auf ein Bussystem (z. B. E-Busse) setzt, keine zusätzliche Wirkung erzielen. Daher muss zunächst analysiert werden, wo die Stadt aktuell steht und wie sie sich in Zukunft entwickeln möchte. Dabei sollten alle Sektoren (Energie und Umwelt, Verkehr, Bildung, Konsum, Verwaltung, Arbeit, Gesundheit und Wohnen) untersucht werden.

Grundlage ist die Digitalisierung der einzelnen Sektoren und die Verfügbarkeit verschiedener, auf eine Stadt angepasste Technologien. Außerdem basieren Projekte häufig auf der Sammlung und Verarbeitung von Daten. Eine intelligente Stadtplanung setzt eine funktionierende Dateninfrastruktur voraus, um eine datenbasierte Stadt- und Gemeindeentwicklung zu ermöglichen. Laut BMWK verfügen derzeit Städte, Landkreise und Gemeinden in Deutschland jedoch nur vereinzelt über Datenplattformen, die der Logik und dem Anspruch einer Smart City-Datenplattform

---

<sup>53</sup> Vgl. National Digital Inclusion Alliance: Worst Connected Cities 2018, abgerufen von <https://www.digitalinclusion.org/worst-connected-2018/>.

<sup>54</sup> Baur, Lucia; Henkel, Joachim; Karlin, Niklas; Leeger, Sven und Mayer, Valentin (Technische Universität München): Smart Cities in Deutschland 2022 Technologien, Anwendungsfälle und Partizipation (06.10.2022) S. 17 f.

<sup>55</sup> Vgl. ebenda.

<sup>56</sup> Vgl. ebenda Narrowband-IoT ist ein durch die großen Telekommunikationsunternehmen bereitgestelltes Netzwerk auf der Basis von LTE. Sigfox ist das Netzwerk der gleichnamigen Firma mit Hauptsitz in Frankreich.

entsprechen.<sup>57</sup> Eine solche sollte Datensätze aus unterschiedlichen Systemen aggregieren, harmonisieren und integrieren können.<sup>58</sup> Gemäß der Wertschöpfungskette der Datennutzung (Abbildung 5) deckt eine solche Plattform alle Stufen von der Datenerzeugung/-beschaffung bis zur Datenanalyse ab. Zudem muss die Datensicherheit gewährleistet werden und öffentlich zugängliche Daten sollten bestenfalls der Bevölkerung bereitgestellt werden.

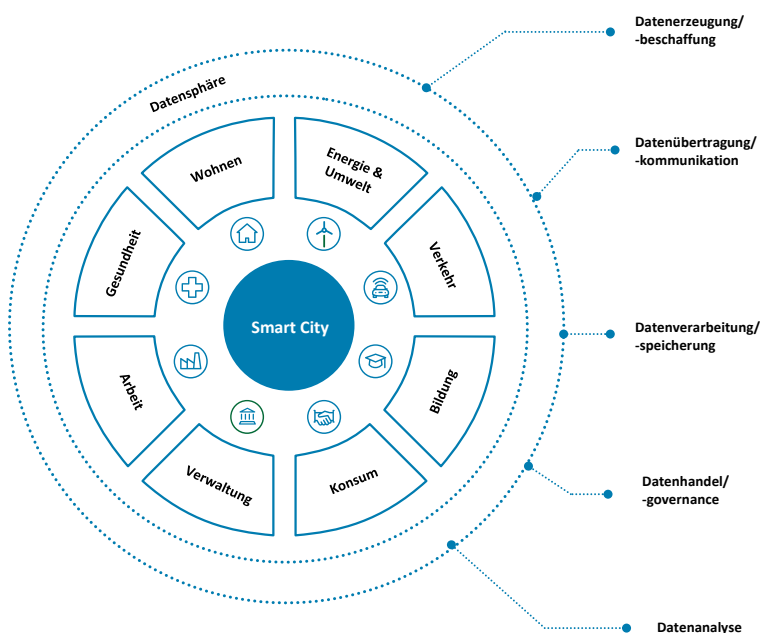


Abbildung 5: Was alle Sektoren verbindet: Der Fortschritt bei den Querschnittsthemen von Smart Cities bestimmt die Richtung der Einzelmaßnahmen in der individuellen Daseinsvorsorge

Smart City-Plattformen müssen daher implementiert werden, um auch Synergien zwischen bestehenden Daten und Diensten zu nutzen. Öffentlich-private Partnerschaften sind besonders wichtig, da sich diese Städte nicht nur auf die Lösung urbaner Probleme konzentrieren, sondern auch auf die Entwicklung neuer Industrien. Zudem werden in den Partnerschaften entscheidendes Know-How und Erfahrungen geteilt, welche Projekte für welche Stadtgegebenheiten sinnvoll sind und welche weniger.

Aktuell wird auf europäischer Ebene eine vernetzte, sichere Datenplattform geschaffen: Gaia-X. Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik erarbeiten im Rahmen des Projekts einen Vorschlag für die nächste Generation der Dateninfrastruktur: ein offenes, transparentes und sicheres digitales Ökosystem, in dem Daten und Dienste in einem vertrauensvollen Umfeld zur Verfügung gestellt,

<sup>57</sup> BMWK: Cloudbasierte Datenplattform für smarte Kommunen, o.D., abgerufen von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/smart-city-datenplattform.html>.

<sup>58</sup> Fraunhofer IAO: Offene urbane Datenplattform als Schlüssel für digitale Transformation (03.2021), abgerufen von <https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/offene-urbane-datenplattform-als-schlüssel-fuer-digitale-transformation.html>.

gesammelt und gemeinsam genutzt werden können.<sup>59</sup> Durch die geschaffene Interoperabilität wird der Austausch von Daten über mehrere Akteure hinweg möglich. Gaia-X kann auch als Datenplattform für Smart Cities zum Einsatz kommen. Die Plattform bietet „der Smart-City-Domäne einen verbesserten, einfachen und sicheren Zugang zu einer multifunktionalen und DSGVO konformen Cloud-Umgebung“<sup>60</sup>. Dementsprechend bilden Smart Cities/Smart Regions einen Use Case im deutschen Gaia-X Hub.<sup>61</sup> Gaia-X kann in Smart Cities zur Verwendung von privaten, kommerziellen und öffentlichen Daten aus unterschiedlichen Quellen beitragen und die Interaktion von Akteuren der Kommune, Zivilgesellschaft, Wirtschaft sowie kommunaler IT-Dienstleister erleichtern.<sup>62</sup>

---

<sup>59</sup> Gaia-X: What is Gaia-X?, o.D., abgerufen von <https://www.data-infrastructure.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>.

<sup>60</sup> BMWK: Der deutsche Gaia-X Hub, o.D., abgerufen von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>.

<sup>61</sup> Vgl. ebenda.

<sup>62</sup> BMWK: Cloudbasierte Datenplattform für smarte Kommunen, o.D., abgerufen von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/66-smart-city-data-platform/use-case.html>.

### 3.1.3 Ziele von Smart Cities

Nach der Identifikation der Gegebenheiten einer Stadt muss definiert werden, wie sich die Stadt in Zukunft entwickeln will und wo die Ziele liegen.

Zudem sollten das Potenzial von Smart Cities und deren möglichen Aktivitätsfelder im Allgemeinen sowie im Hinblick auf die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Besonderen eingeschätzt werden.



Abbildung 6: Ziele einer Smart City

Die globale Recherche hat ergeben, dass folgende Ziele, dargestellt nach den Gruppen des Smart City Framework von Deloitte<sup>63</sup>, die Implementierung von Anwendungsfällen treiben:

#### Hohe Lebensqualität

Die Digitalisierung der Städte bietet hohes Potenzial, die Lebensqualität zu steigern. Der Weg dahin ist aber weit. Weltweit haben mittlerweile 153 Städte Planungen, doch nur 15 verfolgen bisher eine umfassende Smart City-Strategie.<sup>64</sup> Um die Lebensqualität in den Städten zu steigern, kann der Fokus auf viele Sektoren gesetzt werden (siehe Abb. 5), wie beispielsweise Verkehr, Bildung, Verwaltung oder Gesundheit. Da die Verkehrsinfrastrukturen immer häufiger an ihre Grenzen stoßen, müssen alternative Verkehrsmittel, intelligente Verkehrsplanung und eine bessere Vernetzung aller Verkehrsteilnehmenden erfolgen, um weiter die Mobilität in Städten zu gewährleisten. Im Sektor Bildung ist das Ziel, diese vor allem durch Digitalisierung zielgerichteter an individuelle Bedürfnisse anzupassen und Bildungsinstitutionen umfassender vernetzen zu können. Ein weiteres Ziel zur Steigerung der Lebensqualität ist mehr Komfort durch beispielsweise neue Kommunikationskanäle oder die Bereitstellung von diversen (digitalen) Dienstleistungen, v.a. auch in der Stadtverwaltung. Weiter wird die Lebensqualität durch ein stabiles und komfortables Gesundheitssystem gesteigert. Die Bürgerinnen und Bürger profitieren von neuen

<sup>63</sup> Vgl. Abbildung oben.

<sup>64</sup> Vgl. Berger, Roland: Think: Act – Smart City Strategy Index. (Stand: 07.03.2019) <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Smart-City-Strategy-Index-Wien-und-London-weltweit-fortschrittlichste-St%C3%A4dte.html>.

Konzepten und innovativen Lösungen, wie z. B. Telemedizin. Außerdem kann die Gesundheit allgemein durch emissionsfreie Stadtzentren erhöht werden.

## **Nachhaltigkeit**

Ein großes Ziel von Smart Cities ist eine energieeffiziente, nachhaltige Gestaltung der Städte. Dies erfordert die Vernetzung verschiedener Bausteine, den verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen und die Berücksichtigung der Interessen der heutigen sowie zukünftiger Generationen. Der Einsatz intelligenter Technologien hilft, die Umwelt und das Klima langfristig zu schützen. Dazu tragen die Erschließung erneuerbarer Energien, eine optimierte Ressourcennutzung sowie Recycling und Wiederverwendung von Rohstoffen bei.

## **Schutz & Sicherheit**

Smart City Use Cases basieren häufig auf der Sammlung und Verarbeitung vieler, auch personenbezogener Daten. Daher ist die Gewährleistung von Datensicherheit und Datenschutz essenziell bei der Umsetzung von Smart City-Initiativen. Die Nutzung von Daten kann aber auch stark dazu beitragen, die Sicherheit im Alltag zu verbessern. Durch beispielsweise intelligente Straßenzustandserfassung und Verkehrssteuerung kann die Verkehrssicherheit erhöht werden. Intelligente Sensoren, die Luftqualität, Giftstoffe oder Bodenbewegungen messen, können im Katastrophenschutz und beim Schutz besonderer Anlässe eingesetzt werden. Das Internet of Things (IoT) unterstützt Einsatzkräfte in Katastrophengebieten, bei der Evakuierung im Notfall und der Aufrechterhaltung der Kommunikation.

## **Wirtschaftliche Attraktivität**

Eine Smart City führt zu einer wirtschaftlichen Erneuerung von Standorten und steigert damit die Attraktivität für viele Unternehmen. Ein einfacher Zugang zu Ressourcen, eine gut ausgebaute IKT-Infrastruktur, ein hoher Grad an Digitalisierung, und ein Angebot von Reallaboren und Testfeldern fördert die Entwicklung von Start-ups und bereits etablierten Unternehmen. In einer Smart City entstehen neue Geschäftsfelder auf Basis neuer digitaler Technologien. Außerdem werden „grüne“ Arbeitsplätze für die Bewohner der Stadt geschaffen.



## 3.2 Identifizierte Anwendungsfälle und Besonderheiten

### 3.2.1 Erklärung der Indikatoren und Subindikatoren

Jeder Use Case wird anhand von vier Indikatoren bewertet. Die Bewertung erfolgt sowohl qualitativ in Textform als auch semi-quantitativ mit Hilfe einer Ordinalskala. Die Bewertung der einzelnen Anwendungsfälle erfolgt auf Basis der Literatur und durch die Diskussion mit Experten der Branche. Ziel ist es, eine Vergleichbarkeit zwischen den Use Cases zu ermöglichen.

Folgende vier Indikatoren wurden getrennt voneinander bewertet:

- a) technologisch
- b) regulatorisch
- c) ökonomisch
- d) gesellschaftlich

Jeder Indikator wird mithilfe von drei Subindikatoren beschrieben, die den Charakter des jeweiligen Indikators konkretisieren und die Analyseziele dieser Studie mitberücksichtigen.

Der **technologishe** Indikator soll beurteilen, wie fortgeschritten die verwendete Technologie des Projekts ist und welchen nachhaltigen Mehrwert das Projekt für die Umwelt hat. Dies wird anhand der Subindikatoren der technischen Reife der Technologie, dem Digitalisierungsgrad und dem Einsparpotenzial der CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst.

Der **regulatorische** Indikator ist quantitativ schwer zu bewerten und wird daher eher qualitativ beschrieben. Folgende Fragen müssen beantwortet werden: Von welchen einschlägigen nationalen oder europäischen Regulierungen ist das jeweilige Anwendungsfeld betroffen? Inwieweit unterstützt bzw. behindert eine geltende Regulierung die Umsetzung des Projekts? Dabei fließen in jeden Use Case verschiedene Rechtsgebiete ein, die jeweils identifiziert und bewertet werden. Schnittstellen zwischen allen Use Cases befinden sich im Energierecht, Datensicherheitsrecht und Datenschutzrecht. Daher werden diese drei Gebiete als Subindikatoren gewählt. Sind für einen bestimmten Use Case weitere Regulierungen außerhalb dieser drei Subindikatoren relevant, werden diese selbstverständlich zusätzlich innerhalb des regulatorischen Indikators bewertet und beeinflussen dessen Index.

Der **ökonomische** Indikator soll beurteilen, ob und inwiefern sich die Umsetzung eines Projekts aus wirtschaftlicher Sicht lohnt. Das heißt, es ist zu klären, welche Investitionen getätigt werden müssen, ob Kosteneinsparpotenziale entstehen, wie hoch der Aufwand (finanziell, zeitlich, Ressourcen) einer möglichen Umsetzung ist und ob eine flächendeckende Ausweitung einer Technologie bzw. des Use Case sinnvoll ist. Hierfür wurden die Subindikatoren ökonomischer Nutzen, Skalierbarkeit und Umsetzungspotenzial bewertet.

Der **gesellschaftliche** Indikator soll einschätzen, welche Vorteile jede einzelne Person durch die Umsetzung eines Projekts hat und ob sich die Vorteile auf bestimmte Personen oder Personengruppen begrenzen oder für die Allgemeinheit sind. Dazu werden als Subindikatoren der gesellschaftliche Nutzen, der Grad der Selbstbestimmung und Autonomie sowie der Grad der Fairness und Nichtdiskriminierung bewertet.

Die Bewertungskriterien wurden von Deloitte erarbeitet und folgen unseren internationalen und nationalen Standards für vergleichbare Einschätzungen. Da unterschiedliche Perspektiven involviert sein werden, holen wir ggf. auch die Meinung von hauseigenen Fachexperten für die einzelnen Fachgebiete ein.

Nach der ersten Bewertung wurde das Ergebnis für die dena zur Information aufbereitet und im Expertenworkshop diskutiert (Kapitel 2.2). Anhand der Indikatoren und der Vernetzung in der Datenbank konnte anschließend auch der Einfluss eines gesamten Indikators auf alle Use Cases bewertet werden. Über die Gewichtungen mithilfe der Einzelindikatoren wird eine Aussage über den Gesamteinfluss des Rahmens auf den jeweiligen Use Case und dessen Umsetzbarkeit getroffen.

Jeder Subindikator wird anhand einer fünfstufigen Ordinalskala bewertet. Die Bewertungsstufen stellen dabei den positiven Einfluss auf die Umsetzung des Use Case dar und lauten folgendermaßen:

- (1) „nicht vorhanden“
- (2) „gering“
- (3) „mittel“
- (4) „hoch“
- (5) „sehr hoch“

Je höher also ein Subindikator bewertet wird, desto positiver ist dessen Wirkung auf das Projekt.

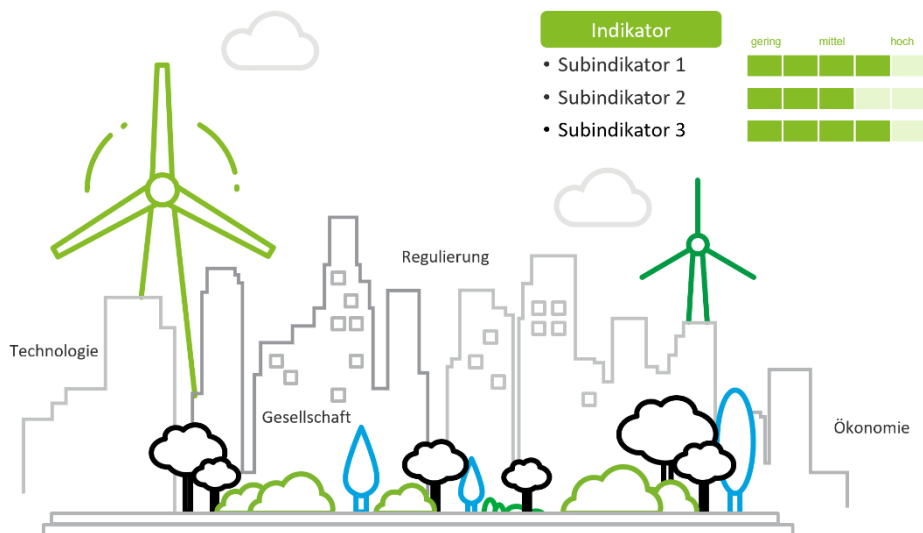


Abbildung 7: Bewertungsgrundlage der Indikatoren

### 3.2.2 Regionale Anwendungsfälle

Um anschauliche, vergleichbare und übertragbare Projekte zu finden, wurden exemplarische Use Cases gesucht und analysiert. Hierbei wurde die zugrunde gelegte Bewertung auf ein und demselben Standard durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dafür ist eine umfassende Projektdokumentation notwendig, die bei vielen Projekten aus dem außereuropäischen Raum für die folgende Detailanalyse nicht ausreicht. Die Anwendungsfälle spiegeln eine größtmögliche Vielfalt an theoretisch und auch praktisch umsetzbaren Beispielen wider. Die meisten Lösungen sind vor Ort umsetzbar (regionale Anwendungsfälle), andere stellen Ideen dar, welche mit geringem technischem Aufwand und ohne viel Kapitalbindung flächendeckend umzusetzen sind (überregionale Anwendungsfälle).

## Chief Technology Office (CTO)

Amsterdam ist mit etwa einer Mio. Einwohnern auf einer Fläche von 220 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 4.590 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt der Niederlande. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt in den Niederlanden 57.768 US\$. Die Industrie trägt 18% zum BIP bei.<sup>65</sup>  
Amsterdam befindet sich im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten in allen Merkmalen im Mittelfeld.

### *Beschreibung:*

Mit dem Use Case „Chief Technology Office“ (CTO) koordiniert Amsterdam viele Aktivitäten zur digitalen Transformation der Stadt. Die Stelle fungiert innerhalb der Stadtverwaltung als zentrale Anlaufstelle, die die Digitalisierungskompetenzen der Stadt bündelt und verschiedene Akteure im Smart City-Netzwerk unterstützt. Das CTO berät, vernetzt und koordiniert Pilotprojekte, steuert die Kommunikation und den Wissenstransfer, stellt technische Unterstützung zur Verfügung oder setzt diese konkret um, indem Datenportale zur Verfügung gestellt werden.

Ziel des CTO ist es, durch die ressortübergreifende Koordinierung von Smart City-Projekten verschiedene städtische Fachämter zu sensibilisieren, verwaltungsinterne Kompetenzen und Prozesse aufzubauen und allgemein Innovationsprozesse in der Stadt zu fördern. Dafür arbeitet das CTO mit allen Abteilungen der Gemeinde zusammen. Hauptthemen sind Circular City, Energy, Mobility, Citizens & Living und Digital City.

Ein weiteres Hauptthema stellt das Start-up-in-Residence-Programm dar. Dabei werden lokale Start-ups ausgewählt, um für einen bestimmten Zeitraum in das Office aufgenommen zu werden. Dort werden deren Ideen gefördert und ein wechselseitiges Verständnis für Geschäftsideen, Produkte und Rahmenbedingungen geschaffen.<sup>66</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Bei den verschiedenen Projekten (z. B. „Energy Lab Zuidooost“, „Local Inclusive Future Energy (LIFE) Plattform“, „the responsible Sensing Toolkit“ etc.) des CTO werden diverse, vor allem digitale Technologien, wie beispielsweise Sensoren, Plattformen, IoT etc., eingesetzt<sup>67</sup>. Daher werden sowohl der Subindikator technische Reife als auch Digitalisierung als sehr hoch bewertet. Aufgrund des Fokus auf Energie und Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einiger Projekte, wird auch der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als hoch eingestuft.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Grundsätzlich sind bei allen Use Cases, die das CTO berät bzw. betreut, alle relevanten Gesetze und Richtlinien zu beachten. Besonders relevant sind auch hier Energierecht, Datenschutz- sowie

<sup>65</sup> Statistics Netherlands (CBS)/Eurostat/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>66</sup> BBSR und BMU, Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Langfassung, 2017, abrufbar unter: <https://www.smart-city-dialog.de/wp-content/uploads/2019/12/smart-city-charta-langfassung.pdf>.

<sup>67</sup> Vgl. Amsterdam Smart City: Projects for you, abrufbar unter: <https://amsterdamsmartcity.com/updates/project>.

Datensicherheit. Da bei den stichprobenartig betrachteten Use Cases keine rechtlichen Hürden festgestellt wurden, werden alle drei Subindikatoren als hoch bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der ökonomische Nutzen des CTO wird als mittel eingestuft, da das Office selbst keine Kosteneinsparpotenziale bietet oder Umsatz generiert, aber die entsprechenden Projekte dies durchaus können. Die Skalierbarkeit wird als sehr hoch bewertet, da ein CTO auch in vielen weiteren Städten sinnvoll und umsetzbar wäre. Aufgrund der vergangenen Erfolge des CTO in Amsterdam sowie keiner bestehenden anderen Hürden wird das Umsetzungspotenzial als sehr hoch bewertet.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Das CTO unterstützt viele umweltfreundliche und umweltschützende Projekte (z. B. „Ocean Savers“, „Seenons“, „Bees Digital Farm“ u.v.m.)<sup>68</sup>, aber auch viele weitere Projekte, die den Bewohnern verschiedene Vorteile bieten (z. B. „Intelligent Transportation System – Best Option for Smart Cities“ oder „Geef laptops aan de Cyberbank“<sup>69</sup> u.v.m.). Daher wird der gesellschaftliche Nutzen als sehr hoch eingestuft. Selbstbestimmung und Autonomie sowie Fairness und Nichtdiskriminierung werden ebenfalls als sehr hoch bewertet, da alle Bürgerinnen und Bürger der Umgebung von den Vorteilen profitieren und deren Handeln nicht eingeschränkt wird.

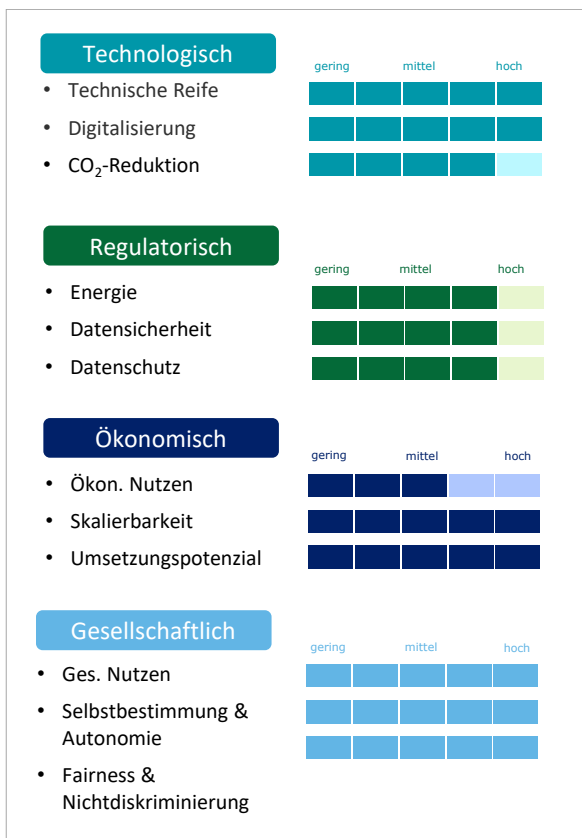


Abbildung 8: Bewertung Chief Technology Office

<sup>68</sup> Vgl. ebenda.

<sup>69</sup> Vgl. Amsterdam Smart City: Projects for you, abrufbar unter: <https://amsterdamsmartcity.com/updates/project>.

## City Data Exchange Copenhagen

Kopenhagen ist mit 644,4 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 90 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 7.160 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Dänemark. Das dänische Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 68.008 US\$. Die Industrie trägt knapp 20% zum BIP bei.<sup>70</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Ländern hat Dänemark das vierthöchste BIP pro Kopf. Bei den Merkmalen Bevölkerungsdichte und Industrie befindet sich Kopenhagen im Mittelfeld.

### *Beschreibung:*

Die Stadt Kopenhagen hat gemeinsam mit dem Unternehmen Hitachi das „City Data Exchange Copenhagen“ aufgebaut. Die Austauschplattform für Datensätze aus der Stadt und Region bündelt öffentliche Datensätze z. B. zu Verkehr oder Wetter und erleichtert damit sowohl die kostenfreie Bereitstellung und Nutzung (Open Data) als auch den Verkauf und Erwerb privater Datensätze. Außerdem werden auch lokal angesiedelte Unternehmen angesprochen, ihre Daten auf dem Portal zur Verfügung zu stellen. Dafür kann auch eine finanzielle Kompensation erhalten werden.<sup>71</sup> Eine von Hitachi entwickelte App verwendet beispielsweise Daten der dänischen Energieversorger, um es Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen zu ermöglichen, ihren Energieverbrauch und ihren Fußabdruck an Treibhausgasen zu erfassen. Eine weitere Anwendung ermöglicht es den Bürgerinnen und Bürgern, ihr Nutzungsverhalten der Verkehrsmittel zu analysieren. Dabei werden Daten, wie Zeitaufwand, Ausstoß an Treibhausgasen sowie eigener Kalorienverbrauch zur Berechnung herangezogen. Zugleich kann die App auch alternative Verkehrswege berechnen, die weniger Zeit benötigen, weniger Treibhausgas entstehen lassen, oder einen höheren Kalorienverbrauch fördern, weil sich der User mehr bewegt.<sup>72</sup>

Ziel der Datenplattform ist es, die Nutzung von Daten für die lokale Wirtschaft zu erleichtern und dadurch auch neue Geschäftsmodelle entstehen zu lassen. Zusätzlich werden Unternehmen Workshops zum Thema Preisfindung oder zur allgemeinen Nutzung des Datenmarktes angeboten.<sup>73</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da in dem Use Case bisher mehrere Experimente zum organisatorischen und technischen Aufbau eines Marktplatzes für den Kauf und Verkauf von Daten durchgeführt wurden und die nächste Phase des Erfahrungsaustausches noch ansteht, wird die technische Reife als mittel bewertet. Da sich der Use Case rein auf die digitale Sammlung, Verarbeitung und Weitergabe von Daten fokussiert, wird der Subindikator Digitalisierung als sehr hoch bewertet. Aufgrund der vermehrten Nutzung der Daten zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Subindikator als hoch eingestuft.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Projekt das Energierecht

<sup>70</sup> Danmarks Statistik/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>71</sup> BBSR und BMU, Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Langfassung, 2017, abrufbar unter <https://www.smart-city-dialog.de/wp-content/uploads/2019/12/smart-city-charta-langfassung.pdf>.

<sup>72</sup> <https://www.computerwoche.de/a/city-data-exchange-integrierte-services-statt-datensilos,3329398>.

<sup>73</sup> BBSR und BMU, Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Langfassung, 2017, abrufbar unter <https://www.smart-city-dialog.de/wp-content/uploads/2019/12/smart-city-charta-langfassung.pdf>.

nicht bis kaum tangiert, stellt dies bezüglich der Umsetzung kein Hindernis dar. Dementsprechend wird der Subindikator als sehr hoch eingestuft. Bei Sammlung, Verarbeitung und vor allem beim Kauf und Verkauf von öffentlichen und privaten Daten, sind sowohl aus Sicht des Datenschutzes als auch aus Sicht der Datensicherheit alle Vorgaben aus Unionsrecht und den Landesdatenschutzgesetzen zu beachten. Daher werden diese beiden Subindikatoren als mittel bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der ökonomische Nutzen des „City Data Exchange Copenhagen“ wird als hoch eingestuft, da durch die Plattform ein neuer Marktplatz geschaffen und die Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen und Privatpersonen gefördert wird. Die Skalierbarkeit wird als hoch bewertet, da dieser digitale Marktplatz auch weiteren Städten und Nationen zur Verfügung gestellt werden kann. Das Umsetzungspotenzial wird bei der Einhaltung der regulatorischen Vorgaben als hoch eingeschätzt.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die Gesellschaft kann von der Verwendung der Daten in der zur Verfügung stehenden App in vielerlei Hinsicht profitieren. Daher wird der gesellschaftliche Nutzen als hoch bewertet. Es ist zu untersuchen, bis zu welchem Grad die Bürgerinnen und Bürger der Verwendung der eigenen Daten zustimmen können oder diese ablehnen. Daher wird der Subindikator Selbstbestimmung und Autonomie als mittel bewertet. Auch muss der Marktplatz fair und diskriminierungsfrei gestaltet werden. Da dies ebenfalls genauer untersucht werden müsste, sobald der Use Case diese Projektphase erreicht, wird der Subindikator Fairness und Nichtdiskriminierung ebenfalls als mittel eingestuft.

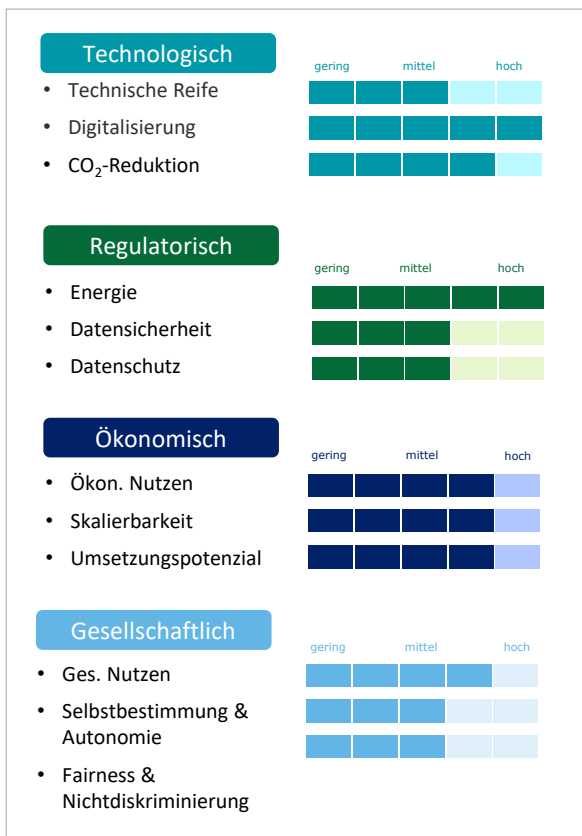


Abbildung 9: Bewertung City Data Exchange Copenhagen

## CityTree

Oslo ist mit 699,8 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von 454 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von 1.541 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Norwegen. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt in Norwegen 89.154 US\$. Die Industrie trägt knapp 36 % zum BIP bei.<sup>74</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten und Ländern, hat Norwegen das höchste BIP pro Kopf und Oslo die drittgeringste Bevölkerungsdichte. Außerdem hat die norwegische Industrie den höchsten Anteil am BIP.

### Beschreibung:

Die Urban Ecology Agency von Oslo (Bymiljøetaten) hat zwei CityTrees im urbanen Oslo installiert, um als grüne Lunge in der Stadt zu fungieren und die Luftverschmutzung zu reduzieren. Neben Oslo wurde das Modell aber bereits in vielen Städten europaweit angebracht, unter anderem auch in London, Paris, Brüssel und Amsterdam.<sup>75</sup>

CityTree ist eine Erfindung des deutschen Unternehmens Green City Solutions, die sowohl als ästhetisch ansprechendes Möbel zum Ausruhen fungiert und gleichzeitig die Luftverschmutzung in Innenstädten zu bekämpfen sucht. Der CityTree kombiniert natürliche Moosfilter mit smarterer IoT-Technologie. „*Moos hat die natürliche Eigenschaft Feinstaub zu binden und zu verstoffwechseln. Zusätzlich kühlen Moose die Umgebungsluft, indem auf ihrer enorm großen Blattoberfläche Wasser verdunstet. Diese Fähigkeiten lassen sich optimal zur lokalen Verbesserung der Luftqualität einsetzen und machen Moos zu einem nachhaltigen regenerativen Feinstaubfilter mit Kühleffekt.*“<sup>76</sup> Das CityTree-System ist völlig autark, wird mit Solarstrom betrieben und hat so viele Umweltvorteile wie 275 Bäume auf einer Wand mit nur 3,5 m<sup>2</sup>.<sup>77</sup>

Der CityTree kann mit einem LED-Bildschirm für stadtbezogene Nachrichten und mit Sitzflächen ausgestattet werden. Auch Smart City-Technologien, wie beispielsweise ein Feinstaubsensor oder E-Ladestationen, können zusammen mit den Anlagen zum Einsatz kommen.<sup>78</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da die Technologie bereits ausgereift ist und in vielen verschiedenen Use Cases in Städten und Immobilien verwendet wird, wird die technische Reife als sehr hoch bewertet. Die Digitalisierung wird wegen verwendeter smarterer IoT-Technologie und einer hohen Integration in die urbane Datenwertschöpfungskette als hoch bewertet. Aufgrund der Bindung von 30kg Kohlendioxid pro Citytree pro Jahr und der Filterung von 82% des Feinstaubes in der direkten Umgebung wird auch der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als hoch eingestuft.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da es im Energierecht keine

<sup>74</sup> Oslo municipality/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>75</sup> Vgl. Greencity solutions (2021): Use Cases. unter: <https://greencitysolutions.de/use-cases/>.

<sup>76</sup> Vgl. Greencity solutions (2021): We grow fresh air – Moos – der natürlich Feinstaubfilter. unter: <https://greencitysolutions.de/>.

<sup>77</sup> Vgl. Greencity solutions (2021): gesunde luft für alle – wir bringen die Natur zurück in die Stadt. unter: <https://greencitysolutions.de/die-loesung/>.

<sup>78</sup> Vgl. Tech & Nature (2021): CityTree: Künstlicher „Baum“ säubert jetzt die Luft in Feinstaub-Hochburg Graz. unter: <https://www.techandnature.com/citytree-kuenstlicher-baum-saeubert-jetzt-die-luft-in-feinstaub-hochburg-graz/>.

Hindernisse zur Umsetzung des City Tree gibt, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Die Datenwertschöpfungskette wird nur gering berührt, bei der Verarbeitung der Umweltdaten des CityTree müssen die gesetzlichen Vorgaben (u. a. BDSG, Landesdatenschutzgesetz und Unionsrecht) eingehalten werden. Daher werden beide Subindikatoren als hoch eingestuft.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Mit Kosten von etwa 39.000€ pro CityTree<sup>79</sup> ist diese Technologie im Vergleich zu herkömmlichen Luftfilteranlagen eher teuer, weshalb der ökonomische Nutzen als gering eingestuft wird. Die Skalierbarkeit wird als mittel bewertet, da neben dem CityTree für Innenstädte mittlerweile auch kleinere und mittlere Lösungen für Gebäude und Innenwände angeboten werden und andere Modelle zur Luftverbesserung denkbar sind. Aufgrund der bereits erfolgten Umsetzung der Technologie in mehreren Städten und der Unabhängigkeit des Modells (Energieautarkie, Innenbereich, Außenbereich, Plätze, Wände) wird das Umsetzungspotenzial als sehr hoch bewertet.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund des umweltschützenden, gesundheitsförderlichen Charakters wird der gesellschaftliche Nutzen sehr hoch bewertet. Da der CityTree für jede Stadt/Gemeinde, jedes Unternehmen und auch als Privatperson zu erwerben ist, wird der Subindikator Selbstbestimmung und Autonomie ebenfalls als sehr hoch eingestuft. Aufgrund des eher hohen Preises ist die Lösung vor allem für investitionsfreudige Städte und Personen geeignet. Sobald der CityTree angeschafft wurde, profitieren alle Einwohner der Stadt gleichermaßen davon, weshalb der Subindikator Fairness und Nichtdiskriminierung mit hoch bewertet wird.



Abbildung 10: Bewertung CityTree

<sup>79</sup> Vgl. Kurier (2020): Start-up saugt mit „CityTree“ Feinstaub aus Innenstädten. unter: <https://kurier.at/wirtschaft/immobiz/start-up-saugt-mit-citytree-feinstaub-aus-innenstaedten/401031269>.



## Climeworks & Carbfix „Orca“

Reykjavik ist mit 135,7 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von 277 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 490 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Island. Islands Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 68.728 US\$. Die Industrie trägt 20% zum BIP bei.<sup>80</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten, ist Reykjavik die einwohnerschwächste Stadt und hat die mit Abstand geringste Bevölkerungsdichte. Außerdem hat Island ein – vergleichsweise – hohes BIP pro Kopf.

### Beschreibung:

Island nutzt zur Strom- und Wärmeproduktion zu 100% Geothermie und Wasserkraft. Reykjavik wird dabei durch das Hellisheiði Geothermie-Kraftwerk beliefert, welches bis zu 26% des Stroms und 90% der Wärme für die Stadt produziert. Das Kraftwerk dient neben der Energie-Produktion auch der direkten CO<sub>2</sub>-Reduktion. Auf dem Gelände wurden hierfür zwei Anlagen erbaut – das Projekt Carbfix wird seit 2007 betrieben. Climeworks besteht seit 2017 als „Carbon Capture and Storage“-Projekt (CCS), hierbei wird CO<sub>2</sub>, welches vorher direkt aus der Luft gefiltert wurde, in Erdschichten verpresst. Nach der Nutzung der Geothermie als Nutzenergie und dem Durchlaufen des Haushaltskreislaufes werden auch die Bürgersteige und öffentlichen Orte durch heißes Wasser eisfrei gehalten.<sup>81</sup>

Seit 2021 ist in Island die Anlage „Orca“ gestartet. Sie soll jedes Jahr etwa 4.000 Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Luft saugen und in den Boden injizieren, um es zu mineralisieren. Um das CO<sub>2</sub> aufzufangen, saugt „Orca“ mit Hilfe von Gebläsen Luft in einen Kollektor, in dem sich ein Filtermaterial befindet. Sobald das Filtermaterial gefüllt ist, wird der Kollektor geschlossen und die Temperatur erhöht, um das CO<sub>2</sub> aus dem Material zu lösen und das Gas aufzufangen. Anschließend wird das CO<sub>2</sub> mit Wasser vermischt und in 1.000 Metern Tiefe in das nahe gelegene Basaltgestein injiziert, wo es mineralisiert wird.<sup>82</sup> Digitale Lösungen ermöglichen es, den CO<sub>2</sub>-Abscheidungsprozess in Echtzeit zu überwachen und die Anlage besser an Faktoren wie Wetterbedingungen anzupassen.<sup>83</sup> Dies reduziert den Aufwand für das Sammeln und Auswerten von Betriebsinformationen um etwa 50 Prozent.<sup>84</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die technische Reife wird aufgrund zweier bestehender und in Nutzung befindlicher Geothermie-Kraftwerke als hoch bewertet. Die digitale Anlagenlösung ermöglicht es, CO<sub>2</sub>-Daten in Echtzeit zu überwachen und hilft dabei, die Anlage automatisch an Faktoren wie Wetterbedingungen anzupassen und den Energieverbrauch zu optimieren.<sup>85</sup> Daher wird der Digitalisierungsgrad als hoch eingestuft. Da mithilfe der Anlagen CO<sub>2</sub> direkt

<sup>80</sup> Statistics Iceland/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>81</sup> Vgl. Cleantalking (2023): Carbfix und Climeworks weiten unterirdische CO<sub>2</sub>-Einlagerung auf Island aus. unter: <https://www.cleantalking.de/carbfix-limeworks-unterirdische-co2-einlagerung-auf-island/>.

<sup>82</sup> Vgl. Tech & Nature (2021): Island: Carbfix und Climeworks starten weltweit größte Direct Air Capture-Anlage „Orca“. unter: <https://www.techandnature.com/island-carbfix-und-climeworks-starten-weltweit-groesste-direct-air-capture-anlage/>.

<sup>83</sup> Vgl. Pressebox (2021): Accenture unterstützt Climeworks, mehr CO<sub>2</sub> aus der Luft zu filtern. unter: <https://www.pressebox.de/inaktiv/accenture-gmbh-kronberg-im-taunus/Accenture-unterstuetzt-Climeworks-mehr-CO2-aus-der-Luft-zu-filtern/boxid/1066630>.

<sup>84</sup> Vgl. ebenda.

<sup>85</sup> Vgl. ebenda.

aus der Luft gefiltert und anschließend unterirdisch in Stein gepresst wird, wird der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion mit sehr hoch bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da Verordnungen bzw. Richtlinien der Europäischen Union und nationale Gesetze hinsichtlich Energierecht einzuhalten sind, diese aber nach Ansicht der Gutachter keine Hürden darstellen, wird der Subindikator Energie als hoch bewertet. Da die Technologie nicht auf der Sammlung und Verarbeitung von Daten basiert und keine personenbezogenen Daten erhoben bzw. ausschließlich technische Daten (CO<sub>2</sub>-Daten und weitere Umweltdaten) verwendet werden, werden sowohl die Datensicherheit als auch der Datenschutz als sehr hoch eingestuft, das heißt, dass es aus dieser Sicht wenig, bis keine Hürden gibt.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als gering bis mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da die Anlagen sehr kostspielig sind, wird der ökonomische Nutzen (ohne eine Mitbewertung von positiven externen Effekten durch die erfolgte CO<sub>2</sub>-Reduktion) als mittel eingestuft. Die Skalierbarkeit wird als hoch eingestuft, da das Unternehmen Climeworks Lösungen zur Filterung von CO<sub>2</sub> auch weiteren Unternehmen sowie Privatpersonen anbieten kann. Aufgrund der bereits eingesetzten Technologie in Island und Zusammenarbeit mit Accenture und Microsoft für weitere Lösungen wird das Umsetzungspotenzial als hoch eingestuft.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund des positiven Beitrags zum Klimaerhalt und der Nutzung der Energie für öffentliche, gemeinnützige Zwecke, wie u.a. der Beheizung der Bürgersteige gegen die Eisbildung, als sehr hoch eingestuft. Selbstbestimmung und Autonomie sowie Fairness und Nichtdiskriminierung werden als hoch bewertet, da alle Bürgerinnen und Bürger der Umgebung von den Vorteilen profitieren und deren Handeln nicht eingeschränkt wird.



Abbildung 11: Bewertung Climeworks und Carbfix

## Copenhagen Wheel

Kopenhagen ist mit 644,4 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 90 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 7.160 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Dänemark. Das dänische Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 68.008 US\$. Die Industrie trägt knapp 20% zum BIP bei.<sup>86</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Ländern hat Dänemark das vierthöchste BIP pro Kopf. Bei den Merkmalen Bevölkerungsdichte und Industrie befindet sich Kopenhagen im Mittelfeld.

### Beschreibung:

„Smart, reaktionsschnell und elegant“<sup>87</sup> – das Copenhagen Wheel schien ein neues Emblem für urbane Mobilität zu sein. Das Originalprodukt wird zwar nicht mehr angeboten, aber es gibt diverse Nachahmer, die Conversion Kits anbieten. Das Copenhagen Wheel verwandelte gewöhnliche Fahrräder schnell in Hybrid-E-Bikes, die zugleich als mobile Sensoreinheiten fungieren. Mit dem Copenhagen Wheel konnte zudem die beim Radfahren und Bremsen eingesetzte Energie gespeichert werden.<sup>88</sup> Das System kartiert auch Verschmutzungsgrad, Verkehrsstaus, und Straßenzustand in Echtzeit. Das Smartphone mit der dazugehörigen App kann zum Entsperren und Sperren verwendet werden, die Gänge wechseln und den Unterstützungsgrad des Motors bestimmen. Die Sensoreinheit des Rads erfasst beim Radfahren auch den Kraftaufwand und Informationen über die Umgebung, einschließlich Kohlenmonoxidbelastung, Lärm, Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchtigkeit. Die Daten können dann in der App gespeichert und verwendet werden, um gesündere Radrouten zu planen, Trainingsziele zu erreichen oder sich unterwegs mit Freunden zu treffen. Auch können die Daten mit Freunden oder der Stadt, bei Bedarf auch anonym, geteilt werden und tragen so zu einer feinkörnigen Datenbank aus Umweltinformationen bei, von der alle Seiten profitieren können.<sup>89</sup> Das Copenhagen Wheel wird inzwischen nicht mehr hergestellt, da die Hersteller ihr Geschäftsmodell verändert und sich auf Elektro-Roller bzw. Shared Mobility konzentriert haben,<sup>90</sup> es gibt mittlerweile aber verschiedene Nachahmer des Produkts<sup>91</sup>, wobei die Umsetzung der Datennutzung divergiert.

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da diverse Nachahmer auf dem Markt verfügbar sind, die Conversion Kits anbieten, welche es erlauben ein klassisches Fahrrad durch ein elektrisch betriebenes Vorder- oder Rückrad zu einem E-Bike aufzurüsten, wird die technische Reife als sehr hoch bewertet. Der Digitalisierungsgrad des Originalprodukts ist als hoch einzustufen, da die Datenwertschöpfungskette fast vollständig ausgeprägt ist. Allerdings bieten die Nachahmer diese umfassende

<sup>86</sup> Danmarks Statistik/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>87</sup> Vgl. The Copenhagen Wheel. unter: <https://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/>.

<sup>88</sup> Vgl. ebenda.

<sup>89</sup> Vgl. ebenda.

<sup>90</sup> Bei Superpedestrian handelt es sich um eine 2013 initiierte Ausgründung des Massachusetts Institute of Technology (MIT), die sich ursprünglich als Hersteller des vom MIT entwickelten Nachrüstkit Copenhagen Wheel einen Namen gemacht hat – jenem Kit, das aus jedem Fahrrad ein E-Bike macht. 2020 hob das Unternehmen seine eigene Shared-Mobility-Sparte aus der Taufe und ist inzwischen in mehr als 30 Städten in fünf Ländern mit seinem Sharing-Angebot präsent. Vgl. <https://www.superpedestrian.com/>.

<sup>91</sup> Vgl. hierfür z.B. „The 6 Best E-Bike Conversion Kits of 2023“ (treehugger.com), „Beste Sfeomi E Bike Vergleich – März 2023“ (vergleichslabor.de).

Datennutzung nicht an. Aufgrund des relativ geringen, direkten Einflusses auf Emissionen wird der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als gering eingestuft.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da mithilfe der Technologie einige Umweltdaten sowie standortspezifische Daten erhoben und verarbeitet werden, müssen hinsichtlich Datensicherheit und des Datenschutzes gesetzliche Vorgaben (u.a. Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), Landesdatenschutzgesetze und Vorgaben der Europäischen Datenschutzkonvention) beachtet werden. Daher werden diese zwei Subindikatoren als mittel bewertet. Der Subindikator Energie wird aufgrund der Förderung von E-Mobilität und keinen bestehenden regulatorischen Hindernissen als sehr hoch bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der ökonomische Nutzen wird aufgrund der Kosten pro Rad und verglichen mit den Kosten und der Leistung eines E-Bikes als gering eingestuft.<sup>92</sup> Die Skalierbarkeit wird aufgrund der möglichen Ausdehnung des Modells auf weitere Fahrradmodelle und Märkte als mittel bewertet. Da die Technologie bereits auf dem Massenmarkt verfügbar und auf vielen Fahrrädern umgesetzt ist, wird das Umsetzungspotenzial als hoch eingestuft.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der bequemen Alternative zum Rad bzw. der etwas kostengünstigeren Alternative zum E-Bike wird der gesellschaftliche Nutzen als mittel bewertet. Selbstbestimmung und Autonomie werden als sehr hoch eingestuft, da jede Person sich frei für eine Variante entscheiden und diese erwerben kann. Da das Rad auf die meisten Fahrräder montiert und die dazugehörige App auf neuen Betriebssystemen von Apple und Android verwendet werden kann, wird die Fairness und Nichtdiskriminierung als mittel eingestuft.

---

<sup>92</sup> Vgl. Frieß, U. (2018): Copenhagen Wheel – Die rote Kraftscheibe. unter: [https://www.mybike-magazin.de/fahrraeder\\_und\\_ebikes/test\\_e\\_bikes/die-rote-kraftscheibe](https://www.mybike-magazin.de/fahrraeder_und_ebikes/test_e_bikes/die-rote-kraftscheibe).

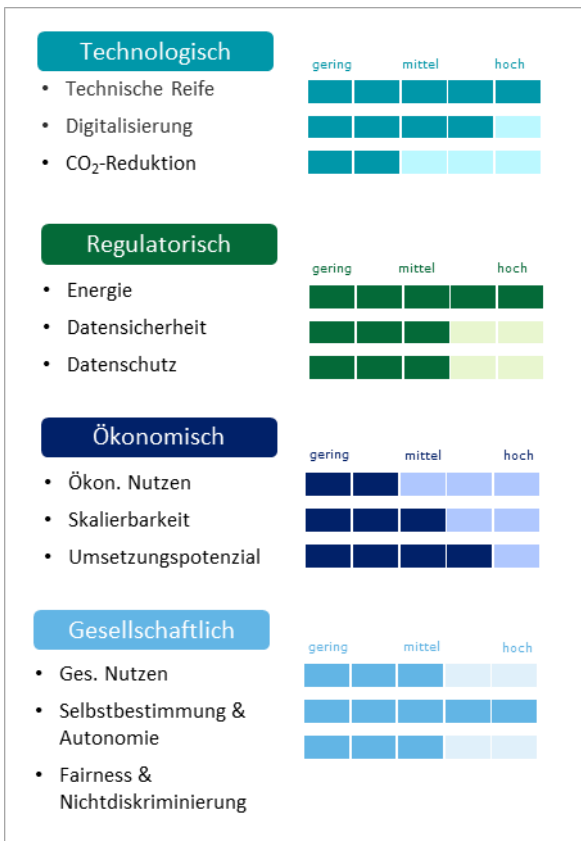


Abbildung 12: Bewertung Copenhagen Wheel

## D2N2

Nottingham ist mit etwa 324 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 75 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 4.300 Einwohnern/km<sup>2</sup>) eine der größeren Städte Englands. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf des Vereinigten Königreichs beträgt 46.510 US\$. Die Industrie trägt 17,5% zum BIP bei.<sup>93</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten hat Nottingham eine eher geringe Bevölkerungsdichte. Außerdem ist der Beitrag der Industrie am BIP vom Vereinigten Königreich der zweitgeringste.

### *Beschreibung:*

Unter der Leitung des Stadtrats von Nottingham entwickelt das Programm „Go Ultra Low“ ein Ladenetz in der gesamten Region für Bürgerinnen und Bürger sowie Besucher der Stadt. Dadurch entstehen rund 230 neue öffentliche Ladepunkte an verschiedenen Standorten. Die neue Infrastruktur können die Bewohner zu einem ermäßigten Tarif nutzen.<sup>94</sup>

Das Projekt ist Teil von D2N2, eine der größten Local Enterprise Partnerships in England.<sup>95</sup> D2N2-Ladestationen werden in Derbyshire und Nottinghamshire, einschließlich Derby und Nottingham, aufgestellt, um die zunehmende Verbreitung von Elektrofahrzeugen zu unterstützen. Das Besondere an D2N2 ist die vollintegrierte Datenbank bzw. das „Data Centre“<sup>96</sup> mit den verschiedenen Dashboards. Die integrierte Datenbank und die Dashboards von D2N2 unterstützen Unternehmen und Städte bei der Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität in der Region von Derbyshire und Nottinghamshire.. Jedes Unterprojekt enthält eine D2N2-Perspektive und kann bis auf Bezirksebene gefiltert werden, wo die Daten verfügbar sind.<sup>97</sup>

Ein Element dieses Programms war der Ausbau öffentlich zugänglicher Ladestationen für Elektrofahrzeuge zu einem flächendeckenden Netz über die drei Gemeindegebiete hinweg. An wichtigen Off-Street-Standorten in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen, Park-and-Ride-Plätzen, gemeindeeigenen Parkplätzen und Einzelhandelsgeschäften wurden Ladestationen installiert.<sup>98</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der reifen Technologie und des massenweisen Einbaus der Ladestationen in verschiedenen Orten, wird die technische Reife als sehr hoch eingestuft. Die Subindikatoren Digitalisierung und CO<sub>2</sub>-Reduktion werden wegen der vollintegrierten Datenbank und der Förderung der Elektromobilität als hoch bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Beim Ausbau der Ladeinfrastruktur sind gängige Vorschriften und nationale Gesetze zu beachten, allerdings fördern diese den Ausbau von Ladestationen und sind daher kein Hindernis

<sup>93</sup> Nottingham City Council/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>94</sup> Vgl. D2N2 (2018): Charging Information – D2N2 Charging Network, unter: <https://network.bppulse.co.uk/d2n2/charging-information/>.

<sup>95</sup> Vgl. D2N2 (o.D.): About D2N2. Unter: <https://d2n2lep.org/about/>.

<sup>96</sup> Vgl. D2N2 (o.D.): Data Centre. <https://d2n2lep.org/data-centre/>.

<sup>97</sup> Vgl. ebenda.

<sup>98</sup> Vgl. Nottingham City Council: Nottingham Charge Point Network (2018). unter: <https://www.transportnottingham.com/projects/charge-point-network/>.

(z. B. Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG)). Die Umsetzung der Datensicherheit und des Datenschutzes müssen nach gesetzlichen Vorgaben (u. a. dem Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), den Landesdatenschutzgesetzen und der Europäischen Datenschutzkonvention) erfolgen. Daher werden beide Subindikatoren als hoch eingestuft.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der Förderung der Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität wird der ökonomische Nutzen des Use Case als hoch eingestuft. Die Skalierbarkeit wird als mittel bewertet, da zwar die örtliche Verbreitung der Ladesäulen aus dem Projekt D2N2 möglich ist, aber weitere Möglichkeiten der Ausdehnung des Geschäftsmodells nicht erwartet werden. Das Umsetzungspotenzial wird als hoch bewertet, weil zum einen bereits eine Umsetzung in breiter Masse stattgefunden hat und zum anderen auch weitere Ladesäulen in der Umgebung umgesetzt werden können.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund des Vorteils für alle Nutzer eines Elektroautos und der Förderung von regional emissionsfreiem Individualverkehr, wird der gesellschaftliche Nutzen als hoch bewertet. Da der Ausbau einer Ladeinfrastruktur in verschiedenen Gebieten auch die Fairness und Nichtdiskriminierung zwischen Land und Stadt erhöht, wird dieser Subindikator als sehr hoch bewertet. Der Ausbau kann auch die Selbstbestimmung und Autonomie erhöhen, da mehr Personen die Möglichkeit und den Zugriff auf Elektromobilität erhalten. Daher wird auch dieser Subindikator als sehr hoch eingestuft.



Abbildung 13: Bewertung D2N2

## Enlil – Mini-Windkraftanlage

Istanbul ist mit etwa 15 Mio. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 1.830 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 8.251 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in der Türkei. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf in der Türkei beträgt 9.661 US\$. Die Industrie trägt 31% zum BIP bei.<sup>99</sup> Istanbul ist sowohl hinsichtlich Population als auch Fläche die größte untersuchte Stadt. Auch der Beitrag der Industrie zum BIP ist nach Norwegen und Südkorea der dritthöchste. Das BIP pro Kopf ist mit Abstand das geringste. Jedoch wurde das BIP nicht kaufkraftbereinigt (kaufkraftbereinigt wäre das Merkmal im Mittelfeld).

### Beschreibung:

„Enlil“ ist eine stadtintegrierte vertikale Mini-Windkraftanlage, welche von dem Unternehmen Devecitech und der Universität Istanbul entwickelt wurde und 2017 als Pilot startete. Die Mini-Windkraftanlagen können auf 50 km an einer viel befahrenen Strecke verbaut werden und machen sich die Sogwirkung der fahrenden Autos und Busse zunutze, um Wind in elektrische Energie zu wandeln. Es wurden mehrere Test-Anlagen an diesem Standort verbaut.

Eine Anlage beinhaltet jeweils: CO<sub>2</sub>-Sensorik, Erdbeben-Sensor, IOT-Schnittstelle, Wettersensoren und erzeugt pro Tag eine kWh an Strom. Jede Anlage verfügt über eine intelligente IoT-Plattform und kann sich mit anderer Infrastruktur vernetzen. Zusätzlich befindet sich ein Solarpanel oberhalb der Windanlage.<sup>100</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die Anlage wird aktuell in Istanbul als Pilotprojekt getestet, weshalb die technische Reife als mittel bewertet wird. Aufgrund der verwendeten IoT-Plattform und vielen weiteren Sensoren, die diverse Daten messen und in einer App speichern und weiterverarbeiten, wird der Subindikator Digitalisierung als sehr hoch bewertet. Aufgrund der Erzeugung erneuerbarer Energie und Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration wird der Indikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als hoch eingestuft.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Projekt außerhalb der Europäischen Union entwickelt und umgesetzt wird, muss zunächst geprüft werden, ob und inwiefern es den Vorgaben des Unionsrechts entspricht, beziehungsweise angepasst werden könnte. Daher werden alle Subindikatoren als mittel bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als gering bis mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da aktuell nur Prototypen des Modells getestet werden, existieren noch keine genauen Angaben zu Kosten, weshalb der ökonomische Nutzen noch nicht abgeschätzt werden kann. Aufgrund des noch nicht ausgereiften Geschäftsmodells aber grundsätzlicher Einsatzmöglichkeiten neben vielen (viel befahrenen Schnell-) Straßen werden Umsetzungspotenzial als mittel und Skalierbarkeit als gering eingestuft.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der zusätzlichen Möglichkeit, erneuerbare Energien zu fördern und damit Klima und Umwelt zu

<sup>99</sup> Istanbul Convention & Visitors Bureau/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>100</sup> Vgl. Energyload (2019): Enlil: Mini-Windkraftanlage für die Stadt. unter: <https://energyload.eu/energiewende/international/enlil-mini-windkraftanlage/>.



schützen, wird der gesellschaftliche Nutzen als hoch eingestuft. Selbstbestimmung und Autonomie werden aufgrund fehlender Mitbestimmung der Bürgerinnen und Bürger als gering eingestuft. Da die Anlagen ausschließlich neben viel befahrenen Schnellstraßen und Autobahnen sinnvoll sind und daher nur dort in Frage kommen, wird die Fairness und Nichtdiskriminierung als mittel bewertet.

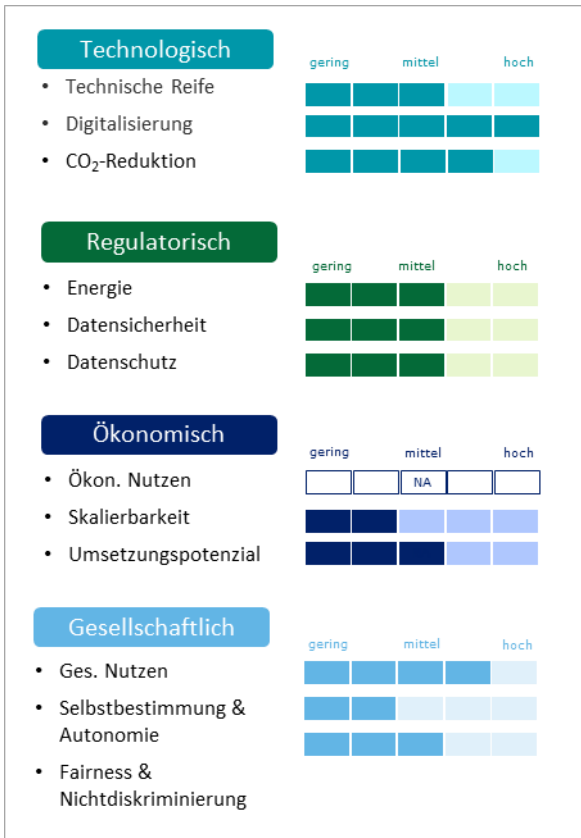


Abbildung 14: Bewertung Enlil

## Lumipark

Helsinki ist mit etwa 658 Tsd. Einwohnern auf einer Landfläche von etwa 217 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 3.000 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Finnland. Das Bruttoinlandsprodukt Finnlands (BIP) pro Kopf beträgt 53.655 US\$. Die Industrie trägt knapp 24% zum BIP bei.<sup>101</sup> Helsinki hat im Vergleich eine relativ geringe Bevölkerungsdichte. Bei den Merkmalen Industrie und BIP pro Kopf befindet sich Finnland in der oberen Hälfte.

### Beschreibung:

Helsinki ist eine der führenden Smart Cities weltweit. Neben vielen IoT- und IoE-Anwendungen sowie Investitionen in Tech Start-ups ist Smart Mobility einer der Schlüsselfaktoren für die Stadtentwicklung.<sup>102</sup>

LumiPark wurde als Pilot-Projekt 2016 gestartet und hilft mittels eines integrierten Parksystems und intelligenten Lichtsteuerungssystems bei der schnellen und effektiven Parkplatzsuche. Effektiv gelenkter Verkehr, welcher beaufsichtigt und ausgewertet wird, hilft Engpässe bei Parkplätzen und im Straßenverkehr zu erkennen und zu beheben.<sup>103</sup> Dadurch können der CO<sub>2</sub>-Ausstoß, andere Emissionen und Lärm reduziert werden, was die Lebensqualität für Anwohner und Besucher hebt.<sup>104</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da LumiPark aktuell noch ein Pilotprojekt ist, wird die technische Reife als mittel bewertet. Das System basiert auf IoT und IoE-Anwendungen, weshalb die Digitalisierung als sehr hoch eingestuft wird. Mithilfe des Systems können Parken und Verkehr optimiert und dadurch indirekt, aber signifikant der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert werden, weshalb der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als mittel bewertet wird.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Energierecht nicht berührt wird, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Da die Technologie zwar auf der Sammlung und Verarbeitung von Daten fußt, jedoch überwiegend technische Daten (CO<sub>2</sub>-Daten, Verkehrslärm etc.) verwendet werden, werden sowohl die Datensicherheit als auch der Datenschutz als hoch eingestuft, was heißt, dass es aus dieser Sicht wenig bis keine Hürden gibt. Falls bei einer Umsetzung in Deutschland personenbezogene Daten verarbeitet werden, gilt u.a. die DSGVO und das BDSG.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das System keine direkten Kosteneinsparpotenziale aufweist, wird der ökonomische Nutzen als mittel bewertet. Die Skalierbarkeit wird als hoch eingestuft, da mithilfe der verwendeten Technologien, das System für viele weitere Lösungen zur Verkehrsoptimierung und Lärm- und Emissionsreduzierung in weiteren Städten umgesetzt werden kann und dadurch eine

<sup>101</sup>City of Helsinki (2022)/Eurostat/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>102</sup> Vgl. Drammeh, N. (2020): Helsinki stellt die Weichen für die Zukunft, unter: <https://kommunal.de/helsinki-digitale-zukunft>.

<sup>103</sup> Vgl. Forum Virium Helsinki (2021): Lumipark – integrating parking and smart lighting in Helsinki. unter: <https://forumvirium.fi/en/integrating-parking-and-smart-lighting-in-helsinki/>.

<sup>104</sup> Vgl. ebenda.

Ausdehnung des Modells möglich ist. Ebenso wird das Umsetzungspotenzial als hoch eingestuft, da jede verkehrsstarke Stadt davon profitieren könnte.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund einer gesteigerten Lebensqualität durch weniger Lärm und einer saubereren Luft als hoch bewertet. Gleiches gilt für die Subindikatoren Selbstbestimmung und Autonomie sowie Fairness und Nichtdiskriminierung, da das freie Handeln, die Unabhängigkeit sowie die Entscheidungsfreiheit der Bürgerinnen und Bürger nicht eingeschränkt, sondern eher unterstützt wird.

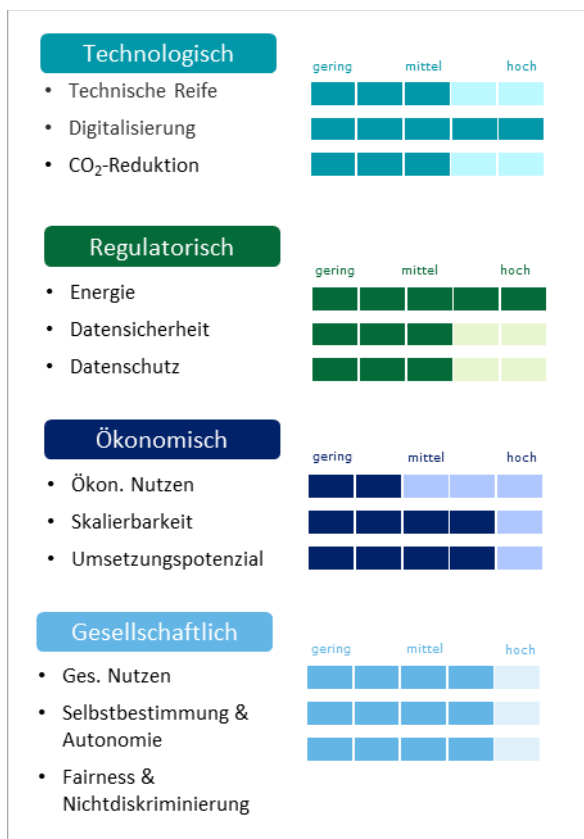


Abbildung 15: Bewertung LumiPark

## Mobility Urban Values (MUV)

Amsterdam ist mit etwa einer Mio. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 220 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 4.590 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt der Niederlande. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt in den Niederlanden 57.768 US\$. Die Industrie trägt 18% zum BIP bei.<sup>105</sup>  
Amsterdam befindet sich im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten in allen Merkmalen im Mittelfeld.

### *Beschreibung:*

Verkehrsstaus, Lärmbelästigung, Luftverschmutzung – diese und weitere Problembereiche machen eine nachhaltigere Stadtentwicklung erforderlich. Das Mobility Urban Values Programm zielt darauf ab, das Bewusstsein der Menschen hin zu nachhaltigeren und gesünderen Mobilitätsentscheidungen zu bewegen. Dieser innovative Ansatz wird seit 2017 in sechs verschiedenen Städten in Belgien, den Niederlanden, Spanien, Portugal, Italien und Finnland getestet.<sup>106</sup>

Das Projekt integriert drei Komponenten: eine mobile App, ein verteiltes Netzwerk von Umwelt-Monitoringstationen und eine skalierbare Cloud-Plattform zum Sammeln, Aggregieren und Analysieren von Daten.<sup>107</sup> Mit Hilfe der App soll den Verkehrsteilnehmern verdeutlicht werden, welche Umweltbelastung mit dem jeweils gewählten Verkehrsmittel entsteht und sie gleichzeitig dazu bringen, eine alternative Lösung (Fahrrad, ÖPNV, etc.) zu wählen.<sup>108</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: die MUV-Lösungen werden aktuell in sechs verschiedenen europäischen Städten erprobt, weshalb die technische Reife als hoch bewertet wird. Da das Modell auf einer App, welche Mobilitäts- und Umweltdaten sammelt, basiert, wird der Subindikator Digitalisierung als sehr hoch bewertet. Experimente mit etwa 2000 Teilnehmern zeigen eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 40%. Da diese indirekt (durch einen Umstieg der Verkehrsmittel) erfolgt und zu prüfen ist, ob der Effekt auch langfristig auftritt, wird die CO<sub>2</sub>-Reduktion gesamt als mittel bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Energierecht nicht direkt berührt wird, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Bei der Messung von Standortdaten und Umweltdaten müssen die Regelungen bezüglich Datenschutzes und Datensicherheit beachtet werden. Daher werden diese Subindikatoren als hoch bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der ökonomische Nutzen wird aufgrund fehlender direkter Kosteneinsparpotenziale, aber demgegenüber auch aufgrund eines sehr geringen Investitionsaufwands als mittel bewertet. Sowohl die Skalierbarkeit als

<sup>105</sup> Statistics Netherlands (CBS)/Eurostat/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>106</sup> Vgl. List (o.D.): MUV Mobility Urban Values. unter: <https://www.list.lu/en/research/project/muv/>.

<sup>107</sup> Vgl. Europäische Kommission (2022), Horizon 2020 Mobility Urban Values. unter <https://cordis.europa.eu/project/id/723521>.

<sup>108</sup> Vgl. Push (o.D.): MUV – Mobility Urban Values. unter: <https://www.wepush.org/en/projects/muv-mobility-urban-values/>.

auch das Umsetzungspotenzial wird als sehr hoch eingestuft, da die App bereits in sechs verschiedenen Ländern Europas verwendet wird und nichts gegen eine Umsetzung in weiteren Städten und eine Expansion des Modells spricht.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund der Steigung des Umweltbewusstseins der Bürgerinnen und Bürger als hoch bewertet. Selbstbestimmung und Autonomie werden als hoch bewertet, da durch die Nutzung der App zwar „Nudging“ zu einer umweltbewussteren Haltung stattfindet, jedoch jeder weiter die Entscheidungsfreiheit besitzt, die App (nicht) zu nutzen und die Empfehlungen (nicht) zu befolgen. Da die App jede Person mit Smartphone nutzen kann, entsteht faktisch keine Diskriminierung und der Subindikator wird als sehr hoch eingestuft.



Abbildung 16: Bewertung Mobility Urban Values

## Mountain Towers (+ Antismog Towers, Photosynthesis Towers, Bamboo Nest Towers)

Paris ist mit etwa 2,2 Mio. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 105 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 20.500 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt Frankreichs. Das französische Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 43.659 US\$. Die Industrie trägt ca. knapp 17% zum BIP bei.<sup>109</sup> Paris ist die am dichtesten besiedelste Großstadt Europas und hat auch im Vergleich der im Rahmen dieser Studie untersuchten Städte die höchste Bevölkerungsdichte. Die französische Industrie trägt vergleichbar wenig zum BIP bei.

### Beschreibung:

Das Architekturbüro Vincent Callebaut hat in ihrem Konzept Paris Smart City 2050 verschiedene Prototypen pflanzenbewachsener Hochhäuser entwickelt, die zukünftig das Klima in Paris verbessern und erneuerbare Energie erzeugen sollen. Diese sollen an verschiedenen Stellen in Paris entstehen, beispielsweise Smog absorbierende Gebäude an der Rue de Rivoli, hängende Gärten am Montparnasseturm oder vertikale Gärten in Aubervilliers. Diese Plusenergiebauten könnten eine entscheidende Rolle im Kampf gegen die zunehmende Entstehung von Wärmeinseln spielen, die auch in Paris ein zunehmendes Problem darstellen.<sup>110</sup>

Ein Beispiel des Konzepts sind die Mountain Towers. Tagsüber erzeugen riesige photovoltaische Solarschirme Strom und warmes Sanitärwasser. In der Nacht wird ein reversibles, hydroelektrisches Pumpspeicherkraftwerk eine städtische Kaskade von der Spitze des Turms bis zu den auf verschiedenen Ebenen befindlichen Regenwasserrückhaltebecken fließen lassen, so dass keine Batterien zur Speicherung des erzeugten Stroms benötigt werden.<sup>111</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da bisher nur Prototypen der Technologie existieren, wird die technische Reife als mittel eingestuft. Der Fokus liegt weniger auf der Digitalisierung und Datenverarbeitung, allerdings werden Technologien beispielsweise zur intelligenten Bewässerung benötigt, weshalb der Subindikator Digitalisierung als mittel bewertet wird. Da die Umsetzung des Projekts zu erheblicher CO<sub>2</sub>-Reduktion führen kann, wird diese als sehr hoch bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da der Use Case nicht datenbasiert ist, werden die Datensicherheit und der Datenschutz als sehr hoch bewertet. Bei der Nutzung eines Pumpspeicherkraftwerks und Photovoltaik müssen Unionsrecht und nationale Gesetze (u.a. EEG, EnWG etc.) beachtet werden, jedoch stellen diese kein Hindernis zur Umsetzung dar. Daher wird der Subindikator Energie mit hoch bewertet.

<sup>109</sup> Institut national de la statistique et des études économiques/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>110</sup> Vgl. Vice (2015): Wird Paris die Smart City 2050? unter: <https://www.vice.com/de/article/787zge/wird-paris-die-smart-city-2050-423>.

<sup>111</sup> Vgl. Vincent Callebaut Architectures Paris (2015): Smart Mairie de Paris. unter: [https://vincent.callebaut.org/object/150105\\_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects](https://vincent.callebaut.org/object/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects).

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als gering bis mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da die Umsetzung des Projekts sehr aufwändig ist, hohe finanzielle Mittel und große Umbauten nötig sind, werden sowohl der ökonomische Nutzen als auch das Umsetzungspotenzial als gering eingestuft. Da der Bau einzelner Tower grundsätzlich auch in anderen Städten möglich ist und zukünftig Erweiterungspotenzial besteht wird die Skalierbarkeit als mittel bewertet.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund einer verbesserten Lebensqualität und einem verschönerten grüneren Stadtbild als sehr hoch eingestuft. Aufgrund einer erforderlichen Anpassung durch Sanierungen und Umbauten der Stadt, auf die der einzelne Bürgerinnen oder Bürger wenig Einfluss haben wird, wird die Selbstbestimmung und Autonomie als mittel bewertet. Fairness und Nichtdiskriminierung werden als hoch eingestuft, da je nach Ausmaß des Projekts viele Bewohner der Stadt profitieren.



Abbildung 17: Bewertung Mountain Towers

## RemiHub

Wien ist mit knapp 2 Mio. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 415 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 4.771 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt in Österreich. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt in Österreich 53.638 US\$. Die Industrie trägt ca. knapp 26% zum BIP bei.<sup>112</sup>  
Wien befindet sich im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten in allen Merkmalen im Mittelfeld.

### *Beschreibung:*

Wien begann seine Rahmenstrategie zur Smart City bereits 2011 und nahm die Arbeit 2013 auf. Einer der Schwerpunkte ist der Umbau des Verkehrs, hierzu zählen der Ausbau von Elektroautos, der Wasserstoffantrieb im öffentlichen Verkehr und die Reduktion des Individualverkehrs. Bisher wurde dies in folgenden Projekten umgesetzt: CarSharing (Caruso), E-Logistik (RemiHub), Fahrradverleih (Sycube).<sup>113</sup>

RemiHub lief von November 2019 bis Herbst 2020 im Testbetrieb und befindet sich aktuell in der Datenauswertung.<sup>114</sup> Es wird untersucht, ob und wie öffentliche Flächen als City Hubs für nachhaltige Parklogistik genutzt werden können. Paketzusteller nutzen spezielle Garagen sowie ungenutzte Flächen bei U-Bahn-Stationen als Umschlagplatz für Pakete („Hub“). Die Pakete werden morgens vom Paketzusteller beispielsweise zur U-Bahn-Station geliefert. Ein Fahrer sortiert sie entsprechend der geplanten Route in einen eigens aufgestellten Container und liefert sie mit einem Lastenrad an die Empfänger in der Umgebung aus.<sup>115</sup> Ziel ist die CO<sub>2</sub>-neutrale Paketauslieferung, der Ersatz von Autos durch Lastenräder mit Anhänger, weniger Verkehr in der Innenstadt und weniger Lärm.<sup>116</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die im Testbetrieb 2019 und 2020 gewonnenen Daten werden aktuell von der TU Wien und tbw research ausgewertet, um daraus weitere Maßnahmen abzuleiten. Daher wird die technische Reife als mittel bewertet. Die Digitalisierung wird ebenfalls als mittel eingestuft, da das Modell mehr auf einer Umstrukturierung der Lieferdienste und weniger auf der Erhebung und Verarbeitung Daten basiert. Mithilfe des Systems können Parken und Verkehr optimiert und dadurch indirekt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert werden, weshalb der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als mittel bewertet wird.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Energierecht nicht direkt berührt wird, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Da die Technologie nicht auf der Sammlung und Verarbeitung von Daten basiert, werden sowohl die Datensicherheit als auch der Datenschutz als sehr hoch eingestuft und aus regulatorischer Sicht gibt es demnach wenig bis keine Hürden.

<sup>112</sup> Stadt Wien/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>113</sup> Vgl. Stadt Wien (o.D.): Smart City. unter: <https://smartcity.wien.gv.at/der-wiener-weg/rahmenstrategie/>.

<sup>114</sup> Vgl. Stadt Wien (o.D.): Klimafreundliche Paketzustellung mit Lastenrädern. unter: <https://smartcity.wien.gv.at/remihub/>. Das Projekt läuft nach Aussagen der Stadt Wien derzeit immer noch.

<sup>115</sup> Vgl. Wiener Stadtwerke (o.D.): RemiHub. unter: <https://www.wienerstadtwerke.at/remihub>.

<sup>116</sup> Vgl. RemiHub (o.D.): unter: <https://www.remihub.at/>.



Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das System keine direkten Kosteneinsparpotenziale aufweist und in Lastenräder und e-Kleintransporter investiert werden muss, wird der ökonomische Nutzen als gering bewertet. Die Skalierbarkeit wird als hoch eingestuft, da das Modell in weiteren Städten umgesetzt werden kann. Ebenso wird das Umsetzungspotenzial als hoch eingestuft, da jede verkehrsstarke Stadt von weniger Verkehr und Lärm profitieren kann.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund einer gesteigerten Lebensqualität durch weniger Lärm und Verkehr sowie einer besseren Luft als hoch bewertet. Gleiches gilt für die Subindikatoren Selbstbestimmung und Autonomie sowie Fairness und Nichtdiskriminierung, da das freie Handeln, die Unabhängigkeit sowie die Entscheidungsfreiheit der Bürgerinnen und Bürger nicht eingeschränkt werden.

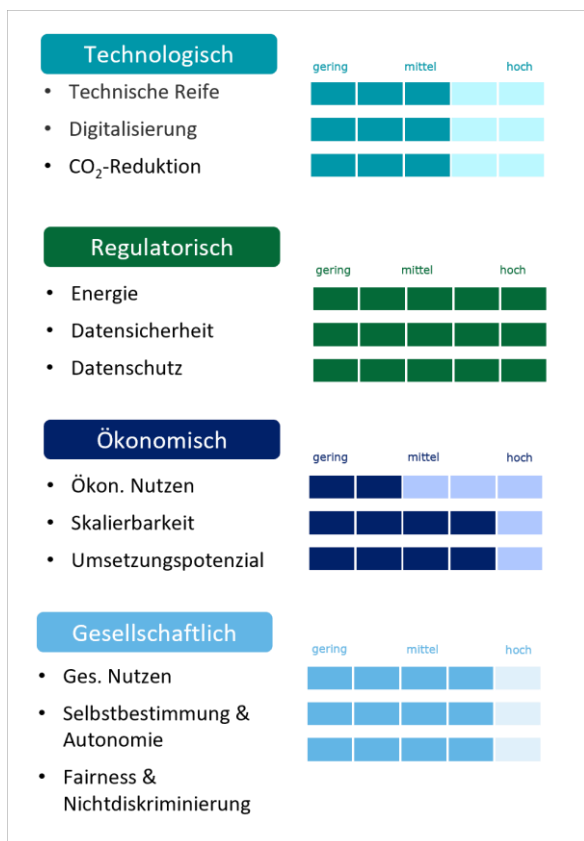


Abbildung 18: Bewertung RemiHub

## Smart local thermal districts

Barcelona ist mit 1,7 Mio. Einwohnern auf einer Fläche von 102 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von 16.300 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die zweitgrößte Stadt Spaniens. Spaniens Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 30.104 US\$. Die Industrie trägt ca. 20% zum BIP bei.<sup>117</sup> Im Vergleich mit den anderen untersuchten Städten, hat Barcelona die zweitgrößte Bevölkerungsdichte hinter Paris. Spanien hat das zweitgeringste BIP pro Kopf, nach der Türkei. Bei den restlichen Merkmalen befindet sich Barcelona im Mittelfeld.

### Beschreibung:

Das Projekt „Smart local thermal districts“ in Barcelona ist Teil des später beschriebenen GrowSmarter Projekts.<sup>118</sup> Die Umwidmung eines Industriegebäudes in ein Innovationszentrum mit Niedrigstenergiehäusern (NZEB) einschließlich einer Eigenstromerzeugung (Photovoltaik) und -versorgung und dem Anschluss an ein Fernwärme- und -kältenetz (DHC) erfolgte als innovative öffentlich-private Partnerschaft zur Förderung des Konzepts der NZEB und dient als Referenz für industrielle Gebäudesanierung in der Stadt.<sup>119</sup> Ca l'Alie demonstrierte die Machbarkeit eines nahezu Null-Standort-Energieverbrauchs durch eine Kombination aus Photovoltaik (85 kWp), einem Anschluss an das Fernwärme- und -kältenetz (DHC) zur Rückgewinnung von Wärme aus einer städtischen Abfallbehandlungsanlage und der Installation eines Energiemanagementsystems, das sowohl den Verbrauch optimieren als auch die Gebäudelast prognostizieren kann.<sup>120</sup> Die Auswirkung ist eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Wärme- und Kälteerzeugung für das Gebäude. Durch die Umsetzung passiver Energiesparmaßnahmen und intelligent-integrierte, lokale Energieerzeugung wird das Gebäude in Bezug auf thermische Energie nahezu autark. Für die Benutzer bieten die verwendeten Technologien eine Verbesserung des Komforts sowie Energie- und Kosteneinsparungen.<sup>121</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die technische Reife wird als hoch eingeschätzt, weil die Technologien zwar existieren, sich die Distrikte aber noch im Bau bzw. Umbau befinden. Aufgrund der hohen Digitalisierungsrate aber nicht kompletten Durchdringung der Datenwertschöpfungskette wird der Subindikator Digitalisierung als hoch bewertet. Die CO<sub>2</sub>-Reduktion wird als sehr hoch eingestuft, da diese Niedrigstenergiehäuser mithilfe von Abfallenergiequellen, Photovoltaik und diverser weiterer Energiesparmaßnahmen ihre Emissionen maximalen begrenzen.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da beim Umbau der Gebäude einige Vorschriften und Gesetze (z. B. EEG, EnWG, GEG etc.) beachtet werden müssen, aber kein Hindernis darstellen, wird der Subindikator Energie als hoch bewertet. Hinsichtlich des Datenschutzes und Datensicherheit muss einzelfallbezogen bzw. auf

<sup>117</sup> Ajuntament de Barcelona/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>118</sup> Vgl. GrowSmarter (o.D.): Our Vision. unter: <https://grow-smarter.eu/home/>.

<sup>119</sup> Vgl. GrowSmarter (2020): Smart local thermal districts – an integrated infrastructures solution. unter: [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart\\_solution\\_6\\_smart\\_local\\_thermal\\_districts\\_Barcelona.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart_solution_6_smart_local_thermal_districts_Barcelona.pdf).

<sup>120</sup> Vgl. Bable (2017): Smart local thermal districts. unter: <https://www.bable-smartcities.eu/explore/use-cases/use-case/smart-local-thermal-districts.html>.

<sup>121</sup> Vgl. GrowSmarter (2020): Smart local thermal districts – an integrated infrastructures solution. Expected Impact. unter: [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart\\_solution\\_6\\_smart\\_local\\_thermal\\_districts\\_Barcelona.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart_solution_6_smart_local_thermal_districts_Barcelona.pdf).

Grundlage des jeweiligen Kommunikationskonzepts geprüft werden, ob personenbezogene Daten erhoben und verarbeitet werden. Es sind zudem die Vorschriften der europäischen Union zu beachten. Daher werden beide Subindikatoren als hoch eingestuft.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der ökonomische Nutzen zeigt sich nach dem Abschluss der Umbauarbeiten durch große Einsparpotenziale vor allem hinsichtlich Stromkosten und Kosten für Wärme- und Kälteanlagen und wird deswegen als hoch bewertet. Aufgrund der möglichen Erweiterungen dieses Konzepts auf andere Gebäude wird auch die Skalierbarkeit als hoch eingestuft. Der Indikator Umsetzungspotenzial wird aufgrund des großen Aufwands der Veränderungen und Anpassungen in Gebäuden als mittel bewertet.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund des hohen Aufwands und des Vorteils allein für Personen aus einem Gebäude wird der gesellschaftliche Nutzen als mittel bewertet. Die Freiheit zum selbstbestimmten Handeln ist nicht eingeschränkt, weswegen der Subindikator Selbstbestimmung und Autonomie als hoch eingestuft wird. Da nicht die Allgemeinheit profitiert und nur beschränkt Personen Zugang zu diesen Industriegebäuden haben, wird die Fairness und Nichtdiskriminierung als mittel gesehen.

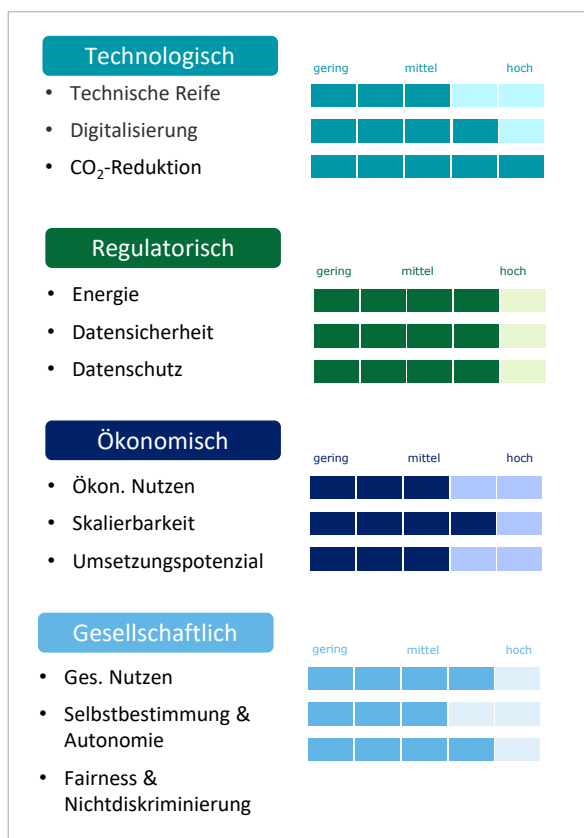


Abbildung 19: Bewertung Smart local thermal districts

## Stationnement intelligent

Nizza zählt mit etwa 343 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 72 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 4.765 Einwohnern/km<sup>2</sup>) zu den größeren Städten in Frankreich. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt in Frankreich 43.659 US\$. Die Industrie trägt knapp 17% zum BIP bei.<sup>122</sup> Nizza ist flächenmäßig die kleinste untersuchte Stadt. Die französische Industrie trägt vergleichbar wenig zum BIP bei. In den anderen Merkmalen befindet sich Nizza im Mittelfeld.

### Beschreibung:

Die Stadt Nizza wollte seit 2012 mit einem intelligenten System ebenfalls ihre Parksituation verbessern. Nach Paris ist Nizza die französische Stadt mit den meisten Touristen und versinkt im Verkehrschaos. Da keine freien Parkplätze gefunden werden, parken Autofahrer auf zentralen Straßen häufig in zweiter oder sogar dritter Reihe.<sup>123</sup>

Mit Hilfe eines Netzes kommunizierender Sensoren, die mit smarten Parkuhren verbunden sind, können Autofahrer per Smartphone in Echtzeit freie Parkkapazitäten ermitteln. Durch die Verringerung der Zeit, die für die Suche nach einem Parkplatz aufgewendet werden muss, zielt das System auf eine Verbesserung des Verkehrsflusses (insbesondere dem ÖPNV) und eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Die vielen Sensoren, auf denen das System basiert, sind auf der Fahrbahn installiert und liefern zeitlich genaue Informationen über den Zustand von Parkplätzen, Verkehr und Umweltqualität. Über die zugehörige App können gleichzeitig die Parkgebühren entrichtet werden.<sup>124</sup>

Das mehrfach ausgezeichnete Projekt wurde am 01. Mai 2016 jedoch wieder aufgegeben und die alten Parkuhren wieder eingebaut. Grund dafür sind mutmaßlich technische Probleme, weshalb das System nicht mehr funktionierte.<sup>125</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als gering bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Das Projekt, das seine Testphase ab dem Jahr 2012 hatte, wurde 2016 aufgrund technischer Probleme eingestellt und die alten Parkuhren wurden wieder eingesetzt. Ob das System während der Verwendungsphase tatsächlich CO<sub>2</sub> eingespart hat, ist nicht bekannt.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Energierecht nicht direkt berührt wird, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Da die Nutzung eines Smartphones am Steuer verboten ist, hat die regionale Rechnungskammer für das Modell die Regeln der öffentlichen Ordnung angeprangert, weshalb der Indikator insgesamt als mittel bewertet wird.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als eher gering bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da es sehr kostspielig war, das

<sup>122</sup> Institut national de la statistique et des études économiques/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>123</sup> Vgl. Südschweiz (2013): Nizza verspricht „intelligentes Parken“. unter: <https://www.suedostschweiz.ch/zeitung/nizza-verspricht-intelligentes-parken>.

<sup>124</sup> Vgl. ebenda.

<sup>125</sup> Vgl. Le Monde (2016): „Smart Parking“ était une idée stupide. unter: <https://www.lemonde.fr/blog/transports/2016/05/05/le-stationnement-intelligent-etait-une-idee-bete/>.

System auszurollen und die Parkuhren auszutauschen, ohne langfristig einen Nutzen zu generieren und die Parkuhren wieder zurückzutauschen, wird der ökonomische Nutzen als nicht vorhanden bewertet. Die Skalierbarkeit und das Umsetzungspotenzial werden als gering eingestuft, da das Modell stark abgeändert werden müsste, um möglicherweise noch einmal getestet zu werden.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als gering bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund der schwierigen Anwendung per App während der Autofahrt als gering bewertet. Die Subindikatoren Selbstbestimmung und Autonomie sowie Fairness und Nichtdiskriminierung werden als gering eingestuft, da diejenigen Parkuhren genutzt werden müssen, die zur Verfügung stehen – herkömmlich oder „intelligent“ – und außerdem keine Mitbestimmung der Bürgerinnen und Bürger stattfindet, das System wieder abzuschaffen.

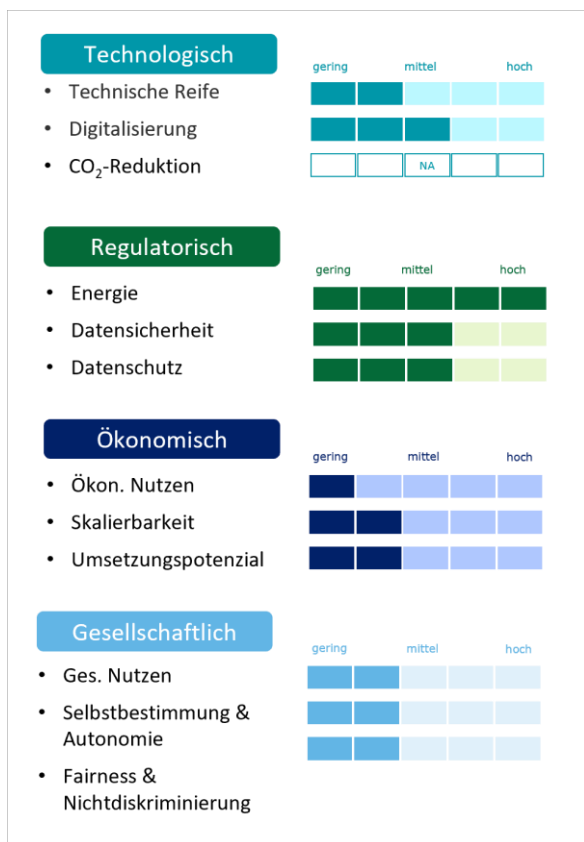


Abbildung 20: Bewertung Stationnement intelligent

## SFpark

San Francisco zählt mit etwa 815 Tsd. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 122 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 6.700 Einwohnern/km<sup>2</sup>) zu den größten Städten in Kalifornien. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) der USA pro Kopf beträgt 70.249 US\$. Die Industrie trägt ca. 18% zum BIP bei.<sup>126</sup>  
Die USA haben im Vergleich mit den anderen untersuchten Ländern das zweithöchste BIP pro Kopf nach Norwegen. In allen anderen Merkmalen befindet sich San Francisco im Mittelfeld.

### *Beschreibung:*

Die San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA) hat SFpark gegründet, um neue Technologien zu nutzen, die durch „Lenkung“ die Parksituation in San Francisco verbessert. Das Parkleitsystem sammelt und verteilt Echtzeit-Informationen über verfügbare Parkplätze anhand von Sensoren in der Fahrbahn, um Autofahrer bei der Suche nach freien Parkplätzen möglichst schnell zu unterstützen.<sup>127</sup>

Das System passt die Preise für Parkuhren und -häuser je nach bestehender Nachfrage regelmäßig an. Diese bedarfsgerechte Preisgestaltung ermutigt Autofahrer, in wenig genutzten Bereichen zu parken und verringert damit das Aufkommen in überlasteten Bereichen.<sup>128</sup> Somit wird die allgemeine Parksituation verbessert, der Verkehr reduziert und die Emissionen um 30% gesenkt. Durch SFpark arbeiten Echtzeitdaten und bedarfsgerechte Preise zusammen, um die Parkmuster in der Stadt so anzupassen, dass Parkplätze leichter zu finden sind.<sup>129</sup>

### *Bewertung:*

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da SFpark aktuell noch ein Pilotprojekt ist, wird die technische Reife als mittel bewertet. Das System basiert auf der Sammlung und Verarbeitung von Echtzeit-Daten, weshalb die Digitalisierung als sehr hoch eingestuft wird. Durch die Verbesserung der Parksituation und den reduzierten Verkehr können etwa 30% der Emissionen gesenkt werden. Daher wird der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion mit hoch bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das Energierecht nicht direkt berührt wird, wird der Subindikator Energie als sehr hoch bewertet. Da die Technologie zwar auf der Sammlung und Verarbeitung von Daten fußt, jedoch überwiegend technische Daten und Sensoren verwendet werden, werden sowohl die Datensicherheit als auch der Datenschutz als hoch eingestuft, das heißt, dass es aus dieser Sicht wenig bis keine Hürden gibt.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da das System keine direkten Kosteneinsparpotenziale aufweist, jedoch die Parkkosten der Nachfrage anpasst, wird der ökonomische Nutzen als mittel bewertet. Die Skalierbarkeit wird als hoch

<sup>126</sup> United States Census Bureau/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>127</sup> Vgl. UPA/CRD Annual Report (o.D.): San Francisco SFpark and Parking Information Systems. unter: <https://ops.fhwa.dot.gov/congestionpricing/docs/fhwajpo11042/arsanfran1.pdf>.

<sup>128</sup> Vgl. SFMTA (2014): SFpark Pilot Program. unter: <https://www.sfmta.com/projects/sfpark-pilot-program>

<sup>129</sup> Vgl. Magenta Business (2022): Smart Cities: Die 10 innovativsten Städte der Welt. unter: <https://businessblog.magenta.at/10-smart-cities>.

eingestuft, da mithilfe der verwendeten Technologien und Sensoren das System zur Verkehrsoptimierung und Verbesserung der Parksituation in weiteren Städten genutzt werden kann und dadurch eine örtliche Ausdehnung des Modells möglich ist. Ebenso wird das Umsetzungspotenzial als hoch eingestuft, da jede verkehrsstarke Stadt davon profitieren könnte.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund einer schnelleren Parkplatzsuche und weniger Verkehr als hoch bewertet. Gleiches gilt für die Subindikatoren Selbstbestimmung und Autonomie, da das freie Handeln, die Unabhängigkeit sowie die Entscheidungsfreiheit der Bürgerinnen und Bürger nicht eingeschränkt wird und jeder Bewohner frei entscheiden kann, das System zu nutzen. Allerdings könnten beliebte Parkplätze in der Innenstadt teurer werden. Daher wird Fairness und Nichtdiskriminierung als mittel bewertet.

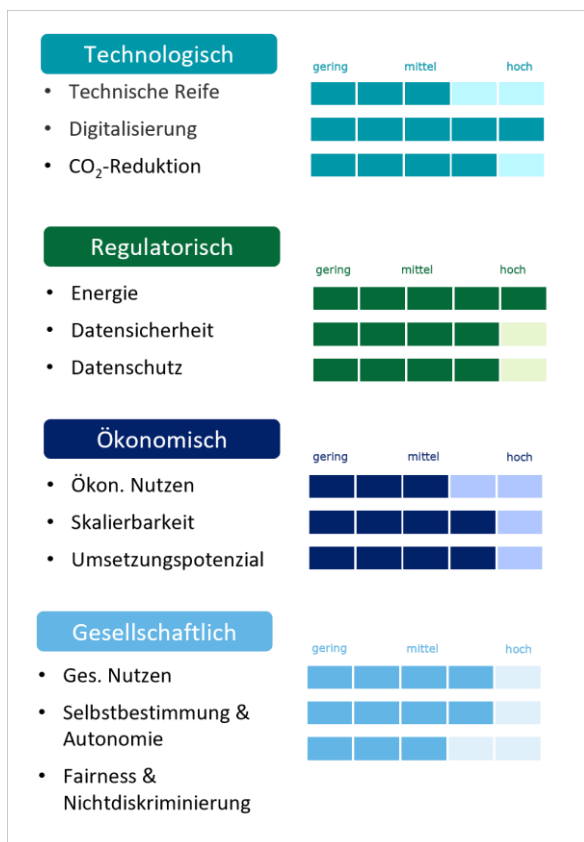


Abbildung 21: Bewertung SFPark

## U-Green-Service in Eunpyeong u-City

Seoul ist mit etwa 9,7 Mio. Einwohnern auf einer Fläche von etwa 605 km<sup>2</sup> (Bevölkerungsdichte von etwa 16.000 Einwohnern/km<sup>2</sup>) die größte Stadt Südkoreas. Das südkoreanische Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf beträgt 34.998 US\$. Die Industrie trägt ca. 32% zum BIP bei.<sup>130</sup> Seoul hat damit nach Paris und Barcelona die dritthöchste Bevölkerungsdichte. Des Weiteren trägt die Industrie Südkoreas verglichen mit den anderen untersuchten Ländern nach Norwegen den zweitgrößten Teil zum BIP bei. Das BIP pro Kopf ist eher gering.

### Beschreibung:

Die Stadt Seoul ist in vielerlei Hinsicht das Vorbild für die Entwicklung einer intelligenten Großstadt und für technologische Experimente. Fast jeder Aspekt des öffentlichen Lebens in Seoul wird von Technologien begleitet – vom integrierten öffentlichen Verkehrssystem bis zum Notfallwarnsystem der Regierung.<sup>131</sup> Eun-pyeong ist ein Stadtteil von Seoul, und Eun-pyeong u-City, ein im Jahr 2006 begonnenes Projekt, wurde im März 2011 fertiggestellt. U-City beherbergt heute 45.000 Menschen auf einer Fläche von 3,49 Millionen m<sup>2</sup>.<sup>132</sup>

Innerhalb des Stadtteils Eunpyeong erfolgte im Rahmen eines Stadtentwicklungsprojekts („U(biquitous) City“) die Installation eines Netzes von Sensoren, welche die Qualität von Luft und Wasser messen sollen. Diese Informationen werden im Anschluss direkt an die Öffentlichkeit weitergegeben. Ebenso erhalten die Einwohner der Stadt diese Daten über intelligente Geräte direkt auf ihre im Wohnzimmer installierten Geräte. Außerdem reduzieren die Hightech-Straßenlaternen der Stadt den Energieverbrauch und bieten den Bewohnern einen drahtlosen Internetzugang.<sup>133</sup>

### Bewertung:

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Fast jeder Teil des Lebens einer Bürgerin bzw. eines Bürgers in Seoul wird von Technologie geleitet – tausende Sensoren unterstützen das IoT und transferieren diverse Daten in Big Data Analytics (BDA). Daher werden die technologische Reife und Digitalisierung als sehr hoch eingestuft. Trotz des hohen Digitalisierungsgrads und der smarten Technologien, gehört die Stadt Seoul zu den Städten mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Welt<sup>134</sup>, was darauf schließen lässt, dass eine intelligente Stadt nicht gleichzeitig auch eine umweltfreundliche und emissionsarme Stadt bedingt. Daher wird der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als gering bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als eher gering bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die Offenlegung vieler, auch personenbezogener, Daten, wie sie in Seoul stattfindet, ist mit dem Unionsrecht (v.a. DSGVO) in den meisten Fällen nicht vereinbar. Daher werden auch die Subindikatoren Datensicherheit und Datenschutz als nicht vorhanden bewertet. Auch im Energierecht

<sup>130</sup> Seoul Solution/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>131</sup> Vgl. Seoul Solution (2016): The Technologies Make Seoul the Smartest City in the World. unter: <https://seoulsolution.kr/en/content/innovation-news-technologies-make-seoul-smartest-city-world>.

<sup>132</sup> Vgl. ITU-T Technology Watch Report (2013): Smart Cities Seoul: a case study. unter: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf).

<sup>133</sup> Vgl. About Smart Cities (2020): Seoul. unter: <https://www.aboutsmartcities.com/smart-city-seoul/>.

<sup>134</sup> Vgl. The Korea Herald (2018): Seoul tops world's carbon footprint list: Norwegian researchers, unter: <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20180610000136>.



gelten innerhalb Europas andere, strengere Vorschriften, weshalb der Subindikator Energie als mittel bewertet wird.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als gering bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Das Potenzial für Wachstum und Ausdehnung des Modells auf weitere Städte wird aufgrund hoher Investitionen und der besonderen Rechtslage als gering bewertet. Die hohen Investitionskosten von mindestens einer Mrd. US-Dollar sind der Grund für mittlere Bewertung des ökonomischen Nutzens.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird aufgrund der vielen Vorteile, die die intelligenten Systeme für die Bürgerinnen und Bürger mitbringen (z. B. integrierter öffentlicher Verkehr, bequemes E-Government-System, effiziente Warnsysteme etc.) als sehr hoch bewertet. Allerdings sind nahezu keine Selbstbestimmung und Autonomie vorhanden, da die Einwohner keine Entscheidungsfreiheit über die Nutzung der Systeme und die Verbreitung eigener Daten haben. Fairness und Nichtdiskriminierung werden aufgrund der Gleichbehandlung der Bürgerinnen und Bürger als hoch bewertet.

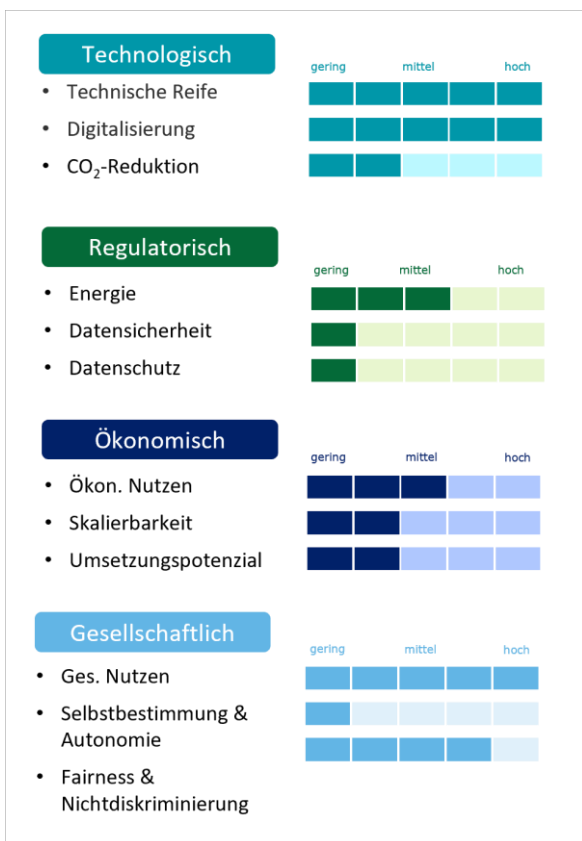


Abbildung 22: Bewertung U-Green-Service in Eunpyeong u-City

### 3.2.3 Überregionale Anwendungsfälle

Um anschauliche, vergleichbare und übertragbare Projekte zu finden, wurden auch im Bereich städteübergreifender Kooperation exemplarische Use Cases gesucht und analysiert. Hierbei wurde die zugrunde gelegte Bewertung auf ein und demselben Standard durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

#### GrowSmarter

Bei dem Projekt GrowSmarter fungieren die Städte Barcelona, Stockholm und Köln als Leuchtturmstädte. Die drei Städte haben zwar eine ähnliche Einwohneranzahl zwischen ca. 1 Mio. (Stockholm) und 1.7 Mio. (Barcelona), jedoch unterscheidet sich die Bevölkerungsdichte stark. Während Köln eine geringe Dichte von 2.675 Einwohnern/km<sup>2</sup> aufweist, liegt die Bevölkerungsdichte in Stockholm bei 5.319 Einwohnern/km<sup>2</sup> und in Barcelona sogar bei 16.300 Einwohnern/km<sup>2</sup>. Auch das BIP pro Kopf reicht von 30.104 US\$ in Spanien bis zu 61.029 US\$ in Schweden.<sup>135</sup>

#### Beschreibung:

GrowSmarter hat seit seinem Start im Jahr 2015 versucht, zwölf Smart City-Lösungen zu demonstrieren, die Folgendes umfassen: Niedrigenergieviertel, integrierte Infrastruktur und nachhaltige städtische Mobilität.<sup>136</sup> Barcelona, Stockholm und Köln fungierten als „Leuchtturmstädte“ und boten Kollegen in ganz Europa wertvolle Einblicke in die Praxis dieser Lösungen sowie Möglichkeiten zur Nachahmung.<sup>137</sup> Zu den durch das Projekt erzielten Ergebnissen zählen: die Sanierung von mehr als 130.000 m<sup>2</sup> Gebäudebestand durch den Einsatz energieeffizienter und intelligenter Technologien; der Einsatz einer breiten Palette nachhaltiger Mobilitätslösungen; und die Anbindung der städtischen Infrastruktur an Lösungen durch die Nutzung eines „Internet der Dinge“.<sup>138</sup>

#### Bewertung:

Auch GrowSmarter ist ein Projekt, an dem viele Städte in Europa zusammenarbeiten und viele Einzellösungen zu den Bereichen Niedrigenergieviertel, integrierte Infrastruktur und nachhaltige städtische Mobilität entwerfen. Daher wird auch hier das Projekt als Gesamtes betrachtet und bewertet.

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Die teilnehmenden Städte haben im Rahmen des Projekts 130.000 m<sup>2</sup> Gebäudebestand saniert und mit intelligenten Technologien ausgestattet.<sup>139</sup> Damit wurden CO<sub>2</sub>-Reduktionen von 30-70%<sup>140</sup> in vollständig renovierten Gebäuden erreicht und konnten belegen, dass ein Städtewachstum nicht mit einem Wachstum an CO<sub>2</sub>-Emissionen einhergehen muss.<sup>141</sup>

---

<sup>135</sup> Statistisches Bundesamt/City of Stockholm/Ajuntament de Barcelona /Eurostat/World Bank Group/Deloitte Research.

<sup>136</sup> Vgl. GrowSmarter (2020): 12 Smart Solutions. unter: <https://grow-smarter.eu/solutions/>.

<sup>137</sup> Vgl. GrowSmarter (2020): Our Vision. unter: <https://grow-smarter.eu/home/>.

<sup>138</sup> Vgl. GrowSmarter (2020): 5 years of creating smart cities in Europe. unter: [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/D8.10\\_\\_final\\_brochure.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/D8.10__final_brochure.pdf).

<sup>139</sup> Vgl. GrowSmarter (2019): Smart Cities prove growth does not have to come at the expense of CO<sub>2</sub> reductions. unter: <https://grow-smarter.eu/inform/stories/?c=search&uid=kAl60jCA>.

<sup>140</sup> Aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen in den Bestandsgebäuden ist die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung abhängig vom Projekt sehr unterschiedlich. Vgl. GrowSmarter (2019): Implementing Low Energy Districts in European Cities – Conclusions from GrowSmarter abrufbar unter [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/GrowSmarter\\_Concluding\\_Report\\_WP2.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/GrowSmarter_Concluding_Report_WP2.pdf).

<sup>141</sup> Vgl. GrowSmarter (2019): Smart Cities prove growth does not have to come at the expense of CO<sub>2</sub> reductions. unter: <https://grow-smarter.eu/inform/stories/?c=search&uid=kAl60jCA>.

Daher wird der Subindikator CO<sub>2</sub>-Reduktion als hoch bewertet. Das Projekt beinhaltet Use Cases in stark entwickelten und gut infrastrukturell ausgebauten Regionen in Barcelona, Stockholm und Köln. Aufgrund der technologisch weit fortgeschrittenen und hoch digitalisierten Projekte, werden auch diese Subindikatoren mit hoch bewertet.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da es in diesem Use Case weniger um das Replizieren und mehr um verschiedene Einzellösungen zu gemeinsam gesetzten Themengebieten geht, entwerfen die teilnehmenden Städte individuelle und anationales, sowie Unionsrecht angelehnte Anwendungen. Daher werden die Subindikatoren Energie-, Datensicherheits- und Datenschutzrecht als hoch bewertet.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als eher hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der Einsparpotenziale der Projekte auf vielen Ebenen wird der ökonomische Nutzen als hoch bewertet. Die Skalierbarkeit wird wegen der möglichen Ausweitung der Modelle auf weitere Großstädte und der guten Dokumentationslage als hoch eingestuft. Das Umsetzungspotenzial wird als sehr hoch bewertet, da bereits 44 Projekte, davon 30 allein in Barcelona und Stockholm, umgesetzt wurden oder sich in der Umsetzung befinden. Welche Projekte davon auch im ländlichen Gebiet sinnvoll und umsetzbar sind, müsste entsprechend geprüft werden.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen wird als sehr hoch bewertet, da diverse Projekte aus zwölf verschiedenen Bereichen unterstützt werden, von denen viele Europäer profitieren können. Ebenso wird Fairness und Nichtdiskriminierung als sehr hoch eingestuft, da die Forschungsergebnisse der Projekte öffentlich zugänglich sind und von weiteren Städten nachgeahmt werden können und sollen. Aufgrund der freien Verfügbarkeit und Nutzung der Lösungen in diesen Städten wird die Selbstbestimmung und Autonomie als hoch bewertet.



Abbildung 23: Bewertung Grow Smarter

## REPLICATE

Bei dem Projekt REPLICATE fungieren die Städte Bristol, San Sebastian und Florenz als Leuchtturmstädte. Die drei Städte lassen sich bei den kleineren bis mittleren untersuchten Großstädten einordnen, wobei San Sebastian mit etwa 182 Tsd. die geringste Bevölkerung und Bristol mit 472 Tsd. die Höchste hat. Florenz liegt mit 362 Tsd. dazwischen. Die Bevölkerungsdichten von Bristol, San Sebastian und Florenz sind ähnlich (Bristol hat mit 4.308 Einwohnern/km<sup>2</sup> die größte Einwohnerdichte, Florenz liegt mit 3.545 Einwohnern/km<sup>2</sup> darunter und San Sebastian hat mit 2.980 Einwohnern/km<sup>2</sup> die geringste Bevölkerungsdichte).<sup>142</sup>

### *Beschreibung:*

REPLICATE (Renaissance of Places with Innovative Citizenship and Technologies) ist ein europäisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit dem Ziel, integrierte Energie-, Mobilitäts- und IKT-Lösungen in Stadtquartieren einzusetzen. Dadurch sollen die Nachhaltigkeit des städtischen Verkehrs verbessert, die Ressourcen- und Energieeffizienz gesteigert und die Treibhausgasemissionen reduziert werden.<sup>143</sup>

Es gibt drei führende Städte (genannt Smart City „Lighthouses“), zu denen San Sebastian (Spanien), Florenz (Italien) und Bristol (Großbritannien) gehören. Es gibt auch eine Reihe weiterer „Follower“-Städte, darunter Essen (Deutschland), Nilüfer (Türkei) und Lausanne (Schweiz). Darüber hinaus gibt es auch eine Reihe von „Beobachter“-Städten wie Guangzhou (China) und Bogota (Kolumbien). Das Projekt hat ein Konsortium, das aus insgesamt 38 Partnern besteht.<sup>144</sup> Zwischen den Städten findet ein Wissensaustausch und ein Lernprogramm statt, um alternative Ansätze zu erproben.<sup>145</sup>

### *Bewertung:*

Da REPLICATE ein europaweites Projekt mit vielen Subprojekten und Lösungen ist, können nicht alle Einzelprojekte bewertet werden, sondern das Gesamtprojekt. Es soll hier mehr um den effizienten Zusammenschluss verschiedener Städte aus unterschiedlichen Ländern und deren gemeinsame Arbeit und Forschung an intelligenten Stadtquartieren gehen.

Der **technologische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Das Programm fußt überwiegend in stark entwickelten und gut infrastrukturell ausgebauten Regionen in der Europäischen Union und die Sichtung der vorhandenen Dokumentationen hat ergeben, dass die Einzelprojekte bzw. auch die Programmdurchführung dem Stand der Technik entsprechen bzw. als technologisch weit fortgeschritten anzusehen sind.

Der **regulatorische** Indikator wird insgesamt als mittel bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Da die Umsetzung der einzelnen Projekte in verschiedenen Ländern erfolgt, muss – zusätzlich zu Unionsrecht – jeweils einzelstaatliches Recht betrachtet und dabei geprüft werden, ob sich Lösungen replizieren lassen. Daher werden sowohl der Subindikator Energie als auch

---

<sup>142</sup> Eustat - Euskal Estatistika Erakundea - Instituto Vasco de Estadística/EUROCITIES/Bristol City Council/Eurostat/Deloitte Research.

<sup>143</sup> Vgl. Replicate (2016): Objectives. unter: <https://replicate-project.eu/about/>.

<sup>144</sup> Vgl. Replicate (2016): smart Cities. unter: <https://replicate-project.eu/tag/smart-cities/>.

<sup>145</sup> Vgl. Calzda, I. (2020): Replicating Smart Cities: The City-to-City- Learning Programme in the Replicate EC-H2020-SCC Project. unter: <https://www.mdpi.com/2624-6511/3/3/49>.

Datensicherheit und Datenschutz als mittel bewertet, da hier einzelfallbezogen bzw. auf Grundlage des jeweiligen Kommunikationskonzepts bewertet werden müsste.

Der **ökonomische** Indikator wird insgesamt als hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Aufgrund der Nutzung gemeinsamer Stärken und Ressourcen wird der ökonomische Nutzen als hoch eingestuft. Die Skalierbarkeit wird aufgrund der Ausweitung der Modelle auf verschiedene Städte und Regionen als sehr hoch eingestuft. Das Umsetzungspotenzial wird als mittel bewertet, da jede Stadt bzw. Kommune verschiedene Anforderungen (vgl. Zielorientierung), Vorschriften und einen unterschiedlich stark digitalisierten Ausgangspunkt hat, auf den die Projekte zugeschnitten sein müssen.

Der **gesellschaftliche** Indikator wird insgesamt als eher sehr hoch bewertet. Dem liegt die folgende Bewertung der Subindikatoren zugrunde: Der gesellschaftliche Nutzen sowie die Selbstbestimmung und Autonomie werden als hoch bewertet, da diverse Projekte verschiedener Bereiche unterstützt werden, wie Mobilitäts- und IKT-Projekte, von denen viele Europäer profitieren können. Fairness und Nichtdiskriminierung werden als sehr hoch eingestuft, da viele Länder und Einwohner von dieser Zusammenarbeit profitieren können, auch solche, die alleine nicht die Kapazitäten für Forschung und Umsetzung haben.

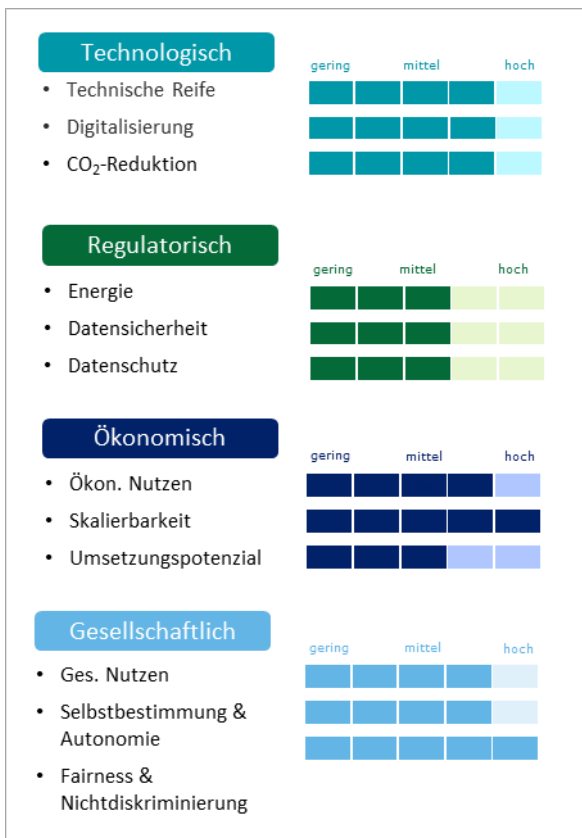


Abbildung 24: Bewertung REPLICATE

### 3.2.4 Zusammenfassung/Vergleich Use Cases

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle untersuchten Städte verschiedenste Schwerpunkte setzen und sich die Art des **Technologieeinsatzes** in (nachhaltigen) Smart Cities vor allem nach dem Anwendungszweck richtet. Die eingangs formulierte Unterteilung in die zwei Ansätze „Technologieorientierung“ und „Zielorientierung“ ist tatsächlich auf die Anwendungsfälle übertragbar. In den europäischen Anwendungsfällen überwiegt dabei der zielorientierte Ansatz, die beiden außereuropäischen Beispiele, Seoul und San Francisco demonstrieren einen eher technologieorientierten Ansatz. Auffällig viele Anwendungsfälle werden im Sektor **Verkehr/Mobilität** entwickelt und umgesetzt. Das folgende Venn-Diagramm fasst im Sinne einer Sektorenmatrix alle in der Studie dargestellten Anwendungsfälle zusammen und ordnet sie den Einsatzsektoren Verkehr/Mobilität, Energieversorgung und Wohnen zu. Die Größe der Blase stellt den Digitalisierungsgrad, das Verhältnis untereinander.

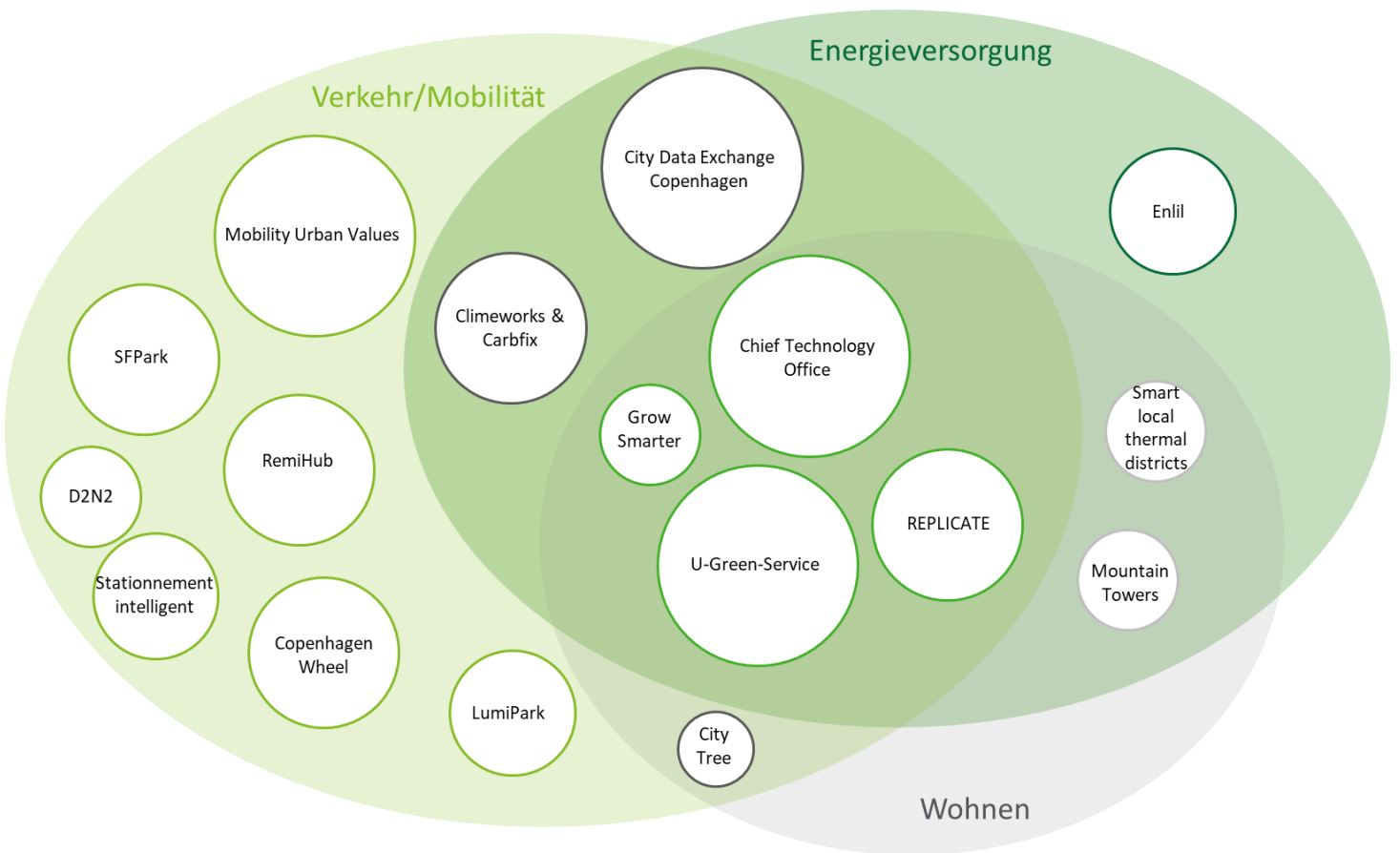


Abbildung 25: Übersicht über die Use Cases

#### Erkenntnisse aus der Typologie der Städte mit der Auswahl der dortigen Use Cases:

Städte mit einer besonders hohen Bevölkerungsdichte (Paris, Seoul und Barcelona) entwickeln vor allem Use Cases, welche sich mindestens zwei Sektoren zuordnen lassen (Mountain Towers, U-Green-Services und Smart local thermal districts) und damit direkt mehrere Bereiche der Stadt weiterentwickeln. Städte mit einem

geringeren Anteil der Industrie am BIP (z. B. Nizza, Nottingham, Amsterdam und San Francisco) und/oder einer kleineren Fläche (z. B. Kopenhagen) konzentrieren sich eher auf spezielle Einzellösungen (z. B. Stationnement Intelligent, D2N2, Mobility Urban Values und SFpark oder das Copenhagen Wheel).



# 4 Übertragbarkeit von Smart City-Ansätzen auf den deutsch-europäischen Kontext

In diesem Teil des Gutachtes sollen Übertragbarkeiten der in Kapitel 3 analysierten Smart City-Modellen auf deutsche bzw. europäische Kommunen geprüft werden. Die Erkenntnisse aus den vorhergehenden Kapiteln sind ebenfalls die Basis für die kritische Würdigung.

## 4.1 Herausforderungen

Nachdem die einzelnen Anwendungen betrachtet wurden, befasst sich dieses Kapitel nun mit der Leitfrage: „Worin bestehen die wesentlichen Herausforderungen in der Umsetzung von Smart Cities?“

Dafür wurde im Rahmen der Analyse u.a. beleuchtet, welche Daten in Smart Cities in die urbane Wertschöpfungskette einfließen und unter welchen Bedingungen dies geschieht. Diese Einordnung ist hilfreich, Herausforderungen in Bezug auf Nachhaltigkeit zu identifizieren. Diese Identifizierung und anschließende Analyse eines erweiterten Spektrums an Spannungsfeldern umfasste u.a. auch Aspekte wie Datenschutz- und Datensicherheitsanforderungen in Smart Cities, die ebenfalls Herausforderungen bei der Umsetzung sein könnten. Auch andere Themenfelder, wie z. B. das der Bürgerakzeptanz, können ebenfalls relevante Fragestellungen liefern und wurden entsprechend berücksichtigt.

Zudem bezog die Analyse dabei jeden der ausgewählten Use Cases anhand deren unterschiedlicher Bestandteile (Technologie, Regulierung, Ökonomie und Gesellschaft) mit ein und der zuvor eingegrenzte Aktionsrahmen wurde den Handlungsfeldern gegenübergestellt bzw. in Workshops diskutiert.

In Bezug auf die Abhängigkeiten zwischen den Herausforderungen bzw. den Ausprägungen der Subindikatoren, ist anzumerken, dass der positive Einfluss eines Indikators größer sein kann als der negative Einfluss aus einem anderen Indikatorenbereich. Aber andersherum betrachtet, kann eine in einem Indikator ausgewiesene Barriere auch auf andere Bereiche dämpfend wirken bzw. die Umsetzung in anderen Bereichen verhindern. Beispielsweise sei darauf hingewiesen, dass bestehende Regulierungen trotz völliger technischer Machbarkeit die Umsetzung eines Use Case einschränken könnte.

## Identifizierung von Herausforderungen

Die Herausforderungen beschreiben kritische Situationen, welche in der Umsetzung der Use Cases entstehen und auch Spannungsfelder und Konflikte, die entsprechend hemmend zu wirken in der Lage sind. Sind die Anwendungsfälle sehr komplex oder gibt es zudem viele Berührungspunkte zwischen den Perspektiven Technologie, Gesellschaft, Regulierung und Ökonomie, steigt der Herausforderungsgrad.

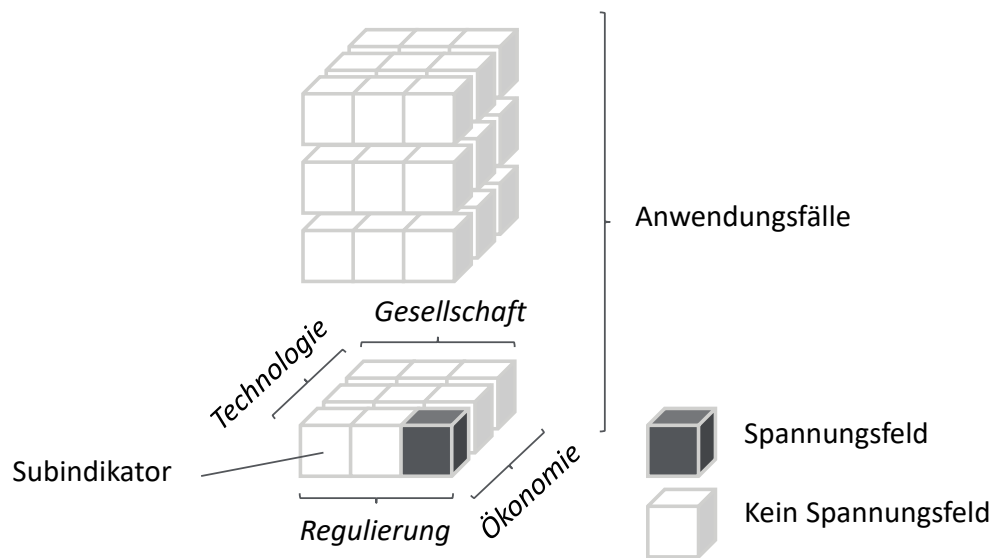


Abbildung 26: Analyse der Herausforderungen bei der Umsetzung auf Basis der identifizierten Spannungsfelder

Die obenstehende Abbildung soll das Zusammenwirken der Subindikatoren in den (bildlich dargestellten) Ebenen der einzelnen Anwendungsfelder aufzeigen. Um die Herausforderungen einheitlich analysieren zu können, wurde auf die standardisierte Bewertung der Anwendungsfälle des vorhergehenden Kapitels zurückgegriffen. Diese unterstützt dabei, die Herausforderungen unter rechtlich-regulatorischen, ökonomischen, technologischen und gesellschaftlichen Blickwinkeln zu betrachten. Die folgenden, übergeordneten Herausforderungen ergaben sich aus der Analyse der Anwendungsfälle dieser Studie und werden im Folgenden – in Gruppen zusammengefasst – beschrieben.

## Hohe Investitionen und laufende Finanzierung

Jeder Anwendungsfall benötigt grundsätzlich eine (laufende) Finanzierung. Die im Rahmen der Studie beleuchteten Use Cases, welche in den Steckbriefen gesondert mit „Investition“ gekennzeichnet sind, sind dabei signifikant investitionsintensiver (z. B. Climeworks & Carbfix, D2N2, Enlil etc.). Dies ist einerseits der Fall, weil der operative Betrieb ressourcenintensiv ist, andererseits aber auch, weil zunächst in eine flächendeckende Basisinfrastruktur investiert werden muss. Für diese Anwendungsfälle bedarf es dann auch einer expliziteren Planung.

Wie auch der Deutsche Städte- und Gemeindebunds bereits in einer Studie aufgezeigt hat, können hohe Investitionen nicht komplett ohne Unterstützung von außerhalb einer Kommune finanziert werden.<sup>146</sup> Public-Private-Partnerships (PPPs), die

<sup>146</sup> Vgl. Expertenmeinung und Hilbig, C. et al., „SMART CITY – Chancen für die kommunale Infrastruktur: Förderkulisse anpassen, Kooperationen stärken!“, 2020, z.B. S. 14.

öffentlich-private Ko-Finanzierung von Projekten, könnten deshalb im Bereich der digitalen Stadt ebenfalls eine wachsende Rolle spielen. Neben der Analyse der einschlägigen Literatur hat sich auch im Rahmen des durchgeführten Expertenworkshops gezeigt, dass die vorhandenen Finanzierungsinstrumente nicht für kommunale Infrastrukturvorhaben im Kontext von Smart City-Konzepten, die über die Kommunen oder Landkreise finanziert werden, ausreichen. Vielfach würden die Fördertatbestände zu kurz greifen und es seien individuellere, konkretere auf die Problemlösung vor Ort zugeschnittene Maßnahmen mit vereinfachten Förderprogrammen und einfacherem Antragsverfahren nötig.<sup>147</sup> Auch die Antragschürden seien zurzeit vielfach zu hoch oder politische Regularien würden Förderprogramme einschränken. Der Deutsche Städte- und Gemeindebund weist in diesem Zusammenhang als Beispiel auf die EU-KMU-Definition hin, die für viele Stadtwerke problematisch ist, da diese durch eine Beteiligung der Kommune von über 25 Prozent nicht mehr unter die KMU-Definition fallen.<sup>148</sup>

Nach Aussage der durch uns befragten Experten werden von Kommunen weiterhin für die finanzielle Bewerksstellung von Smart City-Projekten auf größtenteils gängige Finanzierungsmöglichkeiten zurückgegriffen wie die klassische Bankenfinanzierung, Stadtentwicklungsfonds, Operation Leasings oder auch Anleihefinanzierung. Rein private Infrastrukturinvestoren werden sich eher dann finden, wenn sie im Gegenzug etwas erhalten. Dies könnte die Hoheit über z. B. generierte Daten sein, um damit wiederum neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Hierbei spielt natürlich auch eine Rolle, welche Daten die Bürgerinnen und Bürger bereit sind – im Gegenzug für eine vermeintlich „kostenlose“ Infrastruktur – zur Verfügung zu stellen.

## Bürgerbeteiligung und individuelle (Daten-)Freiheit

Bereits heute verfügt die Stadt über eine beträchtliche Menge an Daten über ihre Bürgerinnen und Bürger und das dazugehörige Mobilitäts- und Arbeitsverhalten. Im Kontext der Smart City werden – insbesondere durch vernetzte Sensorik – weitere Daten hinzukommen, die der Stadt weitreichende Handlungsoptionen eröffnen.<sup>149</sup>

Oft wird im Schrifttum die Frage aufgeworfen, wie man Bürgerinnen und Bürger am besten dazu motivieren und ermutigen kann, einen Beitrag zur Smart City zu leisten.<sup>150</sup> Denn um intelligente Konzepte nutzbar zu machen, müssen diese von den Bewohnern der Städte mit- und weitergetragen werden.<sup>151</sup> Umfragen zeigen, dass mehr als die Hälfte der Deutschen Angst vor der Sammlung personenbezogener Daten im Zusammenhang mit der Smart-City-Entwicklung hat.<sup>152</sup> Eine Einbindung der Menschen ist deshalb essenziell für das Funktionieren der smarten Lösungen. Als wesentliche Hemmnisse gelten – neben den hohen Investitionskosten – vor allem die

---

<sup>147</sup> So auch Hilbig, C. et al., „SMART CITY – Chancen für die kommunale Infrastruktur: Förderkulisse anpassen, Kooperationen stärken!“, 2020 und die Meinungen des Expertenworkshops dieser Studie.

<sup>148</sup> Vgl. Deutscher Städte- und Gemeindebund (2020): Smart City Studie – Fokus auf Infrastruktur wichtig, unter: <https://www.dstgb.de/themen/digitalisierung/aktuelles/smart-city-studie-fokus-auf-infrastruktur-wichtig/>.

<sup>149</sup> BBSR, Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter, 2017, S. 14.

<sup>150</sup> Vgl. z.B. Hasija, Sameer et al., Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, 2019, S. 5.

<sup>151</sup> Schnabel, Frieder; Heydkamp, Constanze; Schmitz, Michael; Braun, Steffen; Albrecht, Philipp; Lonien, Joachim; Rothballer, Carsten; Jacobi, Nikolai; Ullrich, Peter, in: Umweltbundesamt (2020), „Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht,“ Dessau-Roßlau, 2020, S.166.

<sup>152</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

Sorge vor Datenmissbrauch und die Verletzung von Persönlichkeitsrechten in einer vernetzten Welt.<sup>153</sup>

Es stellt sich aber auch die Frage nach der **städteübergreifenden** Speicherung und Verfügbarkeit von Daten und der Zusammenarbeit zwischen Kommunen. Für eine gute Umsetzbarkeit wird es hier insbesondere auf die Regelung des Datenschutzes und die Förderung der Kooperationsbereitschaft zwischen den Kommunen in einem föderalistisch geprägten System ankommen.<sup>154</sup>

Ein Blick in das Ausland zeigt auf, welche Unterschiede es in Bezug auf den Datenschutz gibt, wenn zwar ein Datenschutzgesetz<sup>155</sup> existiert, dies aber nicht für staatliche Akteure gilt:<sup>156</sup> das Social Credit-System in China, das mit rund 626 Millionen Überwachungskameras im öffentlichen Raum in Verbindung mit einer Gesichtserkennungssoftware installiert wurde.<sup>157</sup> Nun gibt es allerdings zwischen maximaler Transparenz und dem vollkommenen Verzicht auf die Sammlung, Aggregation und Analyse von Daten selbstredend ein breites Spektrum von Abstufungen. Daher ist besonders bei einer Umsetzung wie im Use Case U-Green-Service in Eunpyeong u-City fraglich, ob und inwiefern dieser in anderen Städten (z. B. in Europa) rechtlich umgesetzt werden kann und ob die Bewohner der Stadt sich an dem Use Case beteiligen würden. Ansatzpunkte kann man hier aber wiederum in den europäischen und hoch datengetriebenen Anwendungsfällen Chief Technology Office oder City Data Exchange Kopenhagen finden.

Grundsätzlich besteht aber immer ein klarer Zielkonflikt und somit ein großes Spannungsfeld, denn z. B. intelligente Verkehrsführung basiert z. B. darauf, dass die Fahrzeugdaten möglichst aller Verkehrsteilnehmer ausgewertet werden können (z. B. Stationnement intelligent, SFPark oder LumiPark). Die Verhinderung von Staus macht den Verkehr für die Menschen komfortabler und schont die Umwelt. Gleichzeitig scheuen sich viele Menschen davor, ihre Bewegungsprofile wenigstens anonymisiert preiszugeben,<sup>158</sup> obwohl es in anderen Zusammenhängen tagtäglich geschieht.<sup>159</sup>

---

<sup>153</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>154</sup> Vgl. auch ähnlich BBSR, Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter, 2017, S. 15.  
<sup>155</sup> Das neue Personal Information Protection Law (PIPL) wurde am 20. August 2021 verabschiedet und ist zum 1. November 2021 in Kraft getreten. Für die erheblichen Unterschiede zur europäischen und deutschen Datenschutzgesetzgebung vgl. Kipker, D.-K., „Das neue chinesische Datenschutzgesetz PIPL ist da!“, abrufbar unter: <https://community.beck.de/2021/08/22/das-neue-chinesische-datenschutzgesetz-pipl-ist-da>; ähnlich wie in der DSGVO knüpft der Anwendungsbereich des Gesetzes an eine geschäftliche Tätigkeit in China, bei welcher personenbezogene Daten dortiger Bürgerinnen und Bürger verarbeitet werden, so dass auch europäische Unternehmen betroffen sein können. Hieraus folgt dann die Pflicht zur Stellung eines Repräsentanten vor Ort und zur Berichterstattung gegenüber den chinesischen Aufsichtsbehörden.

<sup>156</sup> Das Gesetz zielt vor allem auf private Unternehmen ab. Der Zugriff von staatlichen Stellen auf Unternehmensdaten wird von dem neuen Gesetz nicht beeinträchtigt.

<sup>157</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>158</sup> Vgl. ebenda.

<sup>159</sup> Bereits beim Aufrufen derjenigen Unterseiten, in die eine Karte von Google Maps eingebunden ist, werden Informationen über die individuelle Nutzung von Websites (wie z.B. IP-Adresse) an Server von Google in den USA übertragen und dort gespeichert; vgl. z.B. <https://agfk-bayern.de/datenschutz/>.

## Technische Umsetzung der Digitalisierung und Systemintegration

Hauptsächlich sind technische Herausforderungen der untersuchten Anwendungsfälle solche, die zusammen mit dem Einsatz von neuen, noch nicht erprobten Technologien auftreten, bzw. solche, die im Laufe des Projektes ad hoc erscheinen. Allerdings ist vor allem eine große Herausforderung hervorzuheben, die im Zusammenhang mit strategischen Überlegungen zur Digitalisierung steht. Sensorik ist bekanntlich in der Lage, erhebliche Mengen an Daten, die permanent in die Cloud hochgeladen werden können, zu erzeugen. Leistungsfähige KI-Schaltzentralen sind wiederum in der Lage, große Datenmengen in hoher Geschwindigkeit zu verarbeiten und intelligente, datengetriebene Entscheidungen zu fällen. Private Technologieunternehmen wie Google und Amazon aber auch Tesla verfolgen dabei eine **Datenstrategie**, und der Lautsprecher oder das physische Auto ist fast nur noch ein Objekt, um diese Datensphäre zu ermöglichen. Traditionelle Kommunen oder Energieversorger setzen die Möglichkeiten der Digitalisierung bisher aber in einem anderen Sinne ein – hier ist die Sensorik nur als **Unterstützung** des physischen Objekts und Erlebnisses gedacht, also etwa ein Spannungsmesser, der der Netzleitstelle mitteilt, dass die Spannung abfällt, oder ein Regensensor, der den Scheibenwischer einschaltet.

Blickt man in das Ausland, erkennt man, dass den Anwendungsfällen<sup>160</sup> tatsächlich häufiger Datenstrategien zugrundeliegen, als das in Deutschland der Fall zu sein scheint. Ein zusätzlicher Sensor verursacht zunächst weiteren Datenstrom in die Cloud, verbessert das digitale Abbild des physischen Objekts und seiner Umgebung und perfektioniert es damit als digitales Objekt, was dabei der eigentliche Wert ist. Auf Basis dieser digitalen Abbildung können in den nächsten Jahren immer neue Geschäftsmodelle entstehen, die in jedem Einzelfall ihrem alten analogen Pendant überlegen sind. Integriertes Energiemanagement, datengesteuerte, vollautomatische Energietarife oder automatische Wartung. Die Herausforderung ist hier der Ansatz, wie man digitalisiert. Experten sagen,<sup>161</sup> dass die Digitalisierung längst das Ausmaß der industriellen Revolution hat. Als die erste industrielle Revolution vor etwa 200 Jahren ihren Anfang nahm, arbeiteten rund 70 Prozent der Menschen in der Landwirtschaft. Innerhalb weniger Jahre sank der Anteil drastisch. Heute sind es noch etwas mehr als ein Prozent. Darüber hinaus sind aber weitere Voraussetzungen zu schaffen – nicht zuletzt der Aufbau der notwendigen Infrastruktur. Laternen dienen heute als einfache Lichtquellen in öffentlichen Bereichen. Ausgestattet mit entsprechender Technik können sie zukünftig bedarfsgerecht geschaltet werden, Schadstoffbelastungen und das Verkehrsaufkommen erfassen, um Verkehrsströme auf Basis von Datenanalysen zu steuern, oder auch als Ladepunkte für Elektrofahrzeuge dienen.<sup>162</sup> Bei technisch anspruchsvollen Projekten stellt eben jene feinteilige Planung und die anschließende, integrierend digitale Umsetzung eine Herausforderung dar.

Schon heute lässt sich die Verkehrsführung datenbasiert optimieren, Sensoren helfen dabei, die Wasser- und Energieversorgung effizient und belastbar zu gewährleisten, per Smartphone steuern wir Heizung, Licht und die Türanlagen und elektronische Verwaltungen können den Behördengang überflüssig machen. Der Blick in das Ausland zeigt dazu auf, dass am Reißbrett geplante Smart Cities, wie es sie heute in

---

<sup>160</sup> Beispielhaft sei hier die Datenstrategie von Kopenhagen genannt. Der City Data Exchange ist als Software-as-a-Service-Lösung (SaaS) konzipiert und soll Kauf und Verkauf sowie die gemeinsame Nutzung von Daten aus unterschiedlichen Quellen ermöglichen. Zweck des innerstädtischen Datenaustauschs ist es, öffentliche und private Daten zu sammeln und sie einfach anderen Verbrauchern zugänglich zu machen.

<sup>161</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>162</sup> Vgl. ebenda.

Südkorea, Japan und China bereits gibt, einen Ausblick darauf geben, wie die Stadt der Zukunft in einem integrierten Konzept aussehen könnte. In Deutschland lassen sich solche sektorübergreifenden Konzepte bisher nicht finden,<sup>163</sup> allerdings wird hier auch eher ein lösungsorientierter Ansatz verfolgt.<sup>164</sup> Zwar gibt es vielversprechende und integrierte Konzepte in Europa;<sup>165</sup> die flächendeckende Umsetzung von funktionierenden Einzellösungen hat allerdings noch weiteres Potenzial und es scheint, als ob vor allem kleine Städte eher eine digitale Agenda haben als Metropolen.<sup>166</sup>

## Energiebedarf (der Digitalisierung)

Alle Anwendungsfälle, die digitale Technologie einsetzen, haben dadurch zusätzlichen Energiebedarf. Rechenzentren und Kommunikationsnetze, welche anteilig gemessen werden können und für jede Stadt mit smarten Lösungen benötigt werden, sind große, neue Verbraucher. Der Bedarf an Beiden wird mit wachsenden IT-Lösungen zunehmen, denn alle müssen mit Strom betrieben werden, welcher vorher nicht benötigt wurde. Hier kommt es zu einer Zunahme des Verbrauchs, welcher sich (beim aktuellen Energiemix in Deutschland) in einer Zunahme des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs widerspiegeln würde. Bei einem Zeithorizont bis 2030 zur Digitalisierung der Infrastruktur würden laut einer Studie für Deutschland etwa 18 bis 26 Megatonnen an CO<sub>2</sub> zusätzlich anfallen.<sup>167</sup> Neben den Sektoren Produktion und Energie bestehen in den Städten die größten CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale vor allem beim Thema Mobilität.<sup>168</sup> Hierbei spielt der Individualverkehr eine große Rolle. Wie sich in der Analyse der „verkehrsnahe“ Anwendungsfälle gezeigt hat, bietet die gesamte digitale Verkehrsoptimierung ein großes Einsparpotenzial.<sup>169</sup> Aber vor allem beim Ausbau der Elektromobilität<sup>170</sup> kommt es zu verschiedenen Herausforderungen für Kommunen. Hierbei wird in realen Anwendungsfällen im Ausland ersichtlich, dass die Zielsetzung der jeweiligen Städte nicht immer den real gewünschten Ergebnissen entsprechen.<sup>171</sup> Die Ursachen sind in unterschiedlichen Anforderungen zu sehen. Der Ausbau der Ladesäulen und die Bereitstellung zusätzlicher Kapazitäten zum Betreiben dieser sind bereits zwei Spannungsfelder. Gleichwohl berührt der Ausbau der Elektromobilität<sup>172</sup> auch andere Spannungsfelder. Hier sei exemplarisch mit Blick auf die Smart City Wien der **Energiebedarf der Digitalisierung** sowie die **Reduktion des Individualverkehrs** genannt.<sup>173</sup> Auch zum Betrieb von smarten Lösungen im Mobilitätssektor ist

---

<sup>163</sup> Vgl. ebenda.

<sup>164</sup> Vgl. dazu ausführlich Kapitel 3.1.

<sup>165</sup> Hier ist die dänische Stadt Kopenhagen als ein wichtiges Beispiel für weit fortgeschrittene, städtische Digitalisierung anzuführen (vgl. auch die Kombination mit einem anderen Anwendungsfall, z.B. „Copenhagen Wheel“).

<sup>166</sup> Vgl. hierfür auch „Bist du bereit für die Welt von morgen? FINTROPOLIS – DAS MAGAZIN“, abrufbar unter <https://www.fintropolis.de/article/smart-city>. Der Artikel hebt in Deutschland Aachen, Paderborn oder Lemgo als Positivbeispiele hervor und stuft Berlin, München und Stuttgart als „in der Planungsphase befindlich“ ein.

<sup>167</sup> Vgl. BITKOM, „Klimaeffekte der Digitalisierung, Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz,“ 2021, abrufbar unter [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-10/20211010\\_bitkom\\_studie\\_klimaeffekte\\_der\\_digitalisierung.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf)., S.41.

<sup>168</sup> Vgl. ebenda, S. 8.

<sup>169</sup> Vgl. ebenda, S. 21.

<sup>170</sup> Ina Homeier, Eva Pangerl, Julia Tollmann, Kalojan Daskalow, Johannes Lutter, Herbert Bartik, Michael Cerveny, Johannes Hofinger, Pamela Mühlmann, Matthias Watzak-Helmer, Manfred Mühlberger, „Monitoringbericht 2017, Smart City Wien Rahmenstrategie,“ Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Wien, 2018. S. 12.

<sup>171</sup> Vgl. ebenda, S. 32.

<sup>172</sup> Schnabel, Frieder; Heydkamp, Constanze; Schmitz, Michael; Braun, Steffen; Albrecht, Philipp; Lonien, Joachim; Rothballer, Carsten; Jacobi, Nikolai; Ullrich, Peter, in: Umweltbundesamt (2020), „Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht,“ Dessau-Roßlau, 2020, S. 111.

<sup>173</sup> Ina Homeier, Eva Pangerl, Julia Tollmann, Kalojan Daskalow, Johannes Lutter, Herbert Bartik, Michael Cerveny, Johannes Hofinger, Pamela Mühlmann, Matthias Watzak-Helmer, Manfred Mühlberger,

Elektrizität essenziell. Diese wird bei allen Lösungen benötigt und zur Bereitstellung dieser setzen Städte im Ausland, wie z. B. Wien, zunehmend auf erneuerbare Energien.<sup>174</sup> Jedes Projekt benötigt während des Betriebs eine signifikante Menge an elektrischer Energie, um zu funktionieren. Hierbei muss abgewogen werden, ob der Nutzen entsprechend groß genug ist.

## Zusammenfassung

Fasst man die Erkenntnisse aus der Analyse der Anwendungsfälle bzw. den oben diskutierten Herausforderungen zusammen, ergeben sich Kernherausforderungen bzw. auch Spannungsfelder für die Umsetzung von Smart Cities.

Zum einen besteht die Notwendigkeit, den Beitrag von Smart Cities zur Verbesserung des Lebens der Menschen **besser zu dokumentieren**<sup>175</sup> und gleichzeitig auf sektorale oder multisektorale Weise **Lösungen für einige der häufigsten städtischen Herausforderungen** zu liefern.

Zum anderen hat die **Einbeziehung** von Interessenträgern in die lokale Governance und in Kooperationspartnerschaften zur Stärkung des bürgerschaftlichen Engagements und der Rolle des Privatsektors auf lokaler Ebene (Bürgerbeteiligung und -feedback; Co-Creation- und Co-Produktionsmodelle; bürgerzentrierte Dienste und Engagement-Plattformen) eine hohe Bedeutung.

Darüber hinaus bedeutet – angesichts der Erfahrungen aus dem Ausland – die **Nutzung öffentlich zugänglicher und privater Daten und die Zusammenarbeit** innerhalb/zwischen Städten eine große Herausforderung.<sup>176</sup>

Nicht zuletzt ist es komplex, mithilfe eines **integrierten und ganzheitlichen Ansatzes** städtische Herausforderungen durch digitale Innovation in den Bereichen Governance, Planung und Infrastrukturinvestitionen einer Stadt anzugehen.

Im Gang der Untersuchung hat sich gezeigt, dass eine der größten Herausforderungen die Übertragung von Smart Cities-Konzepten aus anderen **Kultur- und Rechtskreisen** in das europäische **Werte- und Normengefüge** ist, da eine direkte Umsetzung unmöglich, eine indirekte zumindest ambitioniert ist.

---

„Monitoringbericht 2017, Smart City Wien Rahmenstrategie,“ Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Wien, 2018. S. 32.

<sup>174</sup> Vgl. ebenda, S. 31.

<sup>175</sup> Im Zuge der Analyse wurde festgestellt, dass in der Europäischen Union bzw. vor allem in Deutschland ausführlichere Dokumentationen veröffentlicht werden. Dies liegt aus Sicht der Gutachter bzw. auch aus Sicht der befragten Experten vor allem am europäischen/deutschen Förderwesen mit den drei Pflichtdokumenten Förderantrag, Zwischen- und Abschlussbericht.

<sup>176</sup> Dies gilt sowohl für private als auch öffentliche Personen in verschiedenen Maßstäben: national-regional-lokal.

## 4.2 Handlungsempfehlungen

Wie die unterschiedlichen Anwendungsfälle zeigen, existiert eine Vielzahl an Möglichkeiten, moderne Kozepte für und in Smart Cities umzusetzen und die Analyse arbeitet auch die Spannungsfelder und Herausforderungen heraus. Größere Projekte bedürfen einer gesamt-integrativen Planung, vor allem, wenn Städte dafür baulich verändert werden müssen. Hierbei spielt der finanzielle Aufwand eine entscheidende Rolle (bei kleineren Umsetzungsprojekten ist dieser Aspekt jedoch zu vernachlässigen). Solche Projekte, wie z. B. „CityTree“, lassen sich mit einem geringen finanziellen und logistischen Aufwand überall einsetzen.

In der internationalen Umfeldanalyse wurden Ansätze identifiziert, welche von Anfang an bei der Planung und Umsetzung von Smart City-Projekten implementiert und bedacht werden sollten und in diesem Kapitel beschrieben werden. Die Handlungsempfehlungen entspringen dabei vor allem den Einzelanalysen der ausgewählten Anwendungsfälle, aber auch internationaler Positivbeispiele, die nicht im direkten Zusammenhang zu Smart City-Projekten stehen. Durch diese Mikro-Fundierung soll ein Mehrwert für die Akteure in Deutschland, insbesondere Kommunen, die im Umfeld von Smart Cities bereits aktiv sind bzw. dies anstreben, erzielt werden.



Abbildung 27: Übersicht über die Handlungsempfehlungen



## Aufbau eines Projektmonitorings

Hierbei lässt sich von erfolgreichen Projekten ableiten, dass ein dauerhaft angelegtes Monitoring mit regelmäßiger Kontrolle der Zwischenstände langfristigen Fehlentwicklungen vorbeugen kann. Sobald projektspezifische Parameter vom gewollten Ergebnis abweichen, kann frühzeitig gegengesteuert werden. Beispielsweise sieht man an den Anwendungsfällen „City Data Exchange Copenhagen“ oder „Chief Technology Office“, dass Erkenntnisse transparent dokumentiert werden und sinnvolle Anwendungen verstärkt bzw. Anwendungen, die weniger Effekte erzielen, wieder eingestellt werden müssen. Gerade bei hoch digitalisierten Anwendungen sind Feinjustierungen schnell möglich, wenn das Projektmonitoring durchgängig stattfindet. Kleine Veränderungen an wenigen Parametern (z. B. die Einführung eines Preismechanismus<sup>177</sup>) können Anwendungen dann attraktiver machen.

Um sicherzustellen, dass eine Smart City einen erfolgreichen und langfristigen öffentlichen Infrastrukturlebenszyklus erreichen kann, müssen Stadtplaner ihr Projektportfolio an den Zielen für die Transformation der Stadt ausrichten, die operative Leistung bei der Projektabwicklung verbessern und die Nachhaltigkeit der Infrastruktur durch Überwachung und Wartung ermöglichen.<sup>177</sup> Das bedeutet, dass Stakeholder in der Lage sein müssen, die Leistung, die Projektkosten, den Zeitplan und das Risikomanagement zu überwachen. Dazu gehört auch die Miteinbeziehung von Auftragnehmern und Projektänderungen. Dies ist zwar eine große Aufgabe, aber entsprechende Tools können dazu beitragen, die Zusammenarbeit und Transparenz zwischen den Interessengruppen zu fördern, die für die Planung und Ausführung erforderlich sind. Der Blick in das Ausland zeigt hier, dass auch die Rückverfolgung der Finanzierung bis zur einzelnen Transaktionsebene die Akzeptanz fördert.<sup>178</sup>

## Langfristige Finanzierung

Um das Fortbestehen des Projektes sicherzustellen, ist die dauerhafte Finanzierung, welche Hand in Hand geht mit der dauerhaften Wartung und Instandhaltung bzw. dem laufenden Betrieb im Allgemeinen, von Anfang an mitzudenken.<sup>179</sup> Durch eine vorausschauende, langfristige Planung lassen sich die Kosten der Projekte klassifizieren und abschätzen. In der Risikoanalyse sollte unbedingt auch der Prozess des dauerhaften Betriebs und der Wartung enthalten sein. Es empfiehlt sich daher, für die meisten Smart City-Projekte vorab eine Lebenszyklusanalyse durchzuführen. Internationale Erfahrungen zeigen, dass aus Mangel an Vorausschau das Projekt irgendwann „verwaist“. In der Makroanalyse der Studie hat dies manchmal zu einer Nichtauswahl von Anwendungsfällen für die Mikroanalyse geführt. Obwohl etwa eine Idee eines Anwendungsfalles bzw. eines Pilotprojektes erwähnenswert gewesen wäre, es aber aus Kostengründen eingestellt wurde.

Die eigenen kommunalen Haushaltsmittel reichen nämlich vielfach gerade für Infrastrukturvorhaben nicht aus. Daher wünschen sich auch viele kommunale Teilnehmer einer anderen Studie eine staatliche Grundfinanzierung für smarte Infrastrukturen.<sup>180</sup> Dies wurde auch im Expertenworkshop der vorliegenden Untersuchung so bestätigt.

---

<sup>177</sup> Maris, Werner, Smart Cities Need Smarter Project Management, in: Construction global (2020), abgerufen von <https://constructionglobal.com/epc/smart-cities-need-smarter-project-management>.

<sup>178</sup> Vgl. ebenda.

<sup>179</sup> Vgl. Hamilton, Steve und Zhu, Ximon, Funding and Financing Smart Cities, in: The Journal of Government Financial Management, Alexandria, Vol. 66, Iss. 1, 2017, S. 26-33.

<sup>180</sup> Vgl. Deutscher Städte- und Gemeindebund (2020): Smart City Studie – Fokus auf Infrastruktur wichtig, unter: <https://www.dstgb.de/themen/digitalisierung/aktuelles/smart-city-studie-fokus-auf-infrastruktur->

Unser Blick in das Ausland zeigt, dass aus diesen Gründen der bekannte und bewährte Investitionsweg der Kommunalverwaltung durch alternative Hybridansätze ersetzt wird. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus Investitions- und Betriebsausgaben.<sup>181</sup>

Denn im Rahmen der Recherche zu den Anwendungsfällen wurden einzelne Ideen, die nicht unmittelbar inhaltlich mit Smart City-Projekten zusammenhängen oder sich nicht als Use Case im Sinne der Studie eignen, identifiziert. Eines dieser „fachfremden“ Positivbeispiele findet sich im außereuropäischen Ausland zum Thema langfristige Finanzierung: In Indien sind die sog. „State Urban Infrastructure Finance Intermediaries“ als Vermittler in mehreren Staaten bereits eine feste Größe, aber ihre Rolle hat sich im Laufe der Zeit weiterentwickelt. Die ersten davon wurden größtenteils als „Kanal“ eingerichtet, um Mittel aus zentral geförderten und staatlichen Planprogrammen an städtische Stellen weiterzuleiten, die im Wesentlichen als verlängerter Arm des betreffenden Ministeriums für Stadtentwicklung, Wohnungswesen oder Kommunalpolitik fungierten und Pass-Through-Zuschüsse anbieten. Nach und nach ergänzten diese die Kapazitäten der kommunalen Körperschaften, die keine eigenen Projekte konzipieren oder entwickeln konnten, um solche Rollen zu übernehmen. Anschließend begannen sie, Finanzmittel von Banken und anderen Quellen anzubieten – insbesondere internationale Hilfe oder Bankinstitute, die mit der indischen Regierung eigenständige Vereinbarungen haben.<sup>182</sup>

## Umsetzung der Digitalisierung

Wie in den Herausforderungen bereits angesprochen, ist ein erster Schritt zur flächendeckenden Umsetzung die Entwicklung integrierter Konzepte.<sup>183</sup> Um dies zu konzentrieren und voranzutreiben, haben einige Städte im Ausland<sup>184</sup> in den vergangenen Jahren Digital-Abteilungen gegründet und immer häufiger finden sich Chief Digital Officer, also zentrale Digitalverantwortliche, in kommunalen Verwaltungen.<sup>185</sup> Wie beispielsweise der Anwendungsfall U-Green-Service in Eunpyeong u-City gezeigt hat, brauchen IoT- und IoE-Systeme zunächst eine Systeminfrastruktur, um vernetzt werden zu können. Um diese nutzbar zu machen, ist eine Integration in eine vorhandene, intelligente Struktur ein Muss. Ein einzelnes, intelligentes Insel-System kann die volle Kapazität des Systems nicht ausnutzen, da auch Interdependenzen zwischen den Systemen bestehen. Ein weiterer, möglicher Schritt auf der administrativen Seite ist die Nutzung von Digital Twins für Organisationen (DTOs).<sup>186</sup> Solche DTO-Prozesse sind nicht nur revisionssicher<sup>187</sup>,

---

wichtig/ und Hilbig, C. et al., „SMART CITY – Chancen für die kommunale Infrastruktur: Förderkulisse anpassen, Kooperationen stärken!“, 2020.

<sup>181</sup> Vgl. Verdict (2020): Smart cities: Key macroeconomic trends revealed, unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

<sup>182</sup> KPMG (2021): Road to sustainable smart cities – Challenges, opportunities and emerging trends, S. 28. unter: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/in/pdf/2021/03/Road-to-sustainable-smart-cities.pdf>.

<sup>183</sup> Vgl. alle betrachteten Anwendungsfälle mit einem Digitalisierungsrad/„Subindikator Digitalisierung“ von wenigstens „eher hoch“.

<sup>184</sup> Vgl. den oben beschriebenen Anwendungsfall aus Amsterdam. <https://amsterdamsmartcity.com/network/chief-technology-office>.

<sup>185</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>186</sup> Ein DTO bietet eine Reihe von Vorteilen: Er gewährt befugten Nutzern transparenten Einblick in eine Organisation und erlaubt somit die Nachvollziehbarkeit und Überprüfbarkeit von Abläufen und Workflows. In dieser Position kann der Nutzer jederzeit für klar strukturierte Prozesse sorgen, etwa indem er auf BPMN-Editoren (Business Process Model and Notation) zurückgreift. Der DTO erlaubt es, verschiedene Entscheidungsszenarien zu simulieren und ihre Folgen zu bewerten.

<sup>187</sup> Nicht nur die Kommunikation erfolgt ausschließlich innerhalb einer geschützten Cloud-Anwendung, sondern auch die komplette Dokumentenverwaltung im Archiv. Das bedeutet, dass jedes Dokument, jede

sondern sind in der Regel optimiert und erlauben aufgrund dessen schnellere Durchlaufzeiten.

## Flexibles Vorgehen anstatt starrer Strategie

Im Ausland kann man erkennen, dass sich auch eine Gruppe von Städten wie New York und Boston<sup>188</sup>, von der Entwicklung starrer, stadtweiter digitaler Masterpläne entfernt. Dies wird mit der Geschwindigkeit des Technologiewandels begründet. Der stellvertretende CTO von New York, Jeremy Goldberg, sagt dazu: „Die Technologie entwickelt sich so schnell, dass Sie, wenn Sie zu viel Zeit mit der strategischen Planung verbringen, einen Plan entwerfen, der in einem Jahr möglicherweise nicht mehr relevant ist“<sup>189</sup>. Auch Boston hat keinen technologiespezifischen Strategieplan, während West Hollywood und Montreal ebenfalls die Notwendigkeit betont haben, lebendige statt statischer Strategiedokumente zu haben.<sup>190</sup>

Auch in den betrachteten Anwendungsfällen (wie z. B. die der Stadt Kopenhagen oder der Stadt Amsterdam) wurde ersichtlich, dass weniger erfolgreiche „Unterprojekte“ entweder angepasst werden (eine Änderung an zu verarbeitenden Parametern) oder die Ressourcen für neue Ideen verwandt werden. Digitalisierung ist auch in der Praxis kein Selbstzweck, allerdings zeigt die Untersuchung, dass digitale Anwendungen oft flexibel angepasst werden können.

## Sicherstellung des laufenden Betriebs

Wie oben unter „Langfristige Finanzierung“ bereits angesprochen, ist die wirtschaftliche Tragfähigkeit jeder Smart City-Initiative entscheidend für ihren langfristigen Erfolg. Selbst die neueste Idee mit enormem Potenzial zur Verbesserung des Stadtbetriebs kann ihr Versprechen nie halten, wenn sie sich als wirtschaftlich nicht tragbar erweist. Wie bei jeder Geschäftsstrategie, ist eine sorgfältige Analyse erforderlich, um Trade-Offs (nicht nur die Effekte erster Ordnung) zu bewerten, die die Wirksamkeit einer solchen Initiative bestimmen können.<sup>191</sup> Aber die Analyse muss auch in einem anderen Bereich erfolgen: Um einen dauerhaften Betrieb der Projekte zu gewährleisten, ist es wichtig, dass diese tatsächlich auch „funktionieren“. Bei einfachen Projekten kann dies oft durch Bürgerbeteiligung gelöst werden (wie z. B. mithilfe von Patenschaften), bei technisch anspruchsvollen Projekten ist, wie eigentlich alle beleuchteten Use Cases aus dem Ausland zeigen, eine technische Projektbegleitung durch die Stadtverwaltung nötig. Ob es sich hierbei um eine App handelt, die Updates benötigt, um neue Sicherheitszertifikate zu erhalten und auf den neuesten Betriebssystemen zu funktionieren, oder um eine technische Wartung einer Anlage, der laufende Betrieb muss an das sich ändernde Umfeld angepasst werden können.<sup>192</sup>

---

Tabelle und jedes Bild verschlüsselt und für Befugte leicht auffindbar im System abgelegt, versioniert, verwaltet und verarbeitet wird.

<sup>188</sup> Boston hat signalisiert, dass Großstädte genug von ineffektiven Pilotprojekten haben. In ihrem Smart Cities Playbook teilte die Stadt den Anbietern mit, dass die Mitarbeiter der Stadt offen dafür wären, mehr zu erfahren, wenn eine neue Technologie oder ein neuer Datensatz zur Lösung eines bestimmten Problems für einen Teil der Bevölkerung Bostons beitragen kann. Vgl. zum Thema „Pilotmüdigkeit“ hierfür <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

<sup>189</sup> Vgl. Verdict (2020): Smart cities: Key macroeconomic trends revealed, unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

<sup>190</sup> Vgl. Verdict (2020): Smart cities: Key macroeconomic trends revealed, unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

<sup>191</sup> Hasija, Sameer et al., Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, 2019, S. 11.

<sup>192</sup> Auch sollten von Beginn an auch technologische Alternativen erwogen werden. So können manche Städte auch von weniger bandbreitenintensiven Smart-City-Anwendungen profitieren, wenn Low-Power Wide Area Networks (LPWAN) ausgerollt werden, die einen breiten Einsatz von Sensoren mit deutlich

## Regionale Zusammenarbeit und Bürgerbeteiligung

Die in Deutschland etablierte Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Wirtschaft (z. B. über die bekannten Spitzenverbände wie DStGB, VKU oder andere Netzwerke) hat eine lange Tradition. Auch in Asien findet eine regionale Zusammenarbeit zur Entwicklung von Smart Cities statt. Die Mitglieder des Verbands Südostasiatischer Nationen (ASEAN) wollen dem Beispiel Chinas und Südkoreas folgen und die Akzeptanz von Technologie in städtischen Gebieten erhöhen. Japan übt seinen Einfluss mit 200 japanischen Unternehmen und Organisationen aus, die Dienstleistungen für ASEAN-Staaten anbieten. In 26 Städten wurden Projekte vorgeschlagen, darunter Hanoi Plan zur Entwicklung eines intelligenten Verkehrsleitsystems und Mandalays Einführung eines Systems zur Analyse und Verwaltung von Verkehrsdaten.<sup>193</sup>

Aus kommerzieller Sicht sind Smart Cities-Lösungen oft auf Start-ups und Technologieunternehmen angewiesen, mit einem „Data-as-a-Service“-Geschäftsmodell. Viele der Firmen, die Crowdsourcing-Input mit Dritten teilen, gewährleisten den Datenschutz, da sie Datensätze entpersonalisieren und anonymisieren. Aber es ist nicht klar, ob die Endnutzer solchen Zusicherungen tatsächlich vertrauen, da das Bewusstsein für die Risiken der gemeinsamen Nutzung von Daten steigt.<sup>194</sup>

Um eine höchstmögliche Akzeptanz zu erreichen, empfiehlt es sich also, dabei keinen Top-Down Ansatz zu wählen, sondern die Bürgerinnen und Bürger zu integrieren (Ein Negativbeispiel ist sicherlich die Stadt Songdo<sup>195</sup> in Südkorea<sup>196</sup>). Ein Bottom-Up Ansatz lässt sich bei verschiedenen Projekten durch integrative Ansätze erreichen. Bürgerinnen und Bürger können Verantwortung übernehmen, indem sie z. B. Baumpate beim Projekt „City Tree“ werden. Somit werden die Hürden des Projekts abgebaut und es entsteht ein Zugehörigkeitsgefühl. Es wird aus einem abstrakten Projekt ein „Meine Stadt“ und ein „Wir-Gefühl“. Smart Cities sind in der Regel größere städtische Zentren, aber der Begriff wird immer häufiger verwendet, um Gemeinden jeder Größe einzubeziehen. Ziel ist es nicht nur, intelligentere Stadtgebiete zu schaffen, sondern auch die Verbindungen zwischen den Gemeinschaften zu fördern. Intelligente Gemeinschaften übernehmen Technologie, machen sie jedoch nicht aktiv zu ihrem Schwerpunkt. Stattdessen suchen sie visionäre, gemeinschaftsbasierte Lösungen für ihre dringendsten Probleme.<sup>197</sup>

## Außendarstellung

Um eine breite Öffentlichkeit über das Projekt zu informieren, sollte dieses über viele Medien gestreut kommuniziert werden. Heutzutage reicht eine Meldung auf einer

---

geringeren Betriebskosten ermöglichen. Vgl. dazu McKinsey Global Institute (2018): Smart Cities: Digital solutions for a more livable future, S. 24.

<sup>193</sup> Vgl. Verdict (2020): Smart cities: Key macroeconomic trends revealed, unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

<sup>194</sup> Als Beleg dafür steht das Smart City-Projekt von Sidewalk Labs (von der Firma Alphabet Inc.) in Toronto, das wegen der Bedenken im Zusammenhang mit dem Teilen von Daten entgleiste. Vgl. hierfür Hasija, Sameer et al., Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, 2019, S. 5f.

<sup>195</sup> Songdo in Südkorea galt als bahnbrechendes Beispiel einer Smart City, hat sich jedoch zu einem Negativbeispiel entwickelt. Die Stadt hat Schwierigkeiten, Einwohner und wirtschaftliches Leben anzuziehen, da sie als künstliches Konstrukt geplant wurde und es an menschlicher Planung und Innovation fehlte. Vgl. Bloomberg (2018), verfügbar unter: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-06-22/songdo-south-korea-s-smartest-city-is-lonely>.

<sup>196</sup> Petitte, Harry; White, Chris (2018): „A glimpse into the future? \$39 billion high-tech smart city in South Korea turns into a 'Chernobyl-like ghost town' after investment dries up“, abgerufen von <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5553001/28-billion-project-dubbed-worlds-Smart-City-turned-Chernobyl-like-ghost-town.html>.

<sup>197</sup> Vgl. Verdict (2020): Smart cities: Key macroeconomic trends revealed, unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>.

möglicherweise veralteten Stadt-Webpage nicht mehr aus. Verknüpfungen über soziale Medien oder Einrichtung eines Kanals für das Projekt helfen dabei, verschiedene Personen anzusprechen. Hierüber kann der Baufortschritt bei einem größeren Projekt kommuniziert werden. Aktuelle Fotos und Meldungen könnten Fortschritte kontinuierlich zeigen und auch Bürgerbeteiligung fördern, wenn diese direkt interagieren und Verbesserungen vorschlagen können. Insgesamt ist eine Bündelung dieser Maßnahmen sicher hilfreich, die Projekte umzusetzen und langfristig betreiben zu können.

Big Data-Analysen können einen Beitrag zur individualisierten oder zielgruppenspezifischen Information und Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern leisten. Bürgerbeteiligungsverfahren lassen sich dadurch sowohl präziser als auch transparenter vorbereiten. Planungsprozesse werden durch die geschaffenen Entscheidungsgrundlagen und die bessere Vorbereitung deutlich verschlankt; Argumentationslinien können nachvollziehbarer dargestellt werden. Unternehmen nutzen bereits seit mehreren Jahren Big Data-Analysen, um ihre zukunfts- und kundenorientierte Entwicklung zu unterstützen.<sup>198</sup>

Auch weit über die Ansprache hinaus wird der Umgang mit großen und komplexen Datenmengen zu einer immer wichtigeren Schlüsselqualifikation, da andernfalls Wettbewerbsnachteile zu befürchten sind. Laut BBSR herrscht im kommunalen Umfeld jedoch Skepsis, wie groß der Einfluss von z. B. Big Data-basierten Szenarioanalysen im Entscheidungsprozess der Stadtentwicklung sein wird.<sup>199</sup>

## Datennutzung regeln

Wie kann man effektive Datenverwaltungs- und Betriebsmodelle entwickeln, die den Datenschutz und die Rechte der Endnutzer bei gleichzeitiger Gewährleistung des Zugangs zu Daten zum Aufbau von Smart City-Lösungen in Balance halten? Eine mögliche Lösung ist die Einrichtung von sog. „Data Trusts“, die unterschiedliche Datensätze auf standardisierte und zugängliche Weise erheben und hinterlegen.<sup>200</sup> Ein Data Trust wird als „rechtliche Struktur“ definiert, die eine unabhängige Datenverwaltung durch Dritte ermöglicht.<sup>201</sup> Der Blick auf die internationalen Anwendungsfälle hat gezeigt, dass die Lösungen von der Bevölkerung angenommen werden, wenn die vorherrschende Datenangst transparent kommuniziert und aufgelöst werden kann. Dazu muss den Bürgerinnen und Bürgern eine Sicherheit geboten werden, dass das Konzept der Stadt, in der Sie leben, resilient gegenüber Stör- und Hackerangriffen ist.

Eine andere Möglichkeit ist der Ansatz der Stadt Kopenhagen, der marktplatzbasierte (Opt-in-)Mechanismen einrichtet, um Transaktionen zwischen Eigentümern (z. B. Endbenutzern oder Organisationen, die Daten sammeln) und Käufern (z. B. Start-ups, die Dienste mithilfe von Daten aufbauen) zu ermöglichen. Die Hauptidee besteht darin, Transparenz darüber zu schaffen, wer welche Daten teilt und sowohl Verkäufern als auch Käufern wirtschaftliche Anreize zur Teilnahme zu bieten.<sup>202</sup>

Es bedarf auch einer flächendeckenden, ausgezeichneten Verbindung mit schneller Datenübertragung, die eine schnelle und sichere Verbindung ermöglicht, eine geringe

---

<sup>198</sup> BBSR, Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter, 2017, S. 32.

<sup>199</sup> Vgl. ebenda.

<sup>200</sup> Vgl. Hasija, Sameer et al., Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, 2019, S. 6.

<sup>201</sup> Die City of London kooperiert z.B. mit dem „Open Data Institute“, um ein Betriebsmodell zu erproben. Vgl. ebenda mit Verweis auf <https://medium.com/@SmartLondon/piloting-data-trusts-and-an-opportunity-461cd3d53aa8>.

<sup>202</sup> Vgl. Hasija, Sameer et al., Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, 2019, S. 7.

Strahlenbelastung aufweist und kosteneffizient ist. Hier kommen beispielsweise wiederum Netzwerke als "Long Range Wide Area" (LoRaWAN) in Frage, aber auch die neue energiewirtschaftliche Kommunikationsinfrastruktur des Smart Meter Gateways mit seinen Schnittstellen würde sich hierfür potenziell eignen. Der Vorteil Letzterer wäre, dass hier das Datenschutzrecht sehr restriktiv angewendet wird und abschließend im Messstellenbetriebsgesetz geregelt ist. Auch eignet sich die Infrastruktur künftig für Anwendungsfälle, die über die reine Zählerfernablesung hinausgehen. Jedoch ist der Standard bisher nur in Deutschland etabliert.<sup>203</sup>

Umso wichtiger ist es, dass die Politik in der EU möglichst bald weitere Rahmenbedingungen für die Datennutzung im Zusammenhang mit Smart Cities-Anwendungen absteckt. So lange kein verlässlicher Rahmen vorliegt, werden private Investoren allenfalls sehr zögerlich in den Markt eintreten.<sup>204</sup> In einer Demokratie gilt es auch, einen Mittelweg zwischen höchstmöglicher Datensparsamkeit und vollkommener Datentransparenz zu finden, der die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger findet. Denn nur so wird sich ein gesellschaftlicher Konsens finden lassen zwischen dem, was technisch möglich ist, und dem, was mit individuellen Freiheiten vereinbart werden kann.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die internationale Umfeldanalyse hat gezeigt, dass Smart Cities-Lösungen in Deutschland den örtlichen Gegebenheiten entsprechen sollten, es gibt keinen pauschalen Ansatz.

Die Fokussierung des flächendeckenden Breitbandausbaus ist für die Smart City-Lösungen zwar ein Hebel, aber nicht unbedingt erforderlich, wie nationale und internationale Erfahrungen mit Niedrigenergie weitnetzwerken (LoRaWAN und Narrowband-IoT) zeigen. Auch ist in Deutschland mittelfristig eine Nutzung der Smart Meter Gateway-Infrastruktur für Smart Cities-Anwendungen denkbar, da diese Vorteile in Bezug auf Datensicherheit und Datenschutz bietet.

Die Sicherstellung der langfristigen Finanzierung und der Schulung von IT- und Kommunikationskompetenzen der Mitarbeiter der öffentlichen Verwaltung sind ebenso erfolgskritisch wie die Institutionalisierung des Know-how-Transfers zwischen den Kommunen.

Die Entwicklung von Partnerschaftsmodellen zwischen öffentlicher Hand und privater Wirtschaft kann ein Modell sein, allerdings wurden verschiedene, andere Hybrid-Finanzierungsformen aufgezeigt.

Umfragen in Deutschland zeigen, dass mehr als die Hälfte der Deutschen Angst vor der Sammlung personenbezogener Daten im Zusammenhang mit der Smart City-Entwicklung hat<sup>205</sup> und auch im Ausland wurde in den zitierten Studien als eine der wichtigsten Erfahrungen festgehalten, dass der Umgang mit der Datensicherheit, der Datenhoheit und dem Datenschutz erfolgskritisch ist.

---

<sup>203</sup> Vgl. ausführlich zu den Möglichkeiten einer Nutzung der intelligenten Messsysteme Einhellig, L. et al., Smart Grid 2019 – Netzdienliche Leistungen über Smart Metering als neues und standardisiertes Instrument im Verteilernetz, abrufbar unter <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Deloitte-Smart-Grid-Studie-2019.pdf>.

<sup>204</sup> Vgl. Kleibrink, Jan und Schrinner, Axel, <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>, mit Verweis auf Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrinner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.

<sup>205</sup> Vgl. ebenda.

Kommunen sollten also frühzeitig ihre strategischen Handlungsfelder der Smart City für sich identifizieren und definieren. Schwerpunkte können z. B. eine höhere Effizienz der Verwaltung, mehr Transparenz und Partizipation, das Erreichen konkreter Klimaziele, optimierte Mobilität und Verkehrsabläufe oder die regionale Innovations- und Wirtschaftsförderung sein. Bei der Strategieentwicklung sollten auch mögliche räumliche Wirkungen der Digitalisierung wie veränderter Verkehrsaufwand, andere Flächenbedarfe oder neue Stadtumbaupotenziale berücksichtigt werden. Einzelne strategische Handlungsfelder und Initiativen sowie die Vernetzung von Infrastrukturen sollten daraufhin geprüft werden, ob sie den Zielen der nachhaltigen und integrierten Stadtentwicklung dienen und welche Auswirkungen sie haben. Ein neuer Prüfstein für Maßnahmen und technische Lösungen ist ihre Skalierbarkeit, um sie von der Testanwendung auf die gesamte Kommune ausdehnen zu können.<sup>206</sup>

Bisher benötigen Städte aufgrund ihrer heterogenen Strukturen jedoch häufig maßgeschneiderte Lösungen. Diese sind um ein Vielfaches kostenintensiver als Standardlösungen. Die Standardisierung der Daten und der kommunalen Angebote sollte daher stärker in den Vordergrund rücken. Im interkommunalen Austausch lassen sich gemeinsam abgestimmte Lösungen zur Standardisierung und daraus dann entsprechende Instrumente entwickeln, die von vielen Kommunen eingesetzt werden können. Im Idealfall führt der interkommunale Austausch zu einer sich selbst verstärkenden Effizienzspirale.<sup>207</sup>

Abschließend möchten die Autoren auf die zusammenfassenden Erkenntnisse aus dem „1. OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth“<sup>208</sup> hinweisen, welche ebenfalls abstrakte Leitplanken für die Umsetzung von Smart Cities sein können und auf der Erfahrung vieler, internationaler Smart Cities-Initiativen fußen:

Während die digitale Revolution ein beispielloses Zeitalter bietet, um die Leben von Millionen Stadtbewohnern zu verbessern, gibt es keine Garantie dafür, dass die rasche Verbreitung neuer Technologien automatisch allen Menschen voll zugutekommt. Smart City-Politik muss deshalb ein Instrument zur Verbesserung des (nicht nur ökonomischen) Wohlstands aller Menschen konzipiert, implementiert und überwacht werden. Smart Cities zu bauen ist nicht nur Sache der Städte oder des Privatsektors. Nationale Regierungen können und sollten eine förderliche Rolle spielen, um die Bereitstellung innovativer Lösungen und den Aufbau von Kapazitäten und die Skalierung zu unterstützen. Das Monitoring des Smart City-Erfolges ist eine komplexe Aufgabe, die jedoch dringend erforderlich ist. Das Messen erfordert einen sektorübergreifenden und flexiblen Rahmen, der abgestimmt auf lokale/regionale und nationale strategische Prioritäten ist und als Indikatoren sowohl Effizienz, Effektivität als auch Nachhaltigkeitsdimensionen umfasst. Smart Cities brauchen eine smarte Governance. Geschäfts- und Vertragsmodelle müssen sich schnell an sich verändernde, städtische Umgebungen anpassen. Manchmal muss der Gesetzgeber dabei neu regulieren, anstatt einfach nur zu deregulieren und die öffentliche Auftragsvergabe zu stärken. Zuletzt, Bürgerinnen und Bürger sind nicht nur Empfänger, sondern auch Akteure der Smart City-Politik.<sup>209</sup> Die Frage, wie tragen Smart Cities zur Erreichung von Nachhaltigkeits- und Klimaschutzzielen bei, konnte beantwortet werden. Denn die vorliegende Studie hat gezeigt, dass es international viele Ansätze zur CO<sub>2</sub>-Reduktion gibt, die auf Deutschland erfolgreich übertragen werden könnten. Allerdings ist sie nur ein Startpunkt und es gibt – vor allem in der

---

<sup>206</sup> Vgl. BMU (2017): Smart City Charta, Kurzfassung, S. 10, unter: [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/themen/building-housing/city-housing/smart-city-charter-short.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/themen/building-housing/city-housing/smart-city-charter-short.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

<sup>207</sup> Vgl. BBSR (2017): Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter, S. 40.

<sup>208</sup> OECD (2020) Smart Cities and Inclusive Growth - Building on the outcomes of the 1st OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth, S. 7.

<sup>209</sup> Vgl. ebenda, S. 7.

Einzel Fallbetrachtung von Anwendungsfällen – noch weiteren Forschungsbedarf. Eine international standardisierte Katalogisierung von Use Cases würde nicht nur Kommunen in Deutschland einen Mehrwert bieten, sondern auch den Forschenden einen strukturierten Vergleich ermöglichen. Desweiteren hat sich gezeigt, dass vor allem kommunale Datenplattformen ein hohes Potenzial für Anwendungen haben, die die konvergenten Sektoren Energie, Wohnen und Mobilität im Sinne einer integrierten Energiewende näher zusammenbringen.



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Studie .....	12
Abbildung 2: Weitere Eingrenzung der Auswahl.....	15
Abbildung 3: Das Vorgehen in sechs Schritten.....	16
Abbildung 4: Zwei Hauptansätze zur Entwicklung zu einer Smart City.....	23
Abbildung 5: Was alle Sektoren verbindet: Der Fortschritt bei den Querschnittsthemen von Smart Cities bestimmt die Richtung der Einzelmaßnahmen in der individuellen Daseinsvorsorge.....	25
Abbildung 6: Ziele einer Smart City.....	27
Abbildung 7: Bewertungsgrundlage der Indikatoren.....	30
Abbildung 8: Bewertung Chief Technology Office .....	32
Abbildung 9: Bewertung City Data Exchange Copenhagen .....	34
Abbildung 10: Bewertung CityTree .....	36
Abbildung 11: Bewertung Climeworks und Carbfix .....	38
Abbildung 12: Bewertung Copenhagen Wheel .....	41
Abbildung 13: Bewertung D2N2.....	43
Abbildung 14: Bewertung Enlil.....	45
Abbildung 15: Bewertung LumiPark .....	47
Abbildung 16: Bewertung Mobility Urban Values.....	49
Abbildung 17: Bewertung Mountain Towers .....	51
Abbildung 18: Bewertung RemiHub .....	53
Abbildung 19: Bewertung SFPark.....	55
Abbildung 20: Bewertung Smart local thermal districts .....	57
Abbildung 21: Bewertung Stationnement intelligent .....	59
Abbildung 22: Bewertung U-Green-Service in Eunpyeong u-City .....	61
Abbildung 23: Bewertung Grow Smarter .....	64
Abbildung 24: Bewertung REPLICATE .....	66
Abbildung 25: Übersicht über die Use Cases.....	67
Abbildung 26: Analyse der Herausforderungen bei der Umsetzung auf Basis der identifizierten Spannungsfelder .....	7
Abbildung 27: Übersicht über die Handlungsempfehlungen .....	76

# Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1.] About Smart Cities (2021): Seoul. unter: <https://www.aboutsmartcities.com/smart-city-seoul/>. [16.03.2023]
- [2.] Adams, W.M. (2006). The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century, abgerufen von <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Rep-2006-002.pdf>. [16.03.2023]
- [3.] Ajuntament de Barcelona (2020): Barcelona Data Sheet 2020 – Main economic indicators for the Barcelona area. unter: [https://www.barcelona.cat/internationalwelcome/sites/default/files/datasheet2020\\_web\\_eng\\_0\\_5.pdf](https://www.barcelona.cat/internationalwelcome/sites/default/files/datasheet2020_web_eng_0_5.pdf) [27.03.2023]
- [4.] Amsterdam Smart City (2021): Projects for you. unter: <https://amsterdamsmartcity.com/updates/project>. [16.03.2023]
- [5.] Atkinson, Robert D., Daniel D. Castro (2008). Digital Quality of Life: Understanding the Personal and Social Benefits of the Information Technology Revolution, abgerufen von <http://www.itif.org/files/DQOL.pdf>. [16.03.2023]
- [6.] Australian Government Department of the Prime Minister and Cabinet: Smart Cities Plan (2016), abgerufen von [https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/migrated/cities/smart-cities/plan/files/Smart\\_Cities\\_Plan.pdf](https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/migrated/cities/smart-cities/plan/files/Smart_Cities_Plan.pdf). [13.03.2023]
- [7.] Bable (2017): Smart local thermal districts. unter: <https://www.bable-smartcities.eu/explore/use-cases/use-case/smart-local-thermal-districts.html>. [13.03.2023]
- [8.] Baur, Lucia; Henkel, Joachim; Karlin, Niklas; Leeger, Sven und Mayer, Valentin (Technische Universität München) (2022): Smart Cities in Deutschland 2022 Technologien, Anwendungsfälle und Partizipation, abgerufen von [https://papers.ssrn.com/sol3/Data\\_Integrity\\_Notice.cfm?abid=4245680](https://papers.ssrn.com/sol3/Data_Integrity_Notice.cfm?abid=4245680). [13.03.2023]
- [9.] BITKOM (2021), „Klimaeffekte der Digitalisierung, Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz,“ abrufbar unter [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-10/20211010\\_bitkom\\_studie\\_klimaeffekte\\_der\\_digitalisierung.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf). [16.03.2023]
- [10.] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017). Die Weisheit der Vielen – Bürgerbeteiligung im digitalen Zeitalter, abrufbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2017/smart-cities-buergerbeteiligung-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2017/smart-cities-buergerbeteiligung-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2). [16.03.2023]
- [11.] BBSR und BMU (2017). Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Kurzfassung, abrufbar unter [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/themen/building-housing/city-housing/smart-city-charter-short.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/themen/building-housing/city-housing/smart-city-charter-short.pdf?__blob=publicationFile&v=1). [16.03.2023]
- [12.] BBSR und BMU (2017), Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Langfassung, abrufbar unter <https://www.smart-city-dialog.de/wp-content/uploads/2019/12/smart-city-charta-langfassung.pdf>. [16.03.2023]

- [13.] Beckhoff (o.D.): Smart City: Digitalisierung wird zum Zukunftskriterium für die Entwicklung von Städten und Gemeinde, abrufbar unter <https://www.beckhoff.com/de-de/branchen/smart-city/>. [16.03.2023]
- [14.] Belissent, Jennifer (2010): Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models, abrufbar unter <https://www.forrester.com/report/Getting+Clever+About+Smart+Cities+New+Opportunities+Require+New+Business+Models/RES56701>. [16.03.2023]
- [15.] Bizer, Christian, Tom Heath, Tim Berners-Lee (2009). Linked data – the story so far, abrufbar unter [https://www.researchgate.net/profile/Christian-Bizer/publication/225070216\\_Linked\\_Data\\_The\\_Story\\_so\\_Far/links/00b7d536117cae b8b000000/Linked-Data-The-Story-so-Far.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christian-Bizer/publication/225070216_Linked_Data_The_Story_so_Far/links/00b7d536117cae b8b000000/Linked-Data-The-Story-so-Far.pdf). [16.03.2023]
- [16.] BMWK (o.D.). Cloudbasierte Datenplattform für smarte Kommunen, unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/66-smart-city-data-platform/use-case.html> [09.03.2023]
- [17.] BMWK (o.D.): Der deutsche Gaia-X Hub, unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>. [06.03.2023]
- [18.] Bouskela, M. et al. (2016). The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City, abrufbar unter <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Road-toward-Smart-Cities-Migrating-from-Traditional-City-Management-to-the-Smart-City.pdf>. [16.03.2023]
- [19.] Bowers, Keith; Buscher, Volker, Dentten, Ross; Edwards, Matt; England, Jerry; Enzer, Mark; Parlikad, Ajith Kumar; Schooling, Jennifer (o.D.) in: University of Cambridge – Centre for Smart Infrastructure & Construction, “Smart Infrastructure Getting more from strategic assets”, abrufbar unter <https://www.smartinfrastructure.eng.cam.ac.uk/system/files/documents/the-smart-infrastructure-paper.pdf>. [16.03.2023]
- [20.] Calzda, I. (2020): Replicating Smart Cities: The City-to-City- Learning Programme in the Replicate EC-H2020-SCC Project. unter: <https://www.mdpi.com/2624-6511/3/3/49>. [16.03.2023]
- [21.] Carbon Disclosure Project (2021). Cities A List 2021, abrufbar unter: <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores/cities-a-list-2021>. [06.03.2023]
- [22.] Carbon Disclosure Project (2021). City-wide Emissions, abrufbar unter <https://data.cdp.net/Emissions/2021-City-wide-Emissions/tmta-7i7p>. [06.03.2023]
- [23.] Carbon Disclosure Project (2022). Cities A List 2022, abrufbar unter <https://www.cdp.net/en/cities/cities-scores>. [06.03.2023]
- [24.] Chee-Yee Chong und S. P. Kumar (2003). Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges, in Proceedings of the IEEE, abrufbar unter <https://www.ics.uci.edu/~dsm/ics280sensor/readings/intro/chong.pdf>. [16.03.2023]
- [25.] City of Amsterdam (o.D.): Chief Technology Office, unter <https://amsterdamsmartcity.com/network/chief-technology-office> [16.03.2023]
- [26.] City of Helsinki (2022): Helsinki facts and figures 2022. unter: [https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/22\\_06\\_15\\_Helsinki\\_facts\\_and\\_figures\\_2022.pdf](https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/22_06_15_Helsinki_facts_and_figures_2022.pdf) [27.03.2023]
- [27.] Cleanthinking (2020): Carbfix und Climeworks weiten unterirdische CO<sub>2</sub>-Einlagerung auf Island aus. unter: <https://www.cleanthinking.de/carbfix-limeworks-unterirdische-co2-einlagerung-auf-island/>. [16.03.2023]
- [28.] D2N2 (2018): Charging Information – D2N2 Charging Network. unter: <https://network.bppulse.co.uk/d2n2/charging-information/>. [16.03.2023].
- [29.] D2N2 (2021): About D2N2. unter: <https://d2n2lep.org/about/>. [16.03.2023]
- [30.] Deutscher Städte- und Gemeindebund (2020). Smart City Studie – Fokus auf Infrastruktur wichtig, unter <https://www.dstgb.de/themen/digitalisierung/aktuelles/smart-city-studie-fokus-auf-infrastruktur-wichtig/>. [16.03.2023]

- [31.] Drammeh, N. (2020). Helsinki stellt die Weichen für die Zukunft. unter <https://kommunal.de/helsinki-digitale-zukunft>. [16.03.2023]
- [32.] Einhellig, L, Kappl, J. et al. (2019), in: Deloitte, Smart Grid 2019 – Netzdienliche Leistungen über Smart Metering als neues und standardisiertes Instrument im Verteilernetz, abrufbar unter <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Deloitte-Smart-Grid-Studie-2019.pdf>. [16.03.2023]
- [33.] EnBW (o.D.): Smart Cities. unter <https://www.enbw.com/energie-entdecken/gesellschaft/smart-cities/>. [16.03.2023]
- [34.] Energyload (2019): Enlil: Mini-Windkraftanlage für die Stadt. unter <https://energyload.eu/energiewende/international/enlil-mini-windkraftanlage/>. [16.03.2023]
- [35.] Europäische Kommission (2022): Smart Cities and Communities, unter: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/smart-cities-and-communities>. [06.04.2023]
- [36.] Europäische Kommission (2022), Horizon 2020 Mobility Urban Values. unter: <https://cordis.europa.eu/project/id/723521>. [16.03.2023]
- [37.] Fintropolis (2019), „Bist du bereit für die Welt von morgen? FINTROPOLIS – DAS MAGAZIN“, abrufbar unter <https://www.fintropolis.de/article/smart-city>. [16.03.2023]
- [38.] Forum Virium Helsinki (2021). Lumipark – integrating parking and smart lightning in Helsinki. unter: <https://forumvirium.fi/en/integrating-parking-and-smart-lighting-in-helsinki/>. [16.03.2023]
- [39.] Fraunhofer IAO (2021): Offene urbane Datenplattform als Schlüssel für digitale Transformation. unter <https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/offene-urbane-datenplattform-als-schluessel-fuer-digitale-transformation.html> [09.03.2023]
- [40.] Frieß, U. (o.J.): Copenhagen Wheel – Die rote Kraftscheibe. unter: [https://www.mybike-magazin.de/fahrraeder\\_und\\_ebikes/test\\_e\\_bikes/die-rote-kraftscheibe](https://www.mybike-magazin.de/fahrraeder_und_ebikes/test_e_bikes/die-rote-kraftscheibe). [16.03.2023]
- [41.] Gaia-X (o.D.): What is Gaia-X? unter <https://www.data-infrastructure.eu/GAIX/Navigation/EN/Home/home.html>. [06.03.2023]
- [42.] Garrido-Marijuan, Antonio; Pargova, Yana; Wilson, Cordelia (2017): The making of a smart city: best practices across Europe, im Auftrag der Europäischen Kommission, abrufbar unter [https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-04/the\\_making\\_of\\_a\\_smart\\_city\\_-\\_best\\_practices\\_across\\_europe.pdf](https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-04/the_making_of_a_smart_city_-_best_practices_across_europe.pdf). [16.03.2023]
- [43.] Gillet, Sharon E.; Osorio, Carlos; Lehr, William (2004): Local government broadband initiatives, TC Policy 28 (7), abgerufen von [https://www.academia.edu/15120255/Local\\_government\\_broadband\\_initiatives.pdf](https://www.academia.edu/15120255/Local_government_broadband_initiatives.pdf). [16.03.2023]
- [44.] Greencity solutions (2021): Use Cases, abrufbar unter: <https://greencitysolutions.de/use-cases/>. [16.03.2023]
- [45.] Greencity solutions (2021): We grow fresh air – Moos – der natürlich Feinstaubfilter. unter: <https://greencitysolutions.de/>. [16.03.2023]
- [46.] Greencity solutions (2021): Gesunde Luft für Alle – wir bringen die Natur zurück in die Stadt. unter: <https://greencitysolutions.de/die-loesung/>. [16.03.2023]
- [47.] GrowSmarter (2021): Our Vision. unter: <https://grow-smarter.eu/home/>. [16.03.2023]
- [48.] GrowSmarter (2020): Smart local thermal districts – an integrated infrastructures solution. unter: [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart\\_solution\\_6\\_smart\\_local\\_thermal\\_districts\\_Barcelona.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/12Solutions/Factsheets/Smart_solution_6_smart_local_thermal_districts_Barcelona.pdf). [16.03.2023]
- [49.] GrowSmarter (2020): 12 Smart Solutions. unter: <https://grow-smarter.eu/solutions/>. [16.03.2023]

- [50.] GrowSmarter (2020): 5 years of creating smart cities in Europe. unter: [https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/D8.10\\_\\_final\\_brochure.pdf](https://grow-smarter.eu/fileadmin/editor-upload/Reports/D8.10__final_brochure.pdf). [16.03.2023]
- [51.] GrowSmarter (2019): Smart Cities prove growth does not have to come at the expense of CO2 reductions. unter: <https://grow-smarter.eu/inform/stories/?c=search&uid=kAl60jCA>. [16.03.2023]
- [52.] Hamilton, Steve und Zhu, Ximon (2017) in: Deloitte Center for Government Insights – Funding and Financing Smart Cities, abrufbar unter <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/public-sector/us-ps-funding-and-financing-smart-cities.pdf>. [16.03.2023]
- [53.] Hasija, Sameer et al. (2019). Smart City Operations: Modelling Challenges and Opportunities, Working Paper, abrufbar unter <https://sites.insead.edu/facultyresearch/research/doc.cfm?did=65053>. [16.03.2023]
- [54.] Haupt, Sabine; Heide, Frank; Jung, Sven; Kleibrink, Jan; Lichter, Jörg; Schrunner, Axel (2020). Die intelligente Stadt: Studie im Rahmen des Projektes Masterplan 2030, Berlin, Deutschland: Handelsblatt Media Group, 2020.
- [55.] Hemetsberger, Lea (2018). International Coalition of Cities Builds Global Interoperable Smart Cities Market, unter <https://oascities.org/international-coalition-of-cities-builds-global-interoperable-smart-cities-market/>. [16.03.2023]
- [56.] Hilbig, C., Rottmann, O., Grüttner, A., Wagner, A. und Banaschik, V. (2020). Studie „SMART CITY – Chancen für die kommunale Infrastruktur: Förderkulisse anpassen, Kooperationen stärken!“. abrufbar unter [https://www.psp-consult.de/wp-content/uploads/2020/12/SmartCity\\_2020\\_021220\\_RZ.pdf](https://www.psp-consult.de/wp-content/uploads/2020/12/SmartCity_2020_021220_RZ.pdf). [16.03.2023]
- [57.] Hill, Jürgen (2017). Smart City Kopenhagen – City Data Exchange: Integrierte Services statt Datensilos, in: Computerwoche (2017), abrufbar unter <https://www.computerwoche.de/a/city-data-exchange-integrierte-services-statt-datensilos,3329398>. [16.03.2023]
- [58.] IDB (2016): The Road toward Smart Cities Migrating from Traditional City Management to the Smart City. unter <https://publications.iadb.org/en/road-toward-smart-cities-migrating-traditional-city-management-smart-city>. [13.03.2023]
- [59.] IMD (2020). Smart City Index 2020, abrufbar unter [https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/smart\\_city/smartcityindex\\_2020.pdf](https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/smart_city/smartcityindex_2020.pdf). [16.03.2023]
- [60.] ISO (the International Organization for Standardization) (2019): 37122:2019, abgerufen von: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37122:ed-1:v1:en>.
- [61.] ITU (2023): ITU-T Technology Watch Report: Smart Cities Seoul: a case study. unter: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf). [16.03.2023]
- [62.] Kim, S.-C.; Hong, P.; Lee, T.; Lee, A.; Park, S.-H. (2022) Determining Strategic Priorities for Smart City Development: Case Studies of South Korean and International Smart Cities. Sustainability 2022, 14, 10001. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10001>. [16.03.2023]
- [63.] Kipker, D.-K. (2021): „Das neue chinesische Datenschutzgesetz PIPL ist da!“, abrufbar unter: <https://community.beck.de/2021/08/22/das-neue-chinesische-datenschutzgesetz-pipl-ist-da>. [16.03.2023]
- [64.] Kleibrink, Jan und Axel Schrunner (2020). Smart Cities: Schöne neue Welt. In Handelsblatt, unter <https://www.handelsblatt.com/politik/konjunktur/research-institute/masterplan-2030-31-1-2020-2020-01-31-smart-cities-masterplan-2030/25493604.html>. [16.03.2023]
- [65.] Komninos, Nicos (2006). The architecture of intelligent cities: Integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation, abrufbar unter [https://www.researchgate.net/profile/Nicos-Komninos/publication/224703211\\_The\\_architecture\\_of\\_intelligent\\_cities\\_Integrating](https://www.researchgate.net/profile/Nicos-Komninos/publication/224703211_The_architecture_of_intelligent_cities_Integrating)

- \_human\_collective\_and\_artificial\_intelligence\_to\_enhance\_knowledge\_and\_innovation/links/542b8bf50cf277d58e8a1cc2/The-architecture-of-intelligent-cities-Integrating-human-collective-and-artificial-intelligence-to-enhance-knowledge-and-innovation.pdf. [16.03.2023]
- [66.] KPMG (2021). Road to sustainable smart cities – Challenges, opportunities and emerging trends, abrufbar unter <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/in/pdf/2021/03/Road-to-sustainable-smart-cities.pdf>. [16.03.2023]
- [67.] Kurier (2020): Start-up saugt mit „CityTree“ Feinstaub aus Innenstädten. unter: <https://kurier.at/wirtschaft/immobiz/start-up-saugt-mit-citytree-feinstaub-aus-innenstaedten/401031269>. [16.03.2023]
- [68.] Le Monde (2016): „Smart Parking“ était une idée stupide. unter: <https://www.lemonde.fr/blog/transports/2016/05/05/le-stationnement-intelligent-etait-une-idee-bete/>. [16.03.2023]
- [69.] List (o.D.): MUV Mobility Urban Values. unter: <https://www.list.lu/en/research/project/muv/>. [16.03.2023]
- [70.] Lorimer, Stephen (2018). Piloting Data Trusts (and an opportunity), abrufbar unter <https://medium.com/@SmartLondon/piloting-data-trusts-and-an-opportunity-461cd3d53aa8>. [16.03.2023]
- [71.] Berger, Michael (2022): Smart Cities: Die 10 innovativsten Städte der Welt, in Magenta Business, unter: <https://businessblog.magenta.at/10-smart-cities>. [16.03.2023]
- [72.] Manville, Catriona/ Gavin Cochrane/ Jonathan Cave/ Jeremy Millard/ Jeremy Kevin Pederson/ Rasmus Kåre Thaarup/ Andrea Liebe/ Matthias Wissner/ Roel Massink/ Bas Kotterink (2014). Mapping Smart Cities in the EU, abrufbar unter [https://www.rand.org/pubs/external\\_publications/EP50486.html](https://www.rand.org/pubs/external_publications/EP50486.html). [16.03.2023]
- [73.] Maris, Werner (2020). Smart Cities Need Smarter Project Management, in: Construction global abrufbar unter <https://constructionglobal.com/epc/smart-cities-need-smarter-project-management>. [16.03.2023]
- [74.] Mayor of London (2018). Smarter London Together - The Mayor’s roadmap to transform London into the smartest city in the world, in: Greater London Authority, abrufbar unter [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/smarter\\_london\\_together\\_v1.66\\_-\\_published.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/smarter_london_together_v1.66_-_published.pdf). [16.03.2023]
- [75.] McKinsey Global Institute (2018). Smart Cities: Digital solutions for a more livable future, abrufbar unter <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/smart%20cities%20digital%20solutions%20for%20a%20more%20livable%20future/mgi-smart-cities-full-report.pdf>. [16.03.2023]
- [76.] National Digital Inclusion Alliance (2018): Worst Connected Cities 2018, abgerufen von <https://www.digitalinclusion.org/worst-connected-2018/>. [13.03.2023]
- [77.] Nottingham City Council (2018): Nottingham Charge Point Network. unter: <https://www.transportnottingham.com/projects/charge-point-network/>. [13.03.2023]
- [78.] OECD (2019). Enhancing the Contribution of Digitalisation to the Smart Cities of the Future, abrufbar unter <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Smart-Cities-FINAL.pdf>. [09.03.2023]
- [79.] OECD (2020) Building on the outcomes of the 1st OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth, abrufbar unter [https://www.oecd.org/cfe/cities/OECD\\_Policy\\_Paper\\_Smart\\_Cities\\_and\\_Inclusive\\_Growth.pdf](https://www.oecd.org/cfe/cities/OECD_Policy_Paper_Smart_Cities_and_Inclusive_Growth.pdf). [09.03.2023]
- [80.] Petite, Harry; White, Chris (2018), “A glimpse into the future? \$39 billion high-tech smart city in South Korea turns into a 'Chernobyl-like ghost town' after investment dries up”, unter <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5553001/28-billion->

- project-dubbed-worlds-Smart-City-turned-Chernobyl-like-ghost-town.html.  
[09.03.2023]
- [81.] Portman, Edy (2015): Smart Cities – Ein Überblick, abgerufen von  
[https://www.researchgate.net/publication/277916284\\_Smart\\_Cities\\_-\\_Ein\\_Uberblick](https://www.researchgate.net/publication/277916284_Smart_Cities_-_Ein_Uberblick). [09.03.2023]
- [82.] Pressebox (2021): Accenture unterstützt Climeworks, mehr CO<sub>2</sub> aus der Luft zu filtern.  
unter: <https://www.pressebox.de/inaktiv/accenture-gmbh-kronberg-im-taunus/Accenture-unterstuetzt-Climeworks-mehr-CO2-aus-der-Luft-zu-filtern/boxid/1066630>. [16.03.2023]
- [83.] Push (o.D.): MUV – Mobility Urban Values. unter:  
<https://www.wepush.org/en/projects/muv-mobility-urban-values/>. [16.03.2023]
- [84.] RemiHub (o.D.): unter: <https://www.remihub.at/>. [16.03.2023]
- [85.] Replicate (o.D.): Objectives. unter: <https://replicate-project.eu/about/>. [16.03.2023]
- [86.] Replicate (o.D.): smart Cities. unter: <https://replicate-project.eu/tag/smart-cities/>. [16.03.2023]
- [87.] Roland Beger (2019): Think: Act – Smart City Strategy Index, abrufbar unter:  
<https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Smart-City-Strategy-Index-Wien-und-London-weltweit-fortschrittlichste-St%C3%A4dte.html>. [16.03.2023]
- [88.] Schnabel, Frieder; Heydkamp, Constanze; Schmitz, Michael; Braun, Steffen; Albrecht, Philipp; Lonien, Joachim; Rothballer, Carsten; Jacobi, Nikolai; Ullrich, Peter (2020), in: Umweltbundesamt (2020), „Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht“, abgerufen von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_74-2020\\_sui\\_abschlussbericht\\_barrierefrei\\_03092019.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_74-2020_sui_abschlussbericht_barrierefrei_03092019.pdf). [16.03.2023]
- [89.] Seoul Solution (2016): The Technologies Make Seoul the Smartest City in the World. unter: <https://seoulsolution.kr/en/content/innovation-news-technologies-make-seoul-smartest-city-world>. [16.03.2023]
- [90.] SFMTA (2014): SFpark Pilot Program. unter: <https://www.sfmta.com/projects/sfpark-pilot-program>. [16.03.2023]
- [91.] Shah, Jigar, Jinal Kothari, Nishant Doshi (2019): A Survey of Smart City infrastructure via Case study on New York, abrufbar unter  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919317247/pdf?md5=0b47e97e994884f3478c517dc9fcc58e&pid=1-s2.0-S1877050919317247-main.pdf>. [16.03.2023]
- [92.] Shapiro, Jesse M. (2003). Smart cities: explaining the relationship between city growth and human capital, abrufbar unter  
[https://autopapers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN\\_ID480172\\_code274383.pdf?abstractid=480172&mirid=1](https://autopapers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID480172_code274383.pdf?abstractid=480172&mirid=1). [16.03.2023]
- [93.] Sharing Cities (2020). Strategic assets for a true Smart City - A SHARING CITIES PLAYBOOK, 2020 V.1, abrufbar unter: [https://sharingcities.eu/wp-content/uploads/sites/6/2022/11/Sharing-Cities\\_Infrastructure-Playbook\\_VFinal3-min.pdf](https://sharingcities.eu/wp-content/uploads/sites/6/2022/11/Sharing-Cities_Infrastructure-Playbook_VFinal3-min.pdf). [16.03.2023]
- [94.] Smart Nation Singapore (2018). Transforming Singapore Through Technology, abrufbar unter <https://www.smartnation.gov.sg/files/abt-smart-nation/transforming-sg-through-tech-26feb21.pdf>. [16.03.2023]
- [95.] Smart Nation Singapore (2018). Smart Nation: The Way Forward, abgerufen von <https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/smart-nation-strategy-nov2018.pdf>. [13.03.2023]
- [96.] Smart Nation and Digital Government Office Singapore (2018), abgerufen von <https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/smart-nation-strategy-nov2018.pdf>. [13.03.2023]
- [97.] Stadt Wien (o.D.): Smart City. unter: <https://smartcity.wien.gv.at/der-wiener-weg/rahmenstrategie/>. [16.03.2023]

- [98.] Stadt Wien (2016.): Monitoring für eine smarte Stadt – Ergebnisse Forschungsprojekt, abrufbar unter <https://www.digital.wienbibliothek.at/urn/urn:nbn:at:AT-WBR-879310>. [16.03.2023]
- [99.] Stadt Wien (o.D.): Klimafreundliche Paketzustellung mit Lastenrädern unter <https://smartcity.wien.gv.at/remihub/>. [06.03.2023]
- [100.] Stadt Wien: Smart Klima City Strategie (2022) aufrufbar unter <https://smartcity.wien.gv.at/strategie/>. [13.03.2023]
- [101.] Südschweiz (2013): Nizza verspricht „intelligentes Parken“. unter: <https://www.suedostschweiz.ch/zeitung/nizza-verspricht-intelligentes-parken> [16.03.2023]
- [102.] SynchroniCity (2023), SynchroniCity architectural framework model, abgerufen von <https://synchronicity-iot.eu/tech/>. [16.03.2023]
- [103.] Tech & Nature (2021): Island: Carbfix und Climeworks starten weltweit größte Direct Air Capture-Anlage „Orca“. unter: <https://www.techandnature.com/island-carbfix-und-climeworks-starten-weltweit-groesste-direct-air-capture-anlage/>. [16.03.2023]
- [104.] Tech & Nature (2021): CityTree: Künstlicher „Baum“ säubert jetzt die Luft in Feinstaub-Hochburg Graz. unter: <https://www.techandnature.com/citytree-kuenstlicher-baum-saeubert-jetzt-die-luft-in-feinstaub-hochburg-graz/>. [16.03.2023]
- [105.] Treude, M. (2021): Sustainable Smart City – Opening a Black Box, in: Sustainability 2021, 13, S. 769, abrufbar unter <https://doi.org/10.3390/su13020769>. [16.03.2023]
- [106.] The copenhagen wheel (o.D.). unter: <https://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/>. [16.03.2023]
- [107.] The Korea Herald (2018): Seoul tops world’s carbon footprint list: Norwegian researchers. unter: <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20180610000136>. [16.03.2023]
- [108.] Toli, Angeliki Maria; Murtagh, Niamh (2020): The Concept of Sustainability in Smart City Definitions, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.00077/full>. [16.03.2023]
- [109.] Townsend, Anthony M.: Smart Cities (2013): Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia, New York, USA: W. W. Norton & Company, 2013
- [110.] TWI LTD (o.D.): What is a smart city? – Definition and examples, unter <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-city>. [16.03.2023]
- [111.] UN Habitat (2021): Centering People in Smart Cities - A playbook for local and regional governments  
Shaping Co-creation & Collaboration in Smart Cities, abrufbar unter <https://unhabitat.org/programme/legacy/people-centered-smart-cities/shaping-co-creation-collaboration-in-smart-cities-a>. [16.03.2023]
- [112.] United States Environmental Protection Agency (EPA) (o.D.), Scope 3 Inventory Guidance, abrufbar unter: <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-3-inventory-guidance>. [16.03.2023]
- [113.] UPA/CRD Annual Report (o.D.): San Francisco SFpark and Parking Information Systems. unter: <https://ops.fhwa.dot.gov/congestionpricing/docs/fhwajpo11042/arsanfran1.pdf>. [16.03.2023]
- [114.] Verdict Comment Wire (2020): GlobalData Thematic Research, “Smart cities: Key macroeconomic trends revealed“, abrufbar unter: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-macroeconomic-trends/>. [16.03.2023]
- [115.] Vice (2015): Wird Paris die Smart City 2050? unter: <https://www.vice.com/de/article/787zge/wird-paris-die-smart-city-2050-423>. [16.03.2023]
- [116.] Vincent Callebaut Architectures Paris (2015): Smart Mairie de Paris. unter: [https://vincent.callebaut.org/object/150105\\_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects](https://vincent.callebaut.org/object/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects). [16.03.2023]



- [117.] Wiener Stadtwerke (o.D.): RemiHub. unter:  
<https://www.wienerstadtwerke.at/remihub>. [16.03.2023]
- [118.] World Economic Forum (2020): Smart at Scale: Cities to Watch 25 Case Studies,  
aufrufbar unter  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Smart\\_at\\_Scale\\_Cities\\_to\\_Watch\\_25\\_Case\\_Studies\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Smart_at_Scale_Cities_to_Watch_25_Case_Studies_2020.pdf). [16.03.2023]
- [119.] Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., & Shamsuddin, S. (2019). Theoretical perspectives  
on Smart Cities, in: The Routledge Handbook of Transport Economics, Routledge.
- [120.] Zacharilla, Louis/ Robert Bell/ John Jung: Creating the Community of the 21st Century,  
London, England: Intelligent Community Forum, 2009
- [121.] Zygiaris, Sotirios (2013): Smart city reference model: Assisting planners to  
conceptualize the building of smart city innovation ecosystems, published in: Journal  
of the Knowledge Economy, Springer Verlag, 2013.

## Chief Technology Office



Population  
1 Mio.



Fläche  
220 km<sup>2</sup>



Industrie  
18,06 % von BIP



BIP pro Kopf  
US\$ 57.768

Industrie und BIP auf Länderebene

### Score

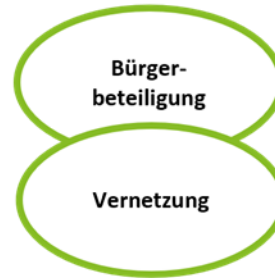


### Eckdaten Use Case

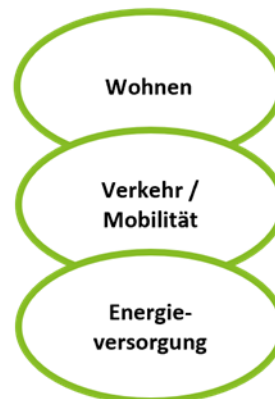
Mit dem Use Case „Chief Technology Office“ (CTO) koordiniert Amsterdam viele Aktivitäten zur digitalen Transformation der Stadt. Das CTO berät, vernetzt und koordiniert Pilotprojekte, steuert die Kommunikation und den Wissenstransfer, stellt technische Unterstützung zur Verfügung oder setzt diese konkret um, indem Datenportale zur Verfügung gestellt werden.

Ziel des CTO ist es, durch die ressortübergreifende Koordinierung von Smart City-Projekten verschiedene städtische Fachämter zu sensibilisieren, verwaltungsinterne Kompetenzen und Prozesse aufzubauen und allgemein Innovationsprozesse in der Stadt zu fördern. Dafür arbeitet das CTO mit allen Abteilungen der Gemeinde zusammen. Hauptthemen sind Circular City, Energy, Mobility, Citizens & Living und Digital City. Ein weiteres Hauptthema stellt das Start-up-in-Residence-Programm dar. Dabei werden lokale Start-ups ausgewählt, um für einen bestimmten Zeitraum in das Office aufgenommen zu werden. Dort werden deren Ideen gefördert und ein wechselseitiges Verständnis für Geschäftsideen, Produkte und Rahmenbedingungen geschaffen.

### Herausforderungen



### Cluster



#### Technologisch

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion



#### Regulatorisch

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz



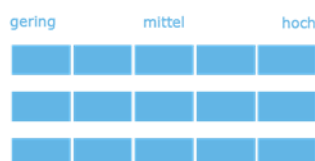
#### Ökonomisch

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial



#### Gesellschaftlich

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung



**City Data Exchange Copenhagen**

**Population** 644 Tsd.  
**Fläche** 90 km<sup>2</sup>  
**Industrie** 19,32 % von BIP  
**BIP pro Kopf** US\$ 68.008



**Eckdaten Use Case**

Die Stadt Kopenhagen hat gemeinsam mit dem Unternehmen Hitachi das „City Data Exchange Copenhagen“ aufgebaut. Die Austauschplattform für Datensätze aus der Stadt und Region bündelt öffentliche Datensätze z. B. zu Verkehr oder Wetter und erleichtert damit sowohl die kostenfreie Bereitstellung und Nutzung (Open Data) als auch den Verkauf und Erwerb privater Datensätze. Außerdem werden auch lokal angesiedelte Unternehmen angesprochen, ihre Daten auf dem Portal zur Verfügung zu stellen. Dafür kann auch eine finanzielle Kompensation erhalten werden. Eine von Hitachi entwickelte App verwendet beispielsweise Daten der dänischen Energieversorger, um es Bürgern und Unternehmen zu ermöglichen, ihren Energieverbrauch und ihren Fußabdruck an Treibhausgasen zu erfassen. Eine weitere Anwendung ermöglicht es den Bürgern ihr Nutzungsverhalten der Verkehrsmittel zu analysieren. Dabei werden Daten, wie Zeitaufwand, Treibhausgasausstoß sowie der eigene Kalorienverbrauch zur Berechnung herangezogen. Zugleich kann die App auch alternative Verkehrswege berechnen, die weniger Zeit benötigen, weniger Treibhausgas entstehen lassen, oder einen höheren Kalorienverbrauch fördern.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering mittel hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering mittel hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering mittel hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering mittel hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**

**CityTree**

**Population**  
700 Tsd.
 **Fläche**  
454 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
35,5 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 89.154

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Die Urban Ecology Agency von Oslo (Bymiljøetaten) hat zwei CityTrees im urbanen Oslo installiert, welche als grüne Lunge in der Stadt fungieren und die Luftverschmutzung reduzieren. CityTree ist eine Erfindung des deutschen Unternehmens Green City Solutions. Der CityTree dient als ästhetisch ansprechendes Möbelstück zum Ausruhen und bekämpft zugleich die Luftverschmutzung in Innenstädten. Das CityTree-System ist völlig autark. Es wird mit Solarstrom betrieben und hat so viele Umweltvorteile wie 275 Bäume auf einer Wand von nur 3,5 m<sup>2</sup>.

<b>Technologisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Reife</li> <li>• Digitalisierung</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Reduktion</li> </ul>	
<b>Regulatorisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie</li> <li>• Datensicherheit</li> <li>• Datenschutz</li> </ul>	
<b>Ökonomisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökon. Nutzen</li> <li>• Skalierbarkeit</li> <li>• Umsetzungspotenzial</li> </ul>	
<b>Gesellschaftlich</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ges. Nutzen</li> <li>• Selbstbestimmung &amp; Autonomie</li> <li>• Fairness &amp; Nichtdiskriminierung</li> </ul>	

**Herausforderungen**

**Bürger-  
beteiligung**

**Cluster**

**Wohnen**

**Verkehr /  
Mobilität**

**Climeworks & Carbfix**



Population  
135,7 Tsd.



Fläche  
277 km<sup>2</sup>



Industrie  
20,39 % von BIP



BIP pro Kopf  
US\$ 68.728

Industrie und BIP auf Länderebene

**Score**



**Eckdaten Use Case**

Island nutzt zur Strom- und Wärmeproduktion zu 100% Geothermie und Wasserkraft. Reykjavik wird dabei durch das Hellisheiði Geothermie-Kraftwerk beliefert, welches bis zu 26% des Stroms und 90% der Wärme für die Stadt produziert. Das Kraftwerk dient, neben der Energie-Produktion, auch der CO<sub>2</sub>-Reduktion. Auf dem Gelände wurden hierfür zwei Anlagen erbaut – das Projekt Carbfix wird seit 2007 betrieben. Climeworks besteht seit 2017 als CCS-Projekt, hierbei wird CO<sub>2</sub>, welches vorher direkt aus der Luft gefiltert wurde, in Erdschichten verpresst. Nach der Nutzung der Geothermie als Nutzenergie und dem Durchlaufen des Haushaltskreislaufes werden auch die Bürgersteige und öffentlichen Orte durch heißes Wasser eisfrei gehalten.

**Herausforderungen**



**Cluster**



**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion



**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz



**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial



**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung



**Copenhagen Wheel**

**Population** 644 Tsd.  
**Fläche** 90 km<sup>2</sup>  
**Industrie** 19,32 % von BIP  
**BIP pro Kopf** US\$ 68.008

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Smart, reaktionsschnell und elegant – das Copenhagen Wheel schien ein neues Emblem für urbane Mobilität. Es verwandelt gewöhnliche Fahrräder schnell in Hybrid-E-Bikes, die auch als mobile Sensoreinheiten fungieren. Mit dem Copenhagen Wheel kann die beim Radfahren und Bremsen eingesetzte Energie gespeichert werden.

Es kartiert auch Verschmutzungsgrad, Verkehrsstaus, und Straßenzustand in Echtzeit. Das Smartphone mit der dazugehörigen App kann zum Entsperren und Sperren verwendet werden, die Gänge wechseln und den Unterstützungsgrad des Motors bestimmen. Die Sensoreinheit des Rads erfasst beim Radfahren auch den Kraftaufwand und Informationen über die Umgebung, einschließlich Straßenzustand, Kohlenmonoxid, Lärm, Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchtigkeit. Die Daten können in der App gespeichert und verwendet werden, um gesündere Radrouten zu planen, Trainingsziele zu erreichen oder sich unterwegs mit Freunden zu treffen. Auch können die Daten mit Freunden oder der Stadt, bei Bedarf auch anonym, geteilt werden und tragen so zu einer feinkörnigen Datenbank aus Umweltinformationen bei, von der alle Seiten profitieren können

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**

**D2N2**

**Population**  
324 Tsd.
 **Fläche**  
75 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
17,49 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 46.510

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Unter der Leitung des Stadtrats von Nottingham entwickelt das Programm „Go Ultra Low“ ein Ladenetz in der gesamten Region für Bürger und Besucher der Stadt. D2N2-Ladestationen werden in Derbyshire und Nottinghamshire, einschließlich Derby und Nottingham, aufgestellt, um die zunehmende Verbreitung von Elektrofahrzeugen zu unterstützen.

Ein Element dieses Programms war der Ausbau öffentlich zugänglicher Ladestationen für Elektrofahrzeuge zu einem flächendeckenden Netz über die drei Gemeindegebiete hinweg. An wichtigen Off-Street-Standorten in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen, Park-and-Ride-Plätzen, gemeindeeigenen Parkplätzen und Einzelhandelsgeschäften wurden Ladestationen installiert. Dadurch entstehen rund 230 neue öffentliche Ladepunkte an verschiedenen Standorten.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**

**Verkehr / Mobilität**



**Enlil**

**Population** 15,1 Mio.  
**Fläche** 1.830 km<sup>2</sup>  
**Industrie** 31,11 % von BIP  
**BIP pro Kopf** US\$ 9.661



**Eckdaten Use Case**

Enlil ist eine stadtintegrierte vertikale Mini-Windkraftanlage, welche von dem Unternehmen Devcitech und der Universität Istanbul entwickelt wurde und 2017 als Pilot startete. Die Mini-Windkraftanlagen können auf 50km an einer viel befahrenen Strecke verbaut werden und nutzen die Sogwirkung der fahrenden Autos und Busse, um Wind in elektrische Energie zu wandeln. Es wurden mehrere Test-Anlagen an diesem Standort verbaut. Eine Anlage beinhaltet jeweils CO<sub>2</sub>-Sensor, Erdbeben-Sensor, IOT-Schnittstelle und Wettersensoren. Sie erzeugt pro Tag eine kWh an Strom. Zusätzlich befindet sich ein Solarpanel oberhalb der Windanlage.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering mittel hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering mittel hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering mittel hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering mittel hoch

**Herausforderungen**

- Investitionen
- Techn. Umsetzung

**Cluster**

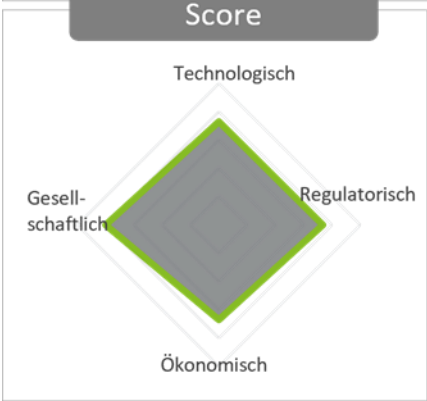
- Energieversorgung



**LumiPark**

**Population**  
658 Tsd.
 **Fläche**  
217 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
24,61 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 53.655

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Helsinki ist eine der führenden Smart Cities weltweit. Neben vielen IoT- und IoE-Anwendungen sowie Investitionen in Tech Startups ist Smart Mobility einer der Schlüsselfaktoren für die Stadtentwicklung. LumiPark wurde als Pilot-Projekt 2016 gestartet und hilft mittels eines integrierten Parksystems und intelligenten Lichtsteuerungssystems bei der schnellen und effektiven Parkplatzsuche. Das Projekt reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, andere Emissionen und Lärm, was die Lebensqualität für Anwohner und Besucher hebt. Effektiv gelenkter Verkehr, welcher beaufsichtigt und ausgewertet wird, hilft Engpässe bei Parkplätzen und im Straßenverkehr zu erkennen und zu beheben.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**



Amsterdam (Buitenveldert) Helsinki (Jätkäsaari)  
 Barcelona (Sant Andreu) Palermo (Centro Storico)  
 Gent (Muide-Meulestede) Portugal (Fundao)

**Mobility Urban Values**

Population 1 Mio.  
 Fläche 220 km<sup>2</sup>  
 Industrie 18,06 % von BIP  
 BIP pro Kopf US\$ 57.768

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Verkehrsstaus, Lärmbelästigung, Luftverschmutzung – diese und weitere Problembereiche machen eine nachhaltigere Stadtentwicklung erforderlich. Das Mobility Urban Values Programm zielt darauf ab, das Bewusstsein der Menschen hin zu nachhaltigeren und gesünderen Mobilitätsentscheidungen zu bewegen. Eine speziell konfigurierte und mit weiteren Diensten (wie Messständen) in Verbindung stehende App soll den Verkehrsteilnehmern verdeutlichen, welche Umweltbelastung mit dem jeweils gewählten Verkehrsmittel entsteht und sie gleichzeitig dazu bringen, eine alternative Lösung (Fahrrad, ÖPNV, etc.) zu wählen.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**

**Mountain Towers**

**Population**  
2,165 Mio.

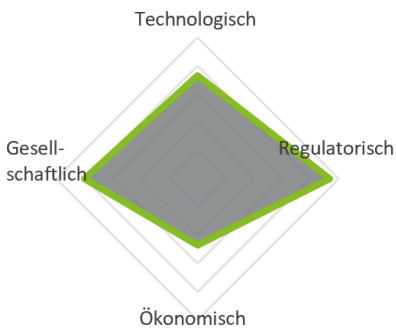
**Fläche**  
105 km<sup>2</sup>

**Industrie**  
16,66 % von BIP

**BIP pro Kopf**  
US\$ 43.659

Industrie und BIP auf Länderebene

**Score**

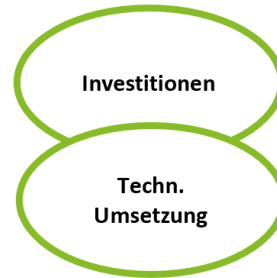


**Eckdaten Use Case**

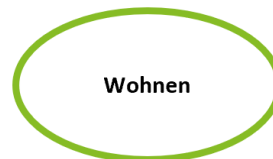
Das Architekturbüro Vincent Callebaut hat verschiedene Prototypen pflanzenbewachsener Hochhäuser entwickelt, die zukünftig das Klima in Paris verbessern und erneuerbare Energie erzeugen sollen. Diese sollen an verschiedenen Stellen in Paris entstehen. Die Plusenergiebauten könnten eine entscheidende Rolle im Kampf gegen die zunehmende Entstehung von Wärmeinseln spielen.

Ein Beispiel des Konzepts sind die Mountain Towers. Tagsüber erzeugen riesige photovoltaische Solarschirme Strom und warmes Sanitärwasser. In der Nacht wird ein reversibles, hydroelektrisches Pumpspeicherkraftwerk eine städtische Kaskade von der Spitze des Turms bis zu den auf verschiedenen Ebenen befindlichen Regenwasserrückhaltebecken fließen lassen, so dass keine Batterien zur Speicherung des erzeugten Stroms benötigt werden

**Herausforderungen**

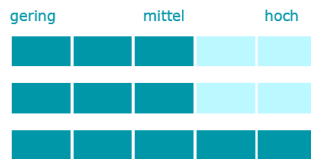


**Cluster**



**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion



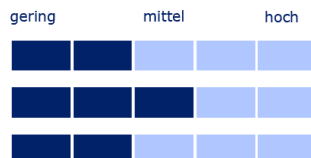
**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz



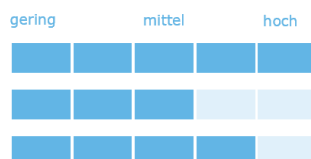
**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial



**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung



**RemiHub**

**Population**  
1,98 Mio.
 **Fläche**  
415 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
25,83 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 53.638

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Wien begann seine Rahmenstrategie zur Smart City 2011 und nahm die Arbeit 2013 auf. Einer der Schwerpunkte ist der Umbau des Verkehrs, hierzu zählen der Ausbau von Elektroautos, Wasserstoffantrieb im öffentlichen Verkehr und das Reduzieren des Individualverkehrs. Bisher wurde dies in den Projekten: Car sharing (Caruso), E-Logistik (RemiHub) und Fahrradverleih (Sycube) umgesetzt. RemiHub lief von November 2019 bis Herbst 2020 im Testbetrieb und befindet sich aktuell in der Datenauswertung. Ziel ist die CO<sub>2</sub> neutrale Paketauslieferung, der Ersatz von Autos durch Lastenräder mit Anhänger, weniger Verkehr in der Innenstadt und weniger Lärm.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

- Investitionen
- Vernetzung

**Cluster**

- Verkehr / Mobilität

**SFPark**

Population 815 Tsd.
 Fläche 122 km<sup>2</sup>
 Industrie 17,88 % von BIP
 BIP pro Kopf US\$ 70.249

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Das Parkleitsystem sammelt und verteilt Echtzeit-Informationen über verfügbare Parkplätze anhand von Sensoren in der Fahrbahn, um Autofahrer bei der Suche nach freien Parkplätzen möglichst schnell zu unterstützen. Das System passt die Preise für Parkuren und -häuser je nach bestehender Nachfrage regelmäßig an. Diese bedarfsgerechte Preisgestaltung ermutigt Autofahrer, in wenig genutzten Bereichen zu parken und verringert damit das Aufkommen in überlasteten Bereichen. Somit wird die allgemeine Parksituation verbessert, der Verkehr reduziert und die Emissionen werden um 30% gesenkt.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

- System-integration
- Bürger-beteiligung

**Cluster**

- Verkehr / Mobilität

**Smart local thermal districts**



Population  
1,667 Mio.



Fläche  
102 km<sup>2</sup>



Industrie  
20,36 % von BIP



BIP pro Kopf  
US\$ 30.104

Industrie und BIP auf Länderebene

**Score**



**Eckdaten Use Case**

Umwidmung eines Industriegebäudes in ein Innovationszentrum mit einem Niedrigenergiehaus (NZEB) einschließlich einer Eigenstromerzeugung (Photovoltaik) und -versorgung und dem Anschluss an ein Fernwärme- und -kältenetz (DHC).  
Das Projekt erfolgte durch eine innovative öffentlich-private Partnerschaft zur Förderung des Konzepts der NZEB und dient als Referenz für industrielle Gebäudesanierung in der Stadt.  
Es ist Teil des später beschriebenen GrowSmarter Projekts.

**Herausforderungen**



**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion



**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz



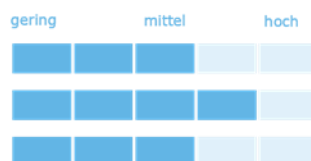
**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial



**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung



**Cluster**



**Stationnement intelligent**

**Population** 343 Tsd.  
**Fläche** 72 km<sup>2</sup>  
**Industrie** 16,66 % von BIP  
**BIP pro Kopf** US\$ 43.659

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Mit Hilfe eines Netzes kommunizierender Sensoren, die mit smarten Parkuhren verbunden sind, können Autofahrer per Smartphone in Echtzeit freie Parkkapazitäten ermitteln. Durch die Verringerung der Zeit, die für die Suche nach einem Parkplatz aufgewendet werden muss, zielt das System auf eine Verbesserung des Verkehrsflusses (insbesondere dem ÖPNV) und eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Die vielen Sensoren, auf denen das System basiert, sind auf der Fahrbahn installiert und liefern zeitlich genaue Informationen über den Zustand von Parkplätzen, Verkehr und Umweltqualität. Über die zugehörige App können gleichzeitig die Parkgebühren entrichtet werden.

Das Projekt wurde 2016 jedoch wieder aufgegeben und die alten Parkuhren wieder eingebaut. Grund dafür sind mutmaßlich technische Probleme, weshalb das System nicht mehr funktionierte

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

**Cluster**



**U-Green-Service in Eunpyeong u-City**

**Population** 9,668 Mio.  
**Fläche** 605 km<sup>2</sup>  
**Industrie** 32,45 % von BIP  
**BIP pro Kopf** US\$ 34.998

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

Innerhalb des Stadtteils Eunpyeong erfolgte im Rahmen eines Stadtentwicklungsprojekts („U(biquitous) City“) die Installation eines Netzes von Sensoren, welche die Qualität von Luft und Wasser messen. Diese Informationen werden im Anschluss direkt an die Öffentlichkeit weitergegeben. Ebenso erhalten die Einwohner der Stadt diese Daten über intelligente Geräte direkt auf ihre im Wohnzimmer installierten Geräte. Außerdem reduzieren die Hightech-Straßenlaternen der Stadt den Energieverbrauch und bieten den Bewohnern einen drahtlosen Internetzugang.

**Technologisch**

- Technische Reife
- Digitalisierung
- CO<sub>2</sub>-Reduktion

gering      mittel      hoch

**Regulatorisch**

- Energie
- Datensicherheit
- Datenschutz

gering      mittel      hoch

**Ökonomisch**

- Ökon. Nutzen
- Skalierbarkeit
- Umsetzungspotenzial

gering      mittel      hoch

**Gesellschaftlich**

- Ges. Nutzen
- Selbstbestimmung & Autonomie
- Fairness & Nichtdiskriminierung

gering      mittel      hoch

**Herausforderungen**

- Techn. Umsetzung
- Datenschutz
- Entscheidungsfreiheit

**Cluster**

- Energieversorgung



**GrowSmarter**

**Population**  
1 Mio.
 **Fläche**  
188 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
22,64 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 61.029

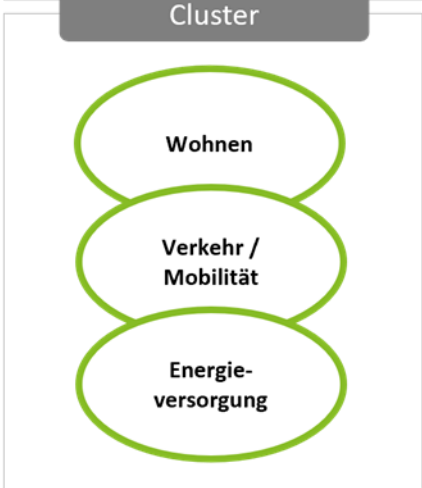
Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

GrowSmarter hat seit seinem Start im Jahr 2015 zwölf Smart-City-Lösungen demonstriert, die Folgendes umfassen: Niedrigenergieviertel, integrierte Infrastruktur und nachhaltige städtische Mobilität. Barcelona, Stockholm und Köln fungierten als „Leuchtturmstädte“ und boten Kollegen in ganz Europa wertvolle Einblicke in die Praxis dieser Lösungen sowie Möglichkeiten zur Nachahmung. Zu den durch das Projekt erzielten Ergebnissen zählen: die Sanierung von mehr als 130.000 m<sup>2</sup> Gebäudebestand durch den Einsatz energieeffizienter und intelligenter Technologien, der Einsatz einer breiten Palette nachhaltiger Mobilitätslösungen und die Anbindung der städtischen Infrastruktur an Lösungen durch die Nutzung eines „Internets der Dinge“.

<b>Technologisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Reife</li> <li>• Digitalisierung</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Reduktion</li> </ul>	
<b>Regulatorisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie</li> <li>• Datensicherheit</li> <li>• Datenschutz</li> </ul>	
<b>Ökonomisch</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökon. Nutzen</li> <li>• Skalierbarkeit</li> <li>• Umsetzungspotenzial</li> </ul>	
<b>Gesellschaftlich</b>	gering      mittel      hoch
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ges. Nutzen</li> <li>• Selbstbestimmung &amp; Autonomie</li> <li>• Fairness &amp; Nichtdiskriminierung</li> </ul>	



**REPLICATE**

**Population**  
362 Tsd.
 **Fläche**  
102 km<sup>2</sup>
**Industrie**  
22,49 % von BIP
 **BIP pro Kopf**  
US\$ 35.657

Industrie und BIP auf Länderebene



**Eckdaten Use Case**

REPLICATE ist ein europäisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit dem Ziel, integrierte Energie-, Mobilitäts- und IKT-Lösungen in Stadtquartieren einzusetzen.

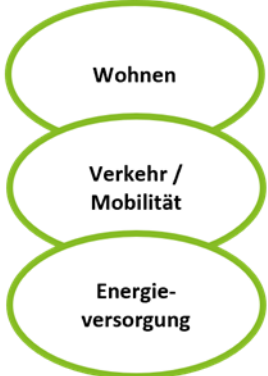
Es gibt drei führende Städte (genannt Smart City „Lighthouses“), zu denen San Sebastian (Spanien), Florenz (Italien) und Bristol (Großbritannien) gehören. Zudem existiert eine Reihe weiterer „Follower“-Städte, darunter Essen (Deutschland), Nilüfer (Türkei) und Lausanne (Schweiz). Darüber hinaus gibt es auch eine Reihe von „Beobachter“-Städten wie Guangzhou (China) und Bogota (Kolumbien). Das Projekt hat ein Konsortium, das aus insgesamt 38 Partnern besteht.

**Herausforderungen**



<p><b>Technologisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Reife</li> <li>• Digitalisierung</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Reduktion</li> </ul>	<p>gering      mittel      hoch</p>
<p><b>Regulatorisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie</li> <li>• Datensicherheit</li> <li>• Datenschutz</li> </ul>	<p>gering      mittel      hoch</p>
<p><b>Ökonomisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökon. Nutzen</li> <li>• Skalierbarkeit</li> <li>• Umsetzungspotenzial</li> </ul>	<p>gering      mittel      hoch</p>
<p><b>Gesellschaftlich</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ges. Nutzen</li> <li>• Selbstbestimmung &amp; Autonomie</li> <li>• Fairness &amp; Nichtdiskriminierung</li> </ul>	<p>gering      mittel      hoch</p>

**Cluster**



# Deloitte.

Deloitte bezieht sich auf Deloitte Touche Tohmatsu Limited („DTTL“), ihr weltweites Netzwerk von Mitgliedsunternehmen und ihre verbundenen Unternehmen (zusammen die „Deloitte-Organisation“). DTTL (auch „Deloitte Global“ genannt) und jedes ihrer Mitgliedsunternehmen sowie ihre verbundenen Unternehmen sind rechtlich selbstständige und unabhängige Unternehmen, die sich gegenüber Dritten nicht gegenseitig verpflichten oder binden können. DTTL, jedes DTTL-Mitgliedsunternehmen und verbundene Unternehmen haften nur für ihre eigenen Handlungen und Unterlassungen und nicht für die der anderen. DTTL erbringt selbst keine Leistungen gegenüber Kunden. Weitere Informationen finden Sie unter [www.deloitte.com/de/UeberUns](http://www.deloitte.com/de/UeberUns).

Deloitte bietet branchenführende Leistungen in den Bereichen Audit und Assurance, Steuerberatung, Consulting, Financial Advisory und Risk Advisory für nahezu 90% der Fortune Global 500®-Unternehmen und Tausende von privaten Unternehmen an. Rechtsberatung wird in Deutschland von Deloitte Legal erbracht. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter liefern messbare und langfristig wirkende Ergebnisse, die dazu beitragen, das öffentliche Vertrauen in die Kapitalmärkte zu stärken, die unsere Kunden bei Wandel und Wachstum unterstützen und den Weg zu einer stärkeren Wirtschaft, einer gerechteren Gesellschaft und einer nachhaltigen Welt weisen. Deloitte baut auf eine über 175-jährige Geschichte auf und ist in mehr als 150 Ländern tätig. Erfahren Sie mehr darüber, wie die rund 415.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Deloitte das Leitbild „making an impact that matters“ täglich leben: [www.deloitte.com/de](http://www.deloitte.com/de).

Diese Veröffentlichung enthält ausschließlich allgemeine Informationen und weder die Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft noch Deloitte Touche Tohmatsu Limited („DTTL“), ihr weltweites Netzwerk von Mitgliedsunternehmen noch deren verbundene Unternehmen (zusammen die „Deloitte Organisation“) erbringen mit dieser Veröffentlichung eine professionelle Dienstleistung. Diese Veröffentlichung ist nicht geeignet, um geschäftliche oder finanzielle Entscheidungen zu treffen oder Handlungen vorzunehmen. Hierzu sollten Sie sich von einem qualifizierten Berater in Bezug auf den Einzelfall beraten lassen.

Es werden keine (ausdrücklichen oder stillschweigenden) Aussagen, Garantien oder Zusicherungen hinsichtlich der Richtigkeit oder Vollständigkeit der Informationen in dieser Veröffentlichung gemacht, und weder DTTL noch ihre Mitgliedsunternehmen, verbundene Unternehmen, Mitarbeiter oder Bevollmächtigten haften oder sind verantwortlich für Verluste oder Schäden jeglicher Art, die direkt oder indirekt im Zusammenhang mit Personen entstehen, die sich auf diese Veröffentlichung verlassen. DTTL und jede ihrer Mitgliedsunternehmen sowie ihre verbundenen Unternehmen sind rechtlich selbstständige und unabhängige Unternehmen.



[www.dena.de](http://www.dena.de)

[future-energy-lab.de](http://future-energy-lab.de)

**dena**  
Deutsche Energie-Agentur