

TEXTE

74/2020

Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht

Akteursbericht - Auszug aus dem Abschlussbericht der
Überblicksstudie

TEXTE 74/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3716 15 106 0
FB000182

Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht

Akteursbericht - Auszug aus dem Abschlussbericht der Überblicksstudie

von

Frieder Schnabel, Constanze Heydkamp, Michael Schmitz, Steffen Braun
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

Philipp Albrecht, Joachim Lonien
DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

Carsten Rothballer, Nikolai Jacobi, Peter Ullrich
ICLEI – Local Governments for Sustainability – Europasekretariat gGmbH,
Freiburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

ICLEI - Local Governments for Sustainability European Secretariat
Leopoldring 3
79098 Freiburg

Abschlussdatum:

September 2019

Redaktion:

Fachgebiet I 2.5 Nachhaltige Raumentwicklung, Umweltprüfungen
Ulrike von Schlippenbach

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Kurzbeschreibung	4
1 Einleitung	6
2 Methodische Vorgehensweise der Überblicksstudie	7
3 Überblick über Smart City Ansätze	8
3.1 Theorie - Smart City-/Infrastruktur-Ansätze in Literatur und Wissenschaft	8
3.2 Praxis – Smart City-/Infrastruktur-Projekte in der Umsetzung	8
3.3 Bewertung der Smart City Lösungen hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz	9
3.4 Trends für zukunftsweisende Infrastrukturlösungen	10
4 Bedeutung von Regelwerken und Normen für Smart City-Anwendungen	12
5 Einschätzung der Akteure und ExpertInnen	15
6 Anpassung des institutionellen Rahmens.....	17
7 Risiken und Unsicherheiten	19
7.1 Kritische Infrastrukturen und Risikokategorien.....	19
7.2 Synthese der Ergebnisse zur Risikobewertung und -interpretation der 18 Lösungsansätze	19
8 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder, städtische Akteure und Kommunen	22
8.1 Methode	22
8.2 Beschreibung des Ansatzes (Kriterien)	23
8.3 Smarte Infrastrukturen können zur Erreichung von Umweltzielen beitragen	23
8.3.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder	24
8.3.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure	25
8.3.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen.....	26
8.4 Effizienzgewinne ist nicht gleich Umweltschutz und können zu Rebound-Effekten, Verlagerung und Intensivierung führen.....	28
8.4.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder	29
8.4.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure	30
8.4.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen.....	31
8.5 Smart City stellt neue Anforderungen an die Umsetzung kommunaler Aufgaben	32
8.5.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder	33
8.5.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure	33
8.5.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen.....	34
8.6 Smart City macht neue, interdisziplinäre Kooperationen erforderlich	35

8.6.1	Handlungsempfehlungen für Bund/Länder	36
8.6.2	Handlungsempfehlungen an städtische Akteure	36
8.6.3	Handlungsempfehlungen an Kommunen	37
8.7	Smart City bedarf einer Abwägung zwischen Nutzen und Begrenzung von Daten.....	38
8.7.1	Handlungsempfehlungen für Bund/Länder	39
8.7.2	Handlungsempfehlungen an städtische Akteure	39
8.7.3	Handlungsempfehlungen an Kommunen	40
8.8	Forschungsbedarfe: Zusammenfassung	40
9	Schlussfolgerungen.....	43
10	Literatur	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise der Überblicksstudie.....	7
Abbildung 2. Bezugnahmen auf Umweltbereiche des Projekts	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Identifizierte Smart City Lösungsansätze.....	9
Tabelle 2: Erwartete Umweltwirkung von Smart City Lösungen.....	9
Tabelle 3: Schematische Darstellung der synthetisierten Forschungsbedarfe entlang der betroffenen Akteure und identifizierten Botschaften.....	42

Kurzbeschreibung

Die Europäische Union hat erkannt, dass unsere Gesellschaften über die Tragfähigkeit der planetarischen Grenzen hinaus produzieren und konsumieren (Clift et al., 2017). Um dem zu begegnen hat sie Strategien entworfen, um die europäische Produktion und den Konsum kreisläufiger und klimafreundlicher gestalten zu können (European Commission, 2016, 2014, 2011) und sich ferner von einer auf endlichen Rohstoffen basierenden, zu einer auf nachwachsenden Rohstoffen ausgerichteten Wirtschaft zu entwickeln (Europäische Kommission, 2012). Auch in Deutschland gibt es zahlreiche Rahmenprozesse und Strategien, mit welchen die wachsenden Umweltprobleme politisch wie wirtschaftlich gelöst werden sollen.

Das Konzept der Smart City verspricht hierzu vor allem in urbanen Räumen Lösungen, welche durch Effizienzgewinne oder der besseren Nutzung von erneuerbaren Energien zustande kommen können. Dass smarte Infrastrukturen einen Beitrag zur Erreichung von bestimmten Umweltzielen leisten können, wird durch die vorliegende Studie bestätigt. Ferner stellt sich dennoch die Frage, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen eine breitere Umweltwirkung systematisch ausgeweitet und gewährleistet werden kann. Im derzeitigen europäischen Diskurs (vgl. Angelidou et al., 2018; Bibri, 2018; Gazzola et al., 2019; Martin et al., 2018; Silva et al., 2018) wird teilweise der Eindruck vermittelt, dass die Smart City implizit immer auch zur Nachhaltigkeit beiträgt. Diese Einschätzung gilt es zu hinterfragen und wissenschaftlich zu belegen.

In diesem Zusammenhang untersucht die vorliegende Überblicksstudie spezifisch, ob und, wenn ja, welcher Bedarf für eine Anpassung der Rahmenbedingungen und insbesondere der Normen und technischen Regelwerke besteht, um eben diese umweltrelevanten technischen Infrastrukturen, intelligent und nachhaltig zu gestalten und zu vernetzen.

Die zu untersuchenden Infrastruktursektoren wurden eingegrenzt auf die Bereiche Energie, Wasser, Verkehr, I&K sowie Sicherheit und Schutz. In diesen Infrastrukturbereichen wurden nach technischen Systemlösungen für Smart Cities gesucht, welche in ihrer Ausprägung einen Beitrag zur Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit leisten, indem sie eine positive Wirkung auf den Ressourceneinsatz (Rohstoffe, Energie, Wasser, Luft, Klima, Boden/Fläche, Biodiversität) aufweisen. Der Bewertungsrahmen orientierte sich dabei an den strategischen Umweltzielen der Bundesregierung. Neben der Umweltrelevanz sollen die Lösungen außerdem „smart“ sein, also durch nachhaltig innovative, flexible, vernetzte, multifunktionale und bedarfsorientierte Systeme und Infrastrukturen charakterisiert sein.

Die Studie präsentiert ihre Ergebnisse anhand von fünf Kernbotschaften:

1. *Smarte Infrastrukturen können zur Erreichung von Umweltzielen beitragen;*
2. *Effizienzgewinne ist nicht gleich Umweltschutz und können zu Rebound-Effekten, Verlagerung und Intensivierung führen;*
3. *die Smart City stellt neue Anforderungen an die Umsetzung kommunaler Aufgaben;*
4. *die Smart City macht neue, interdisziplinäre Kooperationen erforderlich; und*
5. *die Smart City bedarf einer Abwägung zwischen Nutzen und Begrenzung von Daten.*

Entlang dieser Botschaften sind Handlungsempfehlungen für Kommunen, städtische Akteure sowie Bund und Länder entwickelt worden. In den Empfehlungen sind gleichzeitig Voraussetzungen formuliert, unter welchen eine umweltschonende Digitalisierung gelingen kann. Damit smarte Infrastrukturen zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele beitragen, bedarf es einer Digitalisierungsstrategie auf Bundesebene, welche „smarte Entwicklungen“ systematisch(er) mit Nachhaltigkeitszielen verknüpft und welche Verschränkungen mit anderen Strategiepapieren des Bundes ermöglicht (beispielsweise mit dem Klimaschutzplan 2050, dem Kreislaufwirtschaftspaket oder der Deutschen Bioökonomiestrategie).

Kommunen und städtische Akteure müssen diese Rahmenbedingungen aktiv mitgestalten (dürfen). Die Überblicksstudie kommt des Weiteren zur zentralen Erkenntnis, dass Effizienzgewinne smarter Lösungen als Schlüsselmechanismus nicht mit Umweltschutz gleichgesetzt werden können. Rebound-Effekte, Verlagerungs- und sogar Intensivierungseffekte können auftreten, welche die Effizienzgewinne reduzieren oder gar auflösen.

Die Digitalisierung der Infrastrukturen kann folglich positive Effekte auf bestimmte Umweltbereiche haben. Es gilt aber, die kausalen Wirkungsketten im Einzelfall genau zu prüfen und kritisch zu hinterfragen. Bund und Länder sind hier in der Pflicht, durch entsprechende Forschungsprogramme das nötige Wissen um diese Wirkungszusammenhänge zu schaffen und gegebenenfalls den gesetzlichen Rahmen anzupassen, um negative Effekte lokal wie global zu unterbinden. Hierzu unterbreitet die Studie verschiedene Vorschläge.

Außerdem machen die Ergebnisse der Studie deutlich, dass für die Realisierung von umweltwirksamen, smarten Infrastrukturen, eine intensivierte Kooperation verschiedener Akteursgruppen und Disziplinen unabdingbar ist. Insbesondere die Kooperation zwischen Bund und Länder, städtischen Akteuren und Kommunen in transdisziplinärer Art und Weise, ist zentral sowohl für die Bearbeitung der Umweltrelevanz, als auch für das Sicherstellen eines gesamtgesellschaftlichen Mehrwerts und der Vermeidung des Effizienzparadoxons. Damit einher geht auch die Definition neuer Aufgaben in den Kommunen, welchen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der Digitalisierungsstrategie zukommt.

Die Studie resümiert, dass Bedarf für eine Anpassung der Rahmenbedingungen und insbesondere der Normen und technischen Regelwerke besteht, um smarte Infrastrukturen im Sinne der deutschen Nachhaltigkeitsziele zu gestalten. Ihre potenziellen positiven Umweltwirkungen sind systematisch(er) von der Wirtschaft einzufordern und durch entsprechende Rahmensetzungen zu unterstützen.

Daher sollte der Bund sich noch stärker und transdisziplinärer in ausgewählte Normenausschüsse mit dem Ziel einbringen, die von ihm angestrebten Nachhaltigkeits- und Umweltziele (z.B. im Klimaschutz, Luftreinheit, etc.) zu erreichen. Die öffentliche Verwaltung aller Ebenen, sollte einen ihrer wichtigsten Hebel der Marktbeeinflussung – die öffentliche Beschaffung – als strategisches Instrument gezielt einsetzen, um die positive Umweltwirkung von digitalen Produkten und Dienstleistungen möglichst vertraglich festzulegen und zu fördern. Hierbei gibt es im Bereich der Normung noch erheblichen Aufhol- und Abstimmungsbedarf.

Für eine Rückkopplung an die Praxis sollte sich die kommunale Ebene mit ihrer Perspektive der Daseinsvorsorge und ihrer Erfahrung in der Umsetzung von lokalem Umweltschutz, welcher oftmals gleichzeitig in sozioökonomische Überlegungen eingebettet ist, proaktiv stärker in Normungsprozessen einbringen. Hierzu müssen sowohl die Anwendungserfahrungen einzelner ISO Standards systematisch rückgekoppelt werden, als auch die Kommunen selbst bei der Erstellung neuer Normen mit einbezogen werden. Der neue Leitfaden (DIN SPEC 91387, erhältlich ab 2019-09) kann hier als vornormatives Instrument die Organisation von digitalen Transformationsprozessen auf kommunaler Ebene unterstützen.

Mit Blick auf das Thema Datenhoheit bedarf es zwischen der Nutzung und der Begrenzung von durch smarte Infrastrukturen gesammelte Daten einer Abwägung durch den Bund, die Länder sowie auch die Kommunen. Diese dient grundsätzlich der Sicherstellung der sozialen Verträglichkeit der Digitalisierung (z.B. Privatsphäre und „digitale Spaltung“) als auch einer verstärkten Anwendung zur Überprüfung eingeführter Umweltschutzmaßnahmen und KPIs die anhand die mittels Sensorik/Aktorik überprüft werden können (z.B. Feinstaubmessung und Innenstadtfahrverbot). Die Nutzung sollte an der jeweiligen Relevanz zur Lösung des Umweltproblems ausgerichtet und in einem demokratischen Prozess bestimmt worden sein.

1 Einleitung

Eine gut funktionierende technische Infrastruktur ist eine Grundvoraussetzung für die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft, deren Wirtschaft und die Lebensqualität in Städten. Dies umfasst unter anderem die Subsysteme für Energieversorgung, Siedlungswasserwirtschaft, Verkehr sowie die mit der wachsenden Vernetzung der einzelnen Systeme einhergehenden Informations- und Kommunikationsinfrastruktur.

Infrastruktursysteme sind immer eingebunden in ein institutionelles Design von Eigentums- und Rechtsformen, von Betriebsorganisation und ökonomischen Interessen. Die Transformation und Adaption der Infrastruktursysteme als eines der zentralen Handlungsfelder der Zukunftsstadt betrifft daher gleichermaßen technologische Systeme, unterschiedliche Raumebenen und unterschiedliche Akteursgruppen. Hieraus erwächst der Anspruch an eine Weiterentwicklung der städtischen Infrastrukturen, welche die zentralen Kriterien der Versorgungssicherheit, der ökonomischen Tragfähigkeit und der ökologischen Verträglichkeit erfüllen.

In jüngerer Zeit erfährt das Thema städtische Infrastrukturen im Kontext der Digitalisierung in der Praxis zunehmende Aufmerksamkeit. Ursächlich hierfür sind zahlreiche ordnungspolitische, materielle und technisch-betriebliche Herausforderungen, welche die Frage aufwerfen, wie eine Versorgung mit Infrastrukturdienstleistungen auf hohem Niveau zu vertretbaren Kosten und unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Standards sichergestellt werden kann. Hinzu kommt, dass neuartige smarte Systemlösungen das Potenzial für einen grundlegenden Umbau in Richtung einer höheren Energie- und Ressourceneffizienz sowie einer besseren Abstimmung von Angebot und Nachfrage bieten.

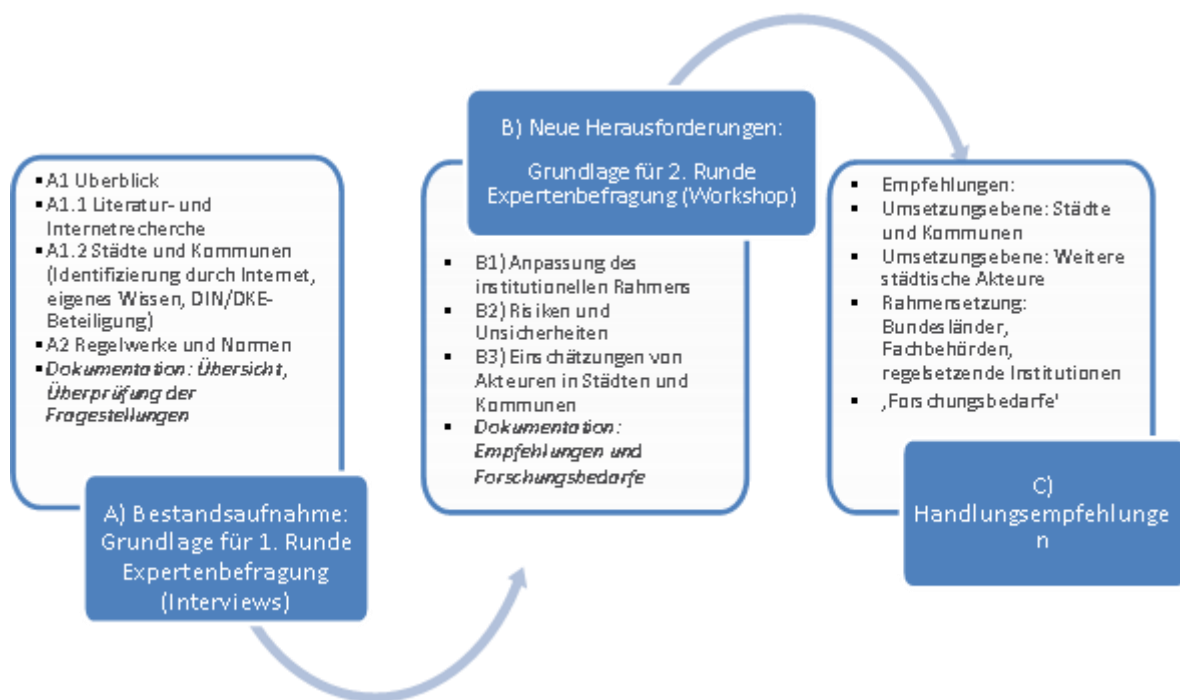
Im Fokus der Stadt- und Infrastrukturforschung stehen gegenwärtig die Transformation des Energiesystems in Hinblick auf die Nutzung erneuerbarer Energien und die energetische Stadtsanierung. Auch neuartige intelligente und multifunktionelle Systeme der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung stehen im Fokus. Zunehmend in den Blick rückt auch die Frage der stärkeren Kopplung stadttechnischer Systeme, insbesondere auch in Verbindung mit Informations- und Kommunikationstechnologien. Angesichts der zunehmenden Verschränkung digitaler Techniken mit umweltrelevanten Infrastrukturen und der damit verbundenen Narrative, „smart“ sei gut für die Umwelt, stellt sich die Frage unter welchen Voraussetzungen smarte umweltrelevante Infrastrukturen tatsächlich die versprochenen Effekte bergen.

2 Methodische Vorgehensweise der Überblicksstudie

Zur Erreichung der aufgezeigten Kernaufgaben wurde das im Folgenden abgebildete Vorgehen (vgl. Abbildung unten) umgesetzt.

In der ersten Phase kam es zu einer Aufnahme von smarten umweltrelevanten Infrastrukturlösungen aus retrospektiver und prospektiver Sicht sowie der Identifikation von technischen Regelwerken/Normen, welche auf die Implementierung dieser Lösungen eine potenzielle Wirkung haben könnten. In der zweiten Phase des Vorhabens lag der Fokus verstärkt auf der Anpassung des Institutionellen Rahmens, der Identifikation von Risiken und Unsicherheiten, sowie der Einschätzung von Akteuren und ExpertInnen. Die Ergebnisse dieser Phase wurden anschließend in einem Workshop mit ExpertInnen aus der Praxis diskutiert und validiert.

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise der Überblicksstudie (eigene Darstellung, ICLEI Europasekretariat)



3 Überblick über Smart City Ansätze

Eine der wichtigsten Grundvoraussetzungen für die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft, deren Wirtschaft und die Lebensqualität in Städten ist eine stabile technische Infrastruktur. Die klassischen Infrastrukturen wie Energieversorgung, Siedlungswasserwirtschaft oder Verkehr werden durch den Einsatz von Informations- und Kommunikations-, sowie weiterer innovativer Technologien stärker vernetzt und dadurch effizienter gestaltet. Dies bedeutet jedoch nicht notwendigerweise eine positive Beeinflussung der Umweltbilanz oder Sicherheit dieser Infrastrukturen (cyber-Angriffe). Für den städtischen Raum spricht man dabei von „Smart Cities“. Der in Arbeitspaket A1 erstellte Überblick gibt der Studie die Basis für die Analyse der smarten umweltfreundlichen Infrastrukturlösungen aus Theorie und Praxis von Smart Cities und zeigt einen Ausblick auf Trends in ausgewählten Infrastruktursegmenten auf.

3.1 Theorie - Smart City-/Infrastruktur-Ansätze in Literatur und Wissenschaft

Da keine allgemeingültige Begriffsdefinition von „Smart Cities“ und „Smarten Infrastrukturen“ existiert, erfolgte zunächst eine Recherche und Analyse bestehender Literatur zu diesen Begrifflichkeiten, um daraus einen umfassenden Handlungsrahmen und Betrachtungshorizont für das Gesamtprojekt abzuleiten.

Hauptinhalte des Begriffs lassen sich sowohl aus der Fachliteratur (Caragliu et al., 2011; DIN e.V., 2015; Jakubowski, n.d.; Meeus, 2011; Schweitzer, 2015), als auch durch Definitionen durch verschiedene Forschungsprojekte (z.B. das EU Projekt REgeneration MOdel for accelerating the smart URBAN transformation „*REMO URBAN*“) gewinnen. Eine ambitioniertere Definition deutet allerdings auf ein Zusammenspiel von Ökonomie, Sozialem und Ökologie, jeweils vernetzt mittels IKT. „Smarte Infrastrukturen“ verknüpfen physische Infrastrukturen (Transport, Energie, Wasser, Abfall, Telekommunikation) mit digitalen Infrastrukturen (Sensoren, Internet of Things (IoT), Netzwerke, BIM/GIS, Big Data, Maschinelles Lernen).

Die zu untersuchenden Infrastruktursektoren wurden eingegrenzt auf die Bereiche Energie, Wasser, Verkehr, I&K sowie Sicherheit und Schutz, wobei auch bei dieser reduzierten Sicht auf die Dinge darauf hingewiesen werden muss, dass aufgrund der Komplexität der einzelnen Systeme und deren Interaktionen sicherlich kein vollständiges Bild gezeichnet werden kann.

In diesen Infrastrukturbereichen wurden nach technischen Systemlösungen für Smart Cities (im Folgenden „Lösungen“) gesucht, welche in ihrer Ausprägung einen Beitrag zur Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit leisten, indem sie eine positive Wirkung auf den Ressourceneinsatz (Rohstoffe, Energie, Wasser, Luft, Klima, Boden/Fläche, Biodiversität) aufweisen. Der Bewertungsrahmen orientierte sich dabei an den strategischen Umweltzielen der Bundesregierung. Neben der Umweltrelevanz sollen die Lösungen außerdem „smart“ sein, also durch nachhaltig innovative, flexible, vernetzte, multifunktionale und bedarfsorientierte Systeme und Infrastrukturen charakterisiert sein.

Dieses Verständnis der Begriffe und die Eingrenzung auf Systemgrenzen dienten als Basis für die Recherche nach Praxisbeispielen und den weiteren Projektverlauf.

3.2 Praxis – Smart City-/Infrastruktur-Projekte in der Umsetzung

Die Recherche nach Smart City-Lösungen wurde mittels zweier Suchstrategien durchgeführt: zum einen konnten mit Köln, Wien und Amsterdam drei besonders aktive Städte identifiziert werden. Deren Portfolios an Umsetzungsprojekten zu innovativen, umweltfreundlichen smarten Anwendungen für siedlungsbezogene Infrastrukturen wurden untersucht, um einen Überblick über die Handlungsfelder dieser drei einzelnen Vorreiterstädte zu erlangen. Zum anderen wurden weitere Smart City-Lösungen mit Beitrag zur Umweltfreundlichkeit in vorwiegend deutschen, aber auch europäischen und außereuropäischen Städten identifiziert und anhand standardisierter Kriterien näher beschrieben.

Die Vielzahl an identifizierten Lösungen wurden zu folgenden **18 Lösungsansätzen** gebündelt (Tabelle unten).

Tabelle 1: Identifizierte Smart City Lösungsansätze

Energie	Wasserver-/entsorgung	Mobilität	Logistik	Verkehr	Sicherheit und Schutz
Information und Kommunikation					
Smart Grid zur dezentralen Energieversorgung	Management extremer Wetterereignisse	Mobility Hub mit Elektrofahrzeugen	Smarte Logistik Hubs – Last Mile Delivery	Parkplatzreservierung	Intelligente multifunktionale Straßenbeleuchtung
	Wasserverteilnetzwerk Monitoring	Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge	Intelligentes Müllmanagement	Verkehrsdatenservices	Alarm Online Plattform (City Alerts)
		Intermodalitäts-Account	Vernetzte Logistik-Objekte (Transportbehälter)	Belieferungs- und Transportprozesse (Gewerbe) in den Nachtstunden	
		Mobilitätsvermeidung (Remote Expert Government Services) Mobilität on-demand		Intelligente Verkehrsleitsysteme	

3.3 Bewertung der Smart City Lösungen hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz

Die identifizierten Smart City-Lösungen wurden anschließend hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz bewertet. Hierbei war v.a. der Haupteffekt auf die o.g. Ressourcen maßgebend. Haupt- und Nebeneffekte können dabei in unterschiedlichen Wirkebenen auftreten: direkt im individuellen Anwendungskontext, indirekt aber auch auf die Stadtebene, sowie darüber hinaus auf globaler Ebene.

Tabelle 2: Erwartete Umweltwirkung von Smart City Lösungen

Identifizierte Smart City Lösungsansätze in den Infrastrukturektoren Energieversorgung, Wasserver-/entsorgung, Verkehr/Mobilität, Sicherheit und Schutz	Erwartete Wirkung auf die Ressourcen						
	Rohstoffe	Energie	Wasser	Luft (qualität)	Boden / Fläche	Klima (stabilität)	Biodiversität
1) Smart Grid zur dezentralen Energieversorgung		++		+		+	
2) Mobility Hub mit Elektrofahrzeugen	+			+	+	+	
3) Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge				+	-	+	
4) Intermodalitäts-Account				+		+	
5) Mobility-on-demand	+	+		+	+	+	
6) Smart Taxi Stand System		+		+		+	

7) Mobilitätsvermeidung durch Remote Services	+			+		+	
8) Smarte Logistik Hubs	-	+		+	+	+	
9) Intelligentes Müllmanagement		+		+		+	
10) Vernetzte Logistik-Objekte (Transportbehälter)		+			+		
11) Parkplatzreservierung		+		+		+	
12) Verkehrsdaten-Services		+		+		+	
13) Intelligente Verkehrsleitsysteme		+		+		+	
14) Intelligente multifunktionale Straßenbeleuchtung	-	+		(+)	+	(+)	+
15) Alarm Online Plattform	+						
16) Sturmwasser Management			+	(+)	-		
17) Wasserverteilnetzwerk Monitoring			+				
18) Plattform für urbane Daten / Informationen	+/-	+/-			+/-		

Bei der Analyse der obigen Tabelle ist es bemerkenswert, dass die Biodiversität nur einmal betroffen ist; d.h. durch intelligente Straßenbeleuchtung, die ein bedarfsorientiertes automatisches Ein-/Aus-schalten gewährleistet und somit Lichtverschmutzung in urbanen Räumen reduziert, was sich nachweislich positiv auf die Biodiversität in urbanen Räumen auswirkt (vgl. Pauwels et al., 2019; Rowse Elizabeth G. et al., n.d.). Während man durchaus argumentieren kann, dass es zwischen den einzelnen Ressourcen ebenfalls Wirkungszusammenhänge gibt – dass also beispielsweise ein stabiles Klima auch die Biodiversität begünstigen wird, scheint die direkte Ansprache von intelligenten Infrastrukturlösungen den Schwerpunkt anderswo zu legen, nämlich auf Energie, Klima und Luftqualität (hauptsächlich indirekt). Interessanterweise erwarten befragte ExpertInnen bei Lösungen im Bereich der Rohstoffe in einigen Fällen Kompromisse oder sogar negative Auswirkungen, da ein Anstieg des Rohstoffverbrauchs erwartet wird - v.a. im Bereich der Seltenen Erden, welcher wiederum negative Auswirkungen auf die Ressource Boden/Fläche erwarten lässt.

3.4 Trends für zukunftsweisende Infrastrukturlösungen

In einem dritten und letzten Teilschritt des Arbeitspaketes A1 wurden Trends innerhalb der Infrastruktursektoren identifiziert, welche aus Anwendersicht neue Leistungen versprechen oder neue Nutzungsszenarien beschreiben. Diese Trends befinden sich noch weit entfernt von der Umsetzungsphase und beschreiben eher zukunftsweisende Infrastrukturlösungen.

Ein identifizierter Trend kann die **Dezentralisierung in der Energieversorgung mittels autarker Micro-Grids** sein. Micro Grids stellen dabei dezentrale Infrastrukturzellen dar. Der Trend im Sektor Energie führt mit vernetzter Energieversorgung und intelligentem Energiemanagement, im Quartier und im lokalen Raum, zur größeren Unabhängigkeit von überregionalen Infrastrukturen. Positive Effekte sind beispielsweise, dass Energie dezentral erzeugt und gespeichert werden kann und dass über verbundene Vehicle to Grid Lösungen das Stromnetz entlastet und die Flexibilität erhöht werden kann. Außerdem kann Micro-Harvesting, durch die Einbindung bisher nicht genutzter Energiequellen, zunehmen und ein peer to peer-Markt kann sich im Stromsektor etablieren. Unterstützt wird letzteres durch die Block-Chain Technologie.

Ein wichtiger Trend wird außerdem die **Sektorenkopplung** sein. So wird die Kombination verschiedener bestehender Trends wie Elektrifizierung, Vernetzung und automatisiertes Fahren zusammengeführt in Ansätzen wie „Mobility as a service“ (auch in weiterer Kombination mit autonomem Fahren), gemeinschaftliche Mobilitätssysteme oder on-demand ÖPNV.

Im Sektor Verkehr tritt die **dreidimensionale Nutzung des Stadtraumes** in den Vordergrund. So besteht der Trend, dass der urbane Luftraum zur Belieferung von Städten mittels Drohnen und Zeppelin (als Pufferspeicher über der Stadt, bspw. Amazon) genutzt wird. Der Erdraum wird als temporärer Speicher oder für Transportwege in dicht bebauten Städten (bspw. Vorhaben ‚Cargo Sous Terrain‘ in der Schweiz) verstärkt genutzt werden. Außerdem werden neue Smart Parking Lösungen, bspw. durch Umnutzung von Parkhäusern als temporäre Lager für Güter, aufkommen.

Die Technologie **Internet of Things (IoT) wurde in Kombination mit Big Data (IKT)** hier ebenfalls als ein Trend identifiziert. So kann beispielsweise die Integration von Big Data in Smart Parking, Urbane Sensorik, die Automatisierung / Vernetzung von Verkehrsträgern oder die Kombination von Big Data und Verkehrssensoren einen optimierten Verkehrsfluss und Parkmöglichkeiten ermöglichen.

In Hinblick auf Schutz und Sicherheit wird die **Mehrfachnutzung bereits vorhandener Infrastruktur** zunehmen. Beispiele dafür sind eine zunehmende Funktionalisierung von Straßenbeleuchtung, bspw. als WLAN-Transmitter, Parkraumüberwachung und Ladestation für Elektroautos oder die Nutzung bereits vorhandener privater WLAN-Netzwerke als öffentliches WLAN.

4 Bedeutung von Regelwerken und Normen für Smart City-Anwendungen

Aufgrund zunehmender Technikkonvergenz und Digitalisierung werden in bisher traditionellen Technologiesektoren und Wirtschaftsbranchen ganzheitliche Betrachtungen erforderlich. Vor allem müssen in diesem Zusammenhang **Schnittstellen** betrachtet und häufig neu definiert werden. Eine nachhaltige Quartiers- bzw. Stadtentwicklung erfordert ebenso eine ganzheitliche Betrachtung: von der Planung und Erschließung bis zu den von der Umsetzung durch entsprechende Technologieanbieter, muss der gesamte Lebenszyklus abgedeckt werden. Einen wesentlichen Beitrag zu dieser **Ausgestaltung** und des **Managements** der zum Teil neu auftretenden Schnittstellen bilden Normen und Standards. Der Einsatz neuer Technologien – wie für smarte Infrastrukturlösungen – erfordert eine Überprüfung existierender Regelwerke (inklusive Normen und Standards) und ggf. deren Anpassung. Aufgrund der sehr hohen Anzahl potentiell relevanter Dokumente – es wurden nationale, europäische und internationale Dokumente (DIN, EN und ISO Normen) in Betracht gezogen – wurde eine mehrstufige Vorgehensweise gewählt.

Zunächst wurden sämtliche Technischen Komitees (TC – Technical Committee) des Europäischen Komitees für Normung (CEN – Comité Européen de Normalisation) aufgelistet. Die Fokussierung auf europäische Komitees (CEN/TC) liegt darin begründet, dass faktisch alle europäischen Normen auf nationaler Ebene übernommen werden. Seitens des DIN wurde eine erste **Priorisierung der Komitees** hinsichtlich ihrer Relevanz für das Projekt anhand ihrer Themenfelder und Aufgabenbereiche vorgenommen. Anschließend haben die Projektpartner ICLEI und Fraunhofer IAO die identifizierten CEN/TCs anhand der Priorisierungsstufen gering, mittel und hoch bewertet. Von insgesamt 334 existierenden CEN/TCs wurden 232 als nicht relevant für das Projekt eingestuft. Von den verbliebenen 102 Technischen Komitees wurde die Priorität von 21 Komitees als gering, von 27 Komitees als mittel und von 54 Komitees als hoch eingestuft.

Um eine qualitativ hochwertige und inhaltlich fundierte Bewertung der potentiell relevanten Normen und Standards zu gewährleisten und eine realistische Einschätzung von ExpertInnen der Fachbereiche einzuholen, wurden die Verantwortlichen der **Technischen Komitees und deren ExpertInnen** in die Bewertung einbezogen. Hierfür erstellte das Projektkonsortium einen Fragebogen, welcher die Kernfragen des Projektes bezüglich der Normen und Standards der Technischen Komitees umfasst. Die Rücklaufquote beantworteter Umfragebögen belief sich auf 24,69 %, was einer absoluten Größe von 20 CEN/TCs entspricht, welche den Fragebogen beantwortet haben. Die ExpertInnen wurden gebeten, die Relevanz der nachfolgenden Themen für ihre thematischen Bereiche zu bewerten:

- ▶ Digitalisierung
- ▶ Integrationsfähigkeit unterschiedlicher Technologien
- ▶ Reduzierung des Ressourcenverbrauchs
- ▶ Verlängerte Lebens- und Nutzungsdauer
- ▶ Reparatur- und Recyclingfähigkeit / Kreislaufwirtschaft

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass nur wenige der an der Umfrage partizipierenden Komitees die identifizierten Themen als irrelevant für ihre zukünftige Arbeit sehen. Diese Ergebnisse lassen die Interpretation zu, dass die Wichtigkeit der Themen Digitalisierung, Integrationsfähigkeit unterschiedlicher Technologien, Reduzierung des Ressourcenverbrauchs, Verlängerte Lebens- und Nutzungsdauer sowie Reparatur- und Recyclingfähigkeit / Kreislaufwirtschaft bei einem Großteil der Umfrageteilnehmer erkannt wurde.

In einem weiteren Schritt wurden die ExpertInnen der Technischen Komitees gebeten, die aus Ihrer Sicht größten Herausforderungen für eine nachhaltige Gestaltung und Vernetzung von **umweltrelevanten technischen Infrastrukturen** darzustellen, um ferner die zuvor eingestuften Themen in ihrem Komitee einzubinden. Die nachfolgenden **Herausforderungen** wurden hierbei identifiziert:

- ▶ Anpassung der aktuellen Strukturen der CEN/TCs und Normenausschüsse
- ▶ Vorliegende Informationsdefizite in den Gremien abbauen
- ▶ Aufnahme der Themen / Eigenschaften in Verordnungen
- ▶ Nutzung anderer Rechtsvorschriften in kürzeren Innovationszyklen
- ▶ Divergenz von nationalen und europäischen Anforderungen
- ▶ Verschmelzung der Gewerke
- ▶ IT-Sicherheit erhöhen
- ▶ Digitale Dokumentation des Herstellungsprozesses
- ▶ Definition von Kennzahlen
- ▶ Kompatibilität gewährleisten
- ▶ Anpassung der Rahmenbedingungen

Des Weiteren wurden die CEN/TCs um eine Einschätzung gebeten, inwiefern sie den Bedarf für eine Vernetzung zu anderen CEN/TCs und / oder ExpertInnenkreisen sehen. Die Ergebnisse der ExpertInnenbefragung haben gezeigt, dass bereits einige der befragten CEN/TCs die **Notwendigkeit einer Vernetzung** zu anderen ExpertInnenkreisen erkannt haben. Durch die zunehmende Digitalisierung in sämtlichen Bereichen und die steigende Relevanz von Nachhaltigkeitsaspekten wird die Vernetzung existierender CEN/TCs untereinander zukünftig essentiell sein. Damit ist jedoch auch der mögliche Verlust von Einfluss auf die Inhalte der Regelwerke verbunden; dies begründet vielleicht auch die Aussage, dass einige CEN/TCs nicht von dieser Thematik betroffen sind.

Abschließend wurden erste **Handlungsempfehlungen**, die aus den Ergebnissen der obigen Auswertungen erarbeitet:

- ▶ Anpassung der **Rahmenbedingungen** der Normung und Standardisierung zur Betrachtung von Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsaspekten
 - ▶ Anleitung zur Vernetzung/Kommunikation bei der Erstellung neuer Normen und Standards bei konvergenten Themen
 - ▶ Lösungsvorschläge erarbeiten, wie zukünftig die Verantwortlichkeiten zur Erstellung neuer und zur Überarbeitung existierender Dokumente von mehreren Komitees oder Normenausschüssen übernommen werden können (z.B. durch "Joint Venture")
- ▶ Anpassung der **Richtlinien und Vorgaben** bei der Normenerstellung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene
 - ▶ Obligatorische Bewertung der CEN/TCs bei der Initiierung neuer Normungs- und Standardisierungsthemen hinsichtlich Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsaspekten
- ▶ Auf **nationaler Ebene** ist die Anpassung der *DIN 820 Normungsarbeit* zu überlegen. In Anlehnung an den vorherigen Punkt, wäre die Aufnahme einer Passage denkbar, dass im Rahmen der Erstellung einer neuen Norm oder der Überarbeitung einer existierenden Norm Nachhaltigkeits- und Digitalisierungsaspekte bewertet werden. Hierbei müsste zudem die formale Gestaltung einer solchen Bewertung und die zu berücksichtigenden Kriterien betrachtet werden.

Die Umsetzung einer solchen Passage und die Überarbeitung der DIN 820 ist in diesem Zusammenhang als *kritisch* anzusehen und Bedarf engster Abstimmung und offener Kommunikation mit den betroffenen Normenausschüssen. Eine Realitätsprüfung dieser Empfehlung wird im weiteren Projektverlauf erfolgen.

- ▶ Herausarbeiten einer **Handlungsempfehlung**, die die Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten bei der Entwicklung von Normen im Kontext der Digitalisierung und smarter Infrastruktursysteme befördert.
- ▶ Erarbeitung einer **Entscheidungsgrundlage** für die relevanten DIN-Präsidialausschüsse, das Präsidium von DIN und/oder den Vorstand/Geschäftsleitung, wie die Themen Digitalisierung, Umweltschutz und Nachhaltigkeit zukünftig in der Normungsarbeit verankert werden können.

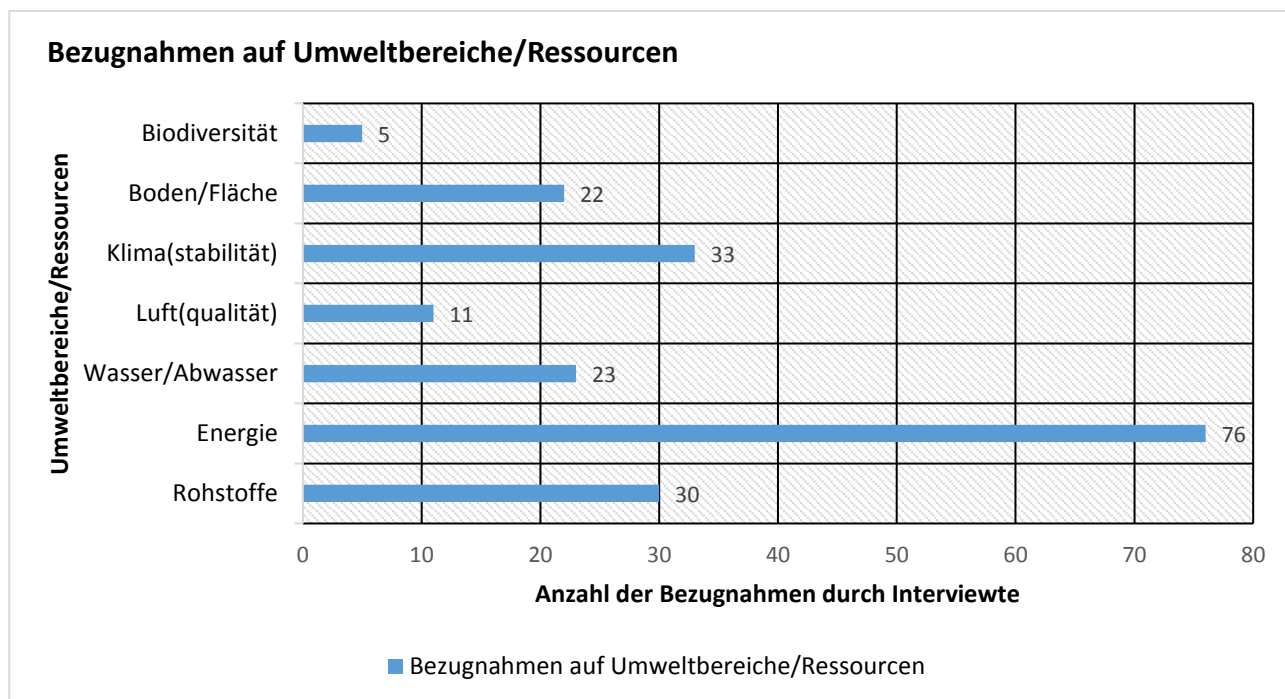
5 Einschätzung der Akteure und ExpertInnen

Im Rahmen des Projekts Smarte Umweltrelevante Infrastruktur wurden im Zeitraum von Mai 2017 bis Januar 2018 insgesamt **24 Interviews** mit ExpertInnen aus der Stadtverwaltung, städtischen Versorgern, Unternehmen, Umweltämtern sowie Stadtplanungsämtern geführt. Darunter befanden sich Vertreterinnen von Kommunen, Landesministerien, Verbänden, Akteure aus Wissenschaft und Beratung, sowie ExpertInnen aus Infrastrukturunternehmen. Ziel der Gespräche war es in Anbetracht der umfangreichen Ergebnisse der verschiedenen Arbeitspakete den Rückbezug zur Praxis herzustellen.

Die Ergebnisse der offenen Kodierung zeigen, dass Smart City ein oft nicht klar definierbares Konzept ist, unter dem verschiedene Akteure unterschiedliche Dinge verstehen. Allgemein gilt jedoch, dass **Umweltaspekte** nicht die primären Treiber für die Entwicklung und Umsetzung smarter Infrastruktur und Smart City Lösungen allgemein sind. Meist stehen andere Argumente, wie **Lebensqualität** in Kommunen oder **Effizienzsteigerungen** in verschiedenen Abläufen im Vordergrund.

Innerhalb der Umweltbereiche liegt für die interviewten ExpertInnen in ihrem täglichen Arbeitsfeld ein starker Fokus auf den Themen **Energie und Klimaschutz**. Umweltthemen wie **Biodiversität oder Flächenverbrauch** werden nur am Rande als relevant für die Smart City wahrgenommen. Dies hängt auch mit einer oft beobachteten Wahrnehmung zusammen, in der Ressourcen und Umwelt als verschiedene Bereiche betrachtet werden. Während Energie und Klimaschutz dem Bereich Ressourcen zugeordnet werden, scheinen Themen wie Wasser oder Biodiversität von den Befragten eher den Kategorien Umwelt- und Naturschutz zugeordnet zu werden (vgl. Abbildung unten).

Abbildung 2. Bezugnahmen auf Umweltbereiche des Projekts (eigene Darstellung, ICLEI Europasekretariat)



*Basiert auf der Auswertung der ExpertInneninterviews und zeigt die Summe der Bezugnahmen auf die Umweltbereiche in absoluten Zahlen. Nach „statistischen Ausreißern“ bereinigt.

Dabei überrascht angesichts aktueller politischer Diskussionen zu Dieselfahrverboten und Feinstaubbelastung die geringe Erwähnung der Luftqualität. Es ist nicht auszuschließen, dass dieser Bereich aufgrund der Methodik nicht erfasst werden konnte. Obwohl Verkehr und E-Mobilität eine große Rolle in den Gesprächen spielten haben die Gesprächspartner nur selten den Bezug zur Luftqualität explizit gemacht. Möglicherweise ist dieser der Zusammenhang aufgrund der Aktualität des Themas zu offensichtlich.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Unterschied Stadt-Land. Smart City Lösungen beschränken sich im ländlichen Raum auf Energie, Mobilität und IKT. Städte konzentrieren sich primär zwar ebenfalls auf diese Bereiche, meinen jedoch vereinzelt auch einen positiven Effekt im Hinblick auf Boden/Fläche, Rohstoffe/Abfälle, Wasser/Abwasser und Biodiversität.

In der anschließenden **iterativen Analyse** wurden darüber hinaus wiederkehrende Beobachtungen in den Gesprächen identifiziert. Diese können einen interessanten Kontext zur Bewertung und Einordnung der Smart City Debatte liefern:

- ▶ Smart City macht neue interne und externe Kooperationen erforderlich
- ▶ Nutzung von Smart City Lösungen kann zu Rebound, Intensivierung und Verlagerung führen
- ▶ Smart City bedarf einer Abwägung zwischen Nutzung und Begrenzung von Daten
- ▶ Digitalisierung ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe
- ▶ Große Hebel für Nachhaltigkeit in der Stadt sind nicht nur smart
- ▶ Die Gestaltung der Smart City verlangt vielseitige Werkzeuge im Bereich Regulierung
- ▶ Die Rolle der Smart City für die strategische Ausrichtung ist in jeder Kommune verschieden
- ▶ Die technische Weiterentwicklung der Smart City ist schwer vorherzusagen
- ▶ Die Smart City führt zu Schöpferischer Zerstörung
- ▶ Die Smart City schafft neue Aufgaben in der Kommune
- ▶ Smart City birgt das Risiko geschlossener technischer Systeme

6 Anpassung des institutionellen Rahmens

Zunehmende Technikkonvergenz und Digitalisierung erzwingen in bisher traditionellen Technologie-sektoren und Wirtschaftsbranchen neue ganzheitliche Betrachtungen. Vor allem müssen in diesem Zusammenhang Schnittstellen betrachtet und häufig neu definiert werden. Eine nachhaltige Integration neuer Technologien erfordert ebenso eine ganzheitliche Betrachtung und erfordert neue, **sektor-übergreifende Expertise**.

Als institutioneller Rahmen wird in diesem Projekt die Organisation und das Zusammenspiel zwischen den regelsetzenden Instituten DIN, DKE, VDE, VDI und DVGW verstanden. Ein unmittelbarer Bestandteil technischer Lösungen bzw. die Integration derer in den Alltag ist die Aufgabe der technischen Regelungsetzung.

Die thematische Abgrenzung der regelsetzenden Institutionen zueinander als auch teils innerhalb der Organisationen ist historisch gewachsen. Eine separate Betrachtung einzelner Themen war in der Vergangenheit und ist teilweise auch noch bei aktuellen Themen sinnvoll.

Die **Technikkonvergenz** der Themen Smart Cities oder Industrie 4.0, vor allem die Fusionierung der Informationstechnologie mit vormals analogen Bereichen, erfordert eine holistische Betrachtung und setzt eine stärkere Interaktion zwischen Technologieanbieter (Industrie) und Nutzer (Kommune) voraus. Diese neuen Verknüpfungen erzwingen auch neue Herausforderungen in der Organisation von Schnittstellen, fachlichen Zuständigkeiten und ressortübergreifender Kommunikation. Dies gilt nicht nur für die Arbeitsorganisation und **Kommunikation im kommunalen Bereich**, sondern auch für die Struktur der technischen Regelungsetzung.

In jüngster Vergangenheit konnten bereits erste **branchenübergreifende Standardisierungsprojekte** zu den Themenbereichen

- ▶ Straßenbeleuchtung
- ▶ Urbane Datenplattform für Verkehr, Energie, Umwelt
- ▶ Smart Grid zur dezentralen Energieversorgung
- ▶ Letzte Meile
- ▶ Wasserver- / entsorgung

durchgeführt werden, die in diesem Bericht als Best Practice Beispiele näher vorgestellt werden.

Um der steigenden Anzahl konvergenter Themen durch eine zukunftsorientierte Organisation der nationalen, europäischen und internationalen Normungsarbeit gerecht zu werden, wird dem zukünftigen Schnittstellenmanagement eine besonders wichtige Rolle beigemessen. Daraus ergeben sich für die deutsche Normungslandschaft die nachfolgenden Herausforderungen:

- ▶ **hoher Abstimmungsbedarf:** es müssen Informationen geteilt werden zwischen technischen Regelsetzern (DIN/DKE), die die internationalen Arbeiten beobachten, und deutschen Konsortien, die an Smart City Projekten beteiligt sind, wie kommunalen Spitzenverbänden, anderen nationalen Spiegelgremien mit Smart City Relevanz, Bundesministerien, Bundesbehörden.
- ▶ Keine (oder seltene) **Übernahme** internationaler Smart City Normen, da hier weder der Fokus (andere Ausgangssituation Asien = Neubau vs. Europa = Bestand) noch eine ausgeglichene Besetzung bzw. deutsche Beteiligung gewährleistet werden kann.
- ▶ **Aufklärungsarbeit** zu betreiben ist bzgl. neuer Produkte für die städtische Infrastruktur: welchen internationalen oder Europäischen Normen entsprechen diese Produkte und sind diese kompatibel mit der Position entsprechender nationale ExpertInnenrunden / Gremien.

Um in den zuvor genannten und weiteren konvergenten Bereichen ein Schritthalten mit technologischer Entwicklung zu gewährleisten, wurden zentrale Handlungsempfehlungen zur Erarbeitung neuer Regelwerke ausgearbeitet, um die Schaffung agiler und flexibler Strukturen in der Normungslandschaft zu unterstützen:

- ▶ Einbindung sektorübergreifender Expertise, bzw. agile **Beteiligung** einzelner Akteure, anstatt feste Strukturen der gleichen Akteure und „Abschottung“ selbiger.
- ▶ Verbindung diverser Technischer Komitees, sowohl bei DIN als auch bei CEN und ISO, deren Wissen bei Smart City fusioniert werden muss.
- ▶ **Flexible Strukturen** und die Auflösung der aktuellen Strukturen, europäisch und international: die Trennung elektrotechnischer und nicht-elektrotechnischer Themen (sprich: ISO vs. IEC bzw. CEN vs. CENELEC) ist nicht mehr zeitgemäß.
- ▶ **organisatorische Strukturen** (Matrix-Strukturen) geschaffen werden, die es ExpertInnen aus Wirtschaft, Forschung, Kommunen, etc. ermöglicht, flexibel zwischen der starren Komitee-Struktur zu springen und sich bei Themen zu engagieren die sie betreffen und die von deren Expertise profitieren können.
- ▶ Es müssen **Anreizsysteme** geschaffen werden die es kommunalen Vertretern erlaubt an diesen Projekten teilzunehmen; Die Beschreibung und Gestaltung des kommunalen Raumes finden auch in internationalen Komitees statt (ISO/TC 268, Systemkomitees bei IEC und ISO) – hier finden sich aktuell keine Vertreter von Städten unabhängig geografischer Zuordnung.

Diese genannten Vorschläge zu **strukturellen Änderungen** des Gesamtsystems sind nur unter Zustimmung von DIN, CEN, CENELEC, ISO, IEC denkbar und somit nicht kurzfristig zu realisieren. Daher wurden zudem weniger signifikante strukturelle Änderungen dargelegt, die zumindest eine flexible und agile Erarbeitung von Normen und Standards in Deutschland ermöglichen könnten.

7 Risiken und Unsicherheiten

Mit smarten, digitalen Lösungen für Infrastrukturen einer modernen Stadt werden große Potentiale verbunden. Mit ihrer Hilfe können positive Umwelteffekte wie eine Senkung der Treibhausemissionen, Energieeinsparungen oder die Schonung von Ressourcen erzielt werden. Gleichzeitig können diese Lösungen auch Risiken und Unsicherheiten mit sich bringen.

7.1 Kritische Infrastrukturen und Risikokategorien

Der Fokus der hier betrachteten Smart-City-Ansätze liegt zu großen Teilen im Bereich der sogenannten **kritischen Infrastrukturen**, z.B. Versorgung mit Energie und Wasser, Sicherheit, Verkehr und Informations- und Kommunikationsnetze. Diese kritischen Infrastrukturen beschreiben Systeme, welche eine übergreifende Bedeutung für die Aufrechterhaltung zentraler gesellschaftlicher Funktionen haben und daher eines besonders guten Risikomanagements bedürfen. Sie liegen überwiegend in **kommunaler Verantwortlichkeit** und dienen gleichzeitig der **Daseinsvorsorge**. Die aus der Theorie stammende Unterscheidung zwischen Entscheidungen, die unter Risiko und solchen, die unter Unsicherheit getroffen werden, ist aufgrund der Komplexität der untersuchten Lösungsansätze und des teilweise divergierenden Nutzens für unterschiedliche „Akteure“ (Kommune, Privatwirtschaft, Umwelt) auf der Beschreibungsebene der Lösungsansätze nicht möglich. Somit wird nachfolgend die Kategorie „Risiken und Unsicherheiten“ verwendet, ohne dabei Wahrscheinlichkeitszustände zu unterscheiden.

Folgende Zusammenstellung an Risikokategorien mit Smart City Relevanz können abgeleitet- und nach Umweltrisiken und kommunalen Risiken unterteilt werden:

Kommunale Risiken

- ▶ Strategisches Risiko
- ▶ Politisches Risiko
- ▶ Finanz-/marktwirtschaftliches Risiko
- ▶ Organisatorisches Risiko
- ▶ Operatives Risiko
- ▶ Soziales Risiko
- ▶ Sicherheitsrisiko

Umweltrisiken

- ▶ Rohstoffverbrauch
- ▶ Nicht erneuerbare Energie
- ▶ Wasserqualität
- ▶ Luftqualität
- ▶ Boden/Flächenverbrauch
- ▶ Klimastabilität
- ▶ Biodiversitätsverlust

7.2 Synthese der Ergebnisse zur Risikobewertung und -interpretation der 18 Lösungsansätze

Viele der genannten Risiken treffen gleich auf mehrere Lösungsansätze zu. Die Schnittstelle zwischen Digitalisierung und Automatisierung bspw. begünstigt immer wieder ähnliche Risiken. So sind Themen wie **Sicherheit** durch Cyberattacken allgemein gültig. Die Versorgungssicherheit sowie die Daseinsvorsorge werden durch die Entwicklung von großenteils digitalen, automatisierten und vernetzten Infrastrukturen (Energie, Wasser, Sicherheit, Verkehr, IKT) komplexer, die Störung oder Zerstörung insbesondere von kritischen Infrastrukturen möglicherweise riskanter. In diesem Zusammenhang muss laut der ExpertInnen bedacht werden, dass verstärkt **Kaskadeneffekte** auftreten werden. Wenn innerhalb des vernetzten Systems eine Einheit defekt ist, kann sich dies auf andere Einheiten im System oder auf das Gesamtsystem auswirken. Die Abhängigkeit geht dabei soweit, dass **Marktmacht** durch einzelne Internet- und Technologiekonzerne erlangt werden kann, wie sie bisher nicht gegeben war. Ursprünglich liegt die Pflicht der Fürsorge für die Daseinsvorsorge in öffentlich kommunaler Hand. Durch die Abhängigkeit von Konzernen entsteht das Risiko des **Lock-in-Effekts**. Ein Ausweg

sind möglicherweise neue Formate für die Gestaltung öffentlicher Ausschreibungen, die mehr Flexibilität und Systemoffenheit bieten.

Durch Digitalisierung und Vernetzung, die für jeden der diskutierten 18 Smart City Lösungsansatz zentral sind, entsteht eine massive Ansammlung von Daten. Dies birgt Angriffsfläche für **Datenmissbrauch**, was vor allem von Individuen und Schutzinitiativen als ernstzunehmendes Risiko aufgegriffen wird. Die Sammlung und Bereitstellung von großen Datenmengen birgt bspw. das **soziale Risiko**, individuelle Bewegungs- und Konsumprofile zu erstellen und diese mit den sozio-demographischen Merkmalen von Nutzern verknüpfen zu können, was einer gewissen Überwachung gleichkommt. Unter dem Schlagwort „Filterblase“ ist dies in der jüngsten Vergangenheit häufig diskutierte Phänomen zwischen individueller bedarfsgerechter Informationsaufbereitung und gezielter Meinungsbeeinflussung angekommen. Es stellt sich die Frage, wie die Gesellschaft in Zukunft mit dem „gläsernen Bürger“ umgehen wird. In Deutschland besteht eine der größten Ängste von Privatpersonen darin, durch die schnelle Digitalisierungsentwicklung keine Kontrolle mehr über den Datenschutz zu haben. Es müssen also Wege gefunden werden, wie die Kommunikation und Vernetzung sichergestellt und mit datenschutzrechtlichen Aspekten kombiniert werden kann.

Daneben werden zum sicheren Austausch von großen und wertvollen Datenmengen Block Chain Anwendungen notwendig, welche einen enormen Energieverbrauch mit sich bringen und somit nicht in Einklang mit dem Nachhaltigkeitsgedanken stehen. Während einerseits eine Datenvielfalt sehr einfach angesammelt werden kann, was teilweise in einem undurchsichtigen Datenwald resultiert, führt der Datenschutz andererseits zu Datenisolierung, z.B. in einzelnen Fachabteilungen von Kommunen. Das Dilemma zwischen Datenquantität und -qualität ist kaum aufzulösen und ist mit einem hohen **strategischen Risiko** verbunden.

Von den interviewten ExpertInnen wird außerdem mehrfach aufgezeigt, dass Low-Tech Anwendungen manchmal zielführender als die High-Tech Anwendungen sind, letztere also nicht zwangsläufig zu einer nachhaltigen Gesellschaft führen. Häufiger sollte sich die Frage gestellt werden, ob digitale Lösungen nur aufgrund der technologischen Machbarkeit und Innovationsfreude verfolgt werden.

Die Entwicklung smarter Technologien schreitet häufig so schnell voran, dass sowohl Gesellschaft als auch Normierungs- und Standardisierungsbemühungen nicht mit dieser Innovationsgeschwindigkeit schritthalten können. Beispiele liefert der Sektor Mobilität: Beim Ersatz der Verbrennungsmotoren durch Elektroantriebe muss die Anpassung der Ziele für erneuerbare Energien durch die Bundesregierung überdacht werden. **Organisatorische und operative Risiken** bestehen auch durch zu langsame Adaptierung an Technologien (z.B. fehlende Normierung der Ladestecker in den Anfängen der Entwicklung). Weiterhin besteht für nahezu jeden Lösungsansatz ein politisches Risiko, weil Gesetzesänderungen sich so auswirken können, dass bestimmten smarten Lösungssystemen der Zugang verweigert wird oder neben zu langsamer Standardisierung auch falsche Rahmenbedingungen (z.B. gesetzlich) geschaffen werden. Siehe auch disruptive Geschäftsmodelle wie UBER, Lyft und andere Fahrdienste, welche die etablierten Branchen bedrohen. Die Reaktionszeit von Politik und Regelsetzung sind auch in diesem Fall zu langsam um eine zeitnahe Lösung dieser sozioökonomischen Konflikte zu erarbeiten.

Im Bereich des automatisierten Fahrens entstehen darüber hinaus Konsortialstrukturen, die es Unternehmen erlauben eigene technische Regeln aufzusetzen, teilweise unter Ausschluss der Öffentlichkeit, Regelsetzern, Behördenvertretern. Auch hier besteht verstärkt die Gefahr Umwelt- und Nachhaltigkeitsfaktoren gänzlich aus der Betrachtung zu lassen.

Das Ziel der Nachhaltigkeit, welches in erster Linie mit smarten Lösungen und vernetzten Technologien verfolgt wird, ist dabei nicht zwangsläufig durch den digitalen Wandel gegeben, sondern muss auch von einem radikalen Systemwechsel begleitet sein. Die Relation von eingesetzter „**grauer**“ **Energie** für Aufbau und Betrieb eines Systems (z.B. Lebenszyklus/Austauschrate/Wartungsintensivität

Sensoren) zur Einsparung muss dabei genauso berücksichtigt werden wie das Vermeiden von **Rebound-Effekten**.

Eines von vielen **sozialen Risiken** besteht in dem Verlust von eigenen Arbeits- und Denkweisen und einer Entfremdung zu den oft einfacheren oder besseren analogen Lösungen. Zudem spielt die **soziale Akzeptanz** für jeden der oben genannten Ansätze eine wesentliche Rolle und ist von mehreren Faktoren beeinflusst. Zum einen ist der Erfolg des Ansatzes immer abhängig vom Nutzen für die Zielgruppen. Selten werden dabei solche Menschen berücksichtigt, die keinen finanziellen, physischen, sprachlichen oder technikaffinen Zugang zu den entsprechenden smarten Lösungsansätzen finden (können). Insbesondere die digitale Spaltung wird Deutschland in den kommenden Jahrzehnten in diesem Kontext begleiten. Eine zentrale Aufgabe zur Vermeidung dieses sozialen Risikos wird es sein, alle Menschen mitzunehmen und ihnen den Zugang zu den Lösungsansätzen zu bieten.

Zum anderen haben technische Innovationen keine Chance, wenn sie nicht mit **sozialen Innovationen** einhergehen, die sich in veränderten Handlungspraktiken der Gesellschaft ausdrücken. Für die Ausbreitung besonders wünschenswerter Handlungspraktiken sollten Anreize z.B. durch öffentliche Institutionen geschaffen werden, um gesellschaftsrelevante Ziele vor wirtschaftlichen Zielen zu verfolgen.

Zur Frage, ob die **I&K-Infrastruktur** der Stadt Teil der Daseinsvorsorge ist, existieren unterschiedliche Meinungen im ExpertInnenkreis. Allgemein gilt jedoch, dass der digitale Wandel die Daseinsvorsorge verbessern oder wenigstens halten sollte. Aktuell ist dies insbesondere in ländlichen Gegenden noch nicht gegeben. Ein Ungleichgewicht entwickelt sich dabei nicht nur auf kommunaler Ebene, sondern auch zwischen der Stadt und dem Bund bzw. der EU. Das in der Stadt erwirtschaftete Geld wird hier von Bund oder EU verwaltet und verteilt. Die Stadt kann mit einem Lösungsansatz Gewinne erwirtschafteten aber nur verhältnismäßig geringe Anteile zurückbekommen, womit sich Investitionen in smarte, nachhaltige Lösungen nicht lohnen. Für ein funktionierendes Allgemeinwesen ist laut interviewten ExpertInnen eine Zentralstruktur von Nöten, muss jedoch im Einzelfall überdacht werden. Beispielsweise können Ressort- und bereichsübergreifende Finanzierungsmöglichkeiten durch verschiedene Ministerien realisiert werden. So könnte in diesem Fall ein Ausgleich dieser Schieflage zu mehr sozialer Akzeptanz eines Lösungsansatzes führen und das **finanzwirtschaftliche Risiko** senken.

Die Risikoanalyse der identifizierten Smart City-Lösungsansätze zeigt, dass viele Ansätze in ihrer Grundausrichtung neben den vorwiegend wirtschaftlichen Absichten auch eine positive Umweltwirkung zum Ziel haben. Nichtsdestotrotz müssen vor einer Umsetzung der Ansätze in Städten Einzelfalluntersuchungen erfolgen, ob **umwelttechnische** und **kommunale Risiken** auftreten können und welche Folgen daraus bei Eintreten dieser Risiken für Umwelt und Kommune zu erwarten sind.

8 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder, städtische Akteure und Kommunen

Das multidimensionale Themenfeld smarter umweltrelevanter Infrastrukturen, welches in dieser Studie untersucht wird, stellt alle beteiligten Akteure vor große Herausforderungen. Die Anforderungen und Erwartungen an eine digitale, städtische Infrastruktur in Deutschland und anderswo sind gleichermaßen hoch wie diffus. Von einer sektoralen Betrachtung ausgehend sind die wirtschaftlichen Vorteile durch Effizienzgewinne klar – etwa bei den Sektoren Verkehr und Energie. Allerdings können smarte Infrastrukturen auch zum Erreichen von Umweltzielen beitragen (**Kernbotschaft 1**). Besonders mit Hinblick auf die von den Vereinten Nationen 2015 verabschiedeten nachhaltigen Entwicklungsziele in den Bereichen Wasser/Abwasser, saubere Energie, Innovation, nachhaltige Städte und Gemeinden, verantwortliche Produktion und nachhaltiger Konsum sowie dem Klimawandel, können smarte Lösungen einen wesentlichen Beitrag leisten. Allerdings gilt es bei Lösungsansätzen, die genauen Voraussetzungen zu überprüfen, unter welchen sie tatsächlich positive Umweltwirkungen mit sich bringen. Denn: die Smart City – und damit Effizienzgewinne – ist nicht per se gleichbedeutend mit Umwelt- und Klimaschutz (**Kernbotschaft 2**). Sogenannte Reboundeffekte können die gewonnenen Effizienzgewinne erodieren. Außerdem kann es zu Verlagerungs- und Intensivierungseffekten kommen. Um solche Effekte zu vermeiden, bzw. zu minimieren, ist eine vermehrte interdisziplinäre Kooperation zwingend notwendig (**Kernbotschaft 3**). Auf Bundes- und Länderebene, als auch auf kommunaler Ebene, muss es vermehrt zu abteilungsübergreifenden Kooperationen kommen, sowohl innerhalb, als auch zwischen den einzelnen Verwaltungsebenen, damit die Digitalisierung nicht zum Selbstzweck wird, sondern für die Umwelt und die Gesellschaft arbeitet. Hier sind insbesondere Kommunen angehalten sich stärker zu beteiligen, denn eines wurde durch die Überblicksstudie ersichtlich: die Digitalisierung schafft neue Aufgaben für die Kommunen (**Kernbotschaft 4**) – etwa bei der Daseinsvorsorge – welche eine eingehende Beschäftigung mit dem Thema notwendig machen. Nicht zuletzt bedarf die Smart City einer vorsichtigen Abwägung zwischen Nutzung und Begrenzung von Datensammlung- und Verwendung (**Kernbotschaft 5**), bei welcher nicht nur die Kommunen, sondern gleichermaßen auch städtische Akteure sowie Bund und Länder gefragt sind aktiv zu werden.

Entlang dieser Argumentationslinien liefert der folgende, letzte Teil der vorliegenden Untersuchung einige Handlungsempfehlungen an Bund und Länder, städtische Akteure und Kommunen. In Hinblick auf die Komplexität des Themas, können diese einem etwaigen Anspruch auf Vollständigkeit nicht genügen, jedoch können sie einen Weg aufzeigen, in welche Richtung sich die Debatte rund um die Smart City entwickeln sollte, damit sie die Erwartungen in Puncto Gesellschaft und Umwelt erfüllen kann.

8.1 Methode

Zwischen Mai 2017 und Januar 2018 hat das Projektkonsortium rund 24 Interviews mit ExpertInnen verschiedener Bereiche und Fachrichtungen geführt. Darunter befanden sich VertreterInnen von Kommunen, Landesministerien, Verbänden, Akteure aus Wissenschaft und Beratung, sowie ExpertInnen aus Infrastrukturunternehmen. Ziel der Gespräche war es in Anbetracht der umfangreichen Ergebnisse der verschiedenen Arbeitspakete den Rückbezug zur Praxis herzustellen. Die Interviews haben somit die Funktion eines Realitätsabgleichs innerhalb des Projekts.

Im Mai 2018 hat das Projektkonsortium einen ExpertInnenworkshop mit rund 15 TeilnehmerInnen durchgeführt. Als Diskussionsgrundlage hierfür wurde die Auswertung der ExpertInneninterviews herangezogen. Abgefragt wurde u. a., die Umweltrelevanz smarter Infrastrukturen, welche in den Interviews von den ExpertInnen identifiziert und anschließend ausgewertet wurde, der Bedarf zur Anpassung des institutionellen und organisatorischen Rahmens, sowie Normungsaspekte- und Bedarfe.

Die ExpertInnenrunde hat zudem entlang verschiedener Wirtschaftssektoren sowie entlang einzelner Akteursgruppen, Handlungsempfehlungen an Kommunen, städtische Akteure und Bund/Länder formuliert, diskutiert und priorisiert, welche die Grundlage der Ausführungen in den folgenden Kapiteln darstellen.

8.2 Beschreibung des Ansatzes (Kriterien)

Die in den Kapiteln 7.3 bis 7.8 beschriebenen Handlungsempfehlungen, sind sowohl anhand der **fünf Kernbotschaften** gruppiert, welche sich auch aus der Einleitung ergeben, als auch anhand der drei Akteursgruppen (Bund/Länder, städtische Akteure und Kommunen). Um den einzelnen Forschungsfragen gerecht zu werden und um einen flüssigen und strukturierten Erzählrahmen zu schaffen, werden die Handlungsempfehlungen (im Folgenden auch als Maßnahmen bezeichnet) außerdem jeweils auf folgende Fragen hin untersucht: (1) Besteht Anschlussfähigkeit auf internationale Nachhaltigkeitsziele? (2) Sind ggf. andere Akteure mit einzubeziehen? (3) Ist die Empfehlung Normungsrelevant – und welche bestehenden Regelwerke gibt es bereits? (4) Was sind zu erwartende Herausforderungen bei der Umsetzung? (5) Welche weiteren Forschungsbedarfe ergeben sich? (6) Was ist das Risiko („0-Variante“) bei entgegengesetzter Entwicklung?

Die Handlungsempfehlungen sind im Folgenden in Erzählform beschrieben und auf die genannten Aspekte hin „abgeklopft“. Dabei kann es vorkommen, dass vereinzelt Maßnahmen und die jeweiligen Implikationen, gebündelt beschrieben werden, um so Synergien zu schaffen. Zudem kann es sein, dass die genannte Erzählstruktur in Einzelfällen nicht vollständig durchexerziert werden kann, sodass nur einzelne Aspekte beschrieben werden. Eine Tabelle mit allen Handlungsempfehlungen, sowie deren Implikationen, ist in Kurzform im Anhang in ANNEX C in der Langversion dieses Berichts zu finden.

8.3 Smarte Infrastrukturen können zur Erreichung von Umweltzielen beitragen

Europa und seine Städte sind heute mehr denn je konstantem und nachhaltigem Wandel ausgesetzt. Der Urbanisierungsgrad, obwohl für Europa kein neues Phänomen, liegt bei über 76% im EU Durchschnitt. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend weiterhin, wenn auch langsam, zunimmt. In Deutschland liegt er etwas darunter – bei ca. 75% (ebd.). Der Klimawandel stellt eine große Bedrohung für Europa und seine BewohnerInnen dar, wovon ein Großteil aus dem urbanen Raum kommt. In Deutschland wurden im Jahr 2014 ca. 900 Millionen Tonnen CO₂ Äq. emittiert, wovon der mit Abstand größte Teil aus der Energiewirtschaft kommt (ca. 360 Mio. Tonnen CO₂ Äq.), gefolgt von den Sektoren Industrie, Verkehr und Gebäude. Der Deutsche Klimaschutzplan sieht eine durchschnittliche Gesamt-reduktion von 56% über alle Sektoren hinweg bis 2030 vor, was einer Reduktion von 700 Mio. Tonnen CO₂ Äq. gegenüber 1990 entspricht – davon sind heute erst 350 Mio. Tonnen eingespart (ebd.). Darüber hinaus stellt das Pariser Klimaabkommen die Welt vor die Herausforderung die menschengemachte globale, durchschnittliche Erderwärmung auf deutlich unter 2° C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen. Zudem werden die globalen Ressourcen knapper. Der globale Materialverbrauch stieg im 20. Jahrhundert um den Faktor 8, von ca. 8 Gt/a 1900 auf über 60 Gt/a 2005. Im Jahr 2014 lag er bereits deutlich über 70 Gt/a, bei gleichzeitig asymmetrischer Verteilung dieser Güter, was nach wie vor zu anhaltendem Nicht-Vorhanden-Sein entsprechender Materialdienstleistungen weltweit führt und somit zu Armut, Hunger und fehlendem Zugang zu sauberem Wasser.

Die Vereinten Nationen prangern diese globalen Missstände erneut in ihrem Bericht von 2015 an. Aber auch in der Europäischen Union hat man vielerorts erkannt, dass unsere Gesellschaften nicht in dieser Art und Weise weiter produzieren und konsumieren können, wenn wir nicht an den Rand der planetarischen/natürlichen Grenzen stoßen wollen. Um diesen Problemen zu begegnen, hat die Europäische Kommission Strategien entworfen, wie die Produktion und der Konsum in der EU kreisläufiger und klimafreundlicher gestaltet werden können. Dem Kreislaufwirtschafts *Communiqué* von 2014 wurde 2018 ein umfangreiches *monitoring framework* zugefügt, welches ein nationalterritoriales Messen der

Materialzirkularität ermöglichen soll. Zudem soll sich unsere Wirtschaft von einer auf endlichen Rohstoffen basierenden zu einer auf nachwachsenden Rohstoffen ausgerichteten entwickeln. Außerdem stellt die sogenannte *EU Urban Agenda* einen umfangreichen Rahmen zur Verfügung, welcher darauf abzielt, eine Vielzahl der genannten Probleme auf städtischer Ebene zu bearbeiten. Aber auch in Deutschland gibt es zahlreiche Rahmenprozesse und Strategien, mit welchen die politische Einbettung und Anschlusspunkte für eine verbesserte Bearbeitung von Umwelt- und Klimaproblematiken gewährleistet werden soll. Hier sind u.a. die Deutsche Bioökonomiestrategie, die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, sowie die Energiewende und der Klimaschutzplan 2050 zu nennen.

Allerdings steht Europa nicht nur vor der Herausforderung der Entwicklung einer Wirtschafts- und Lebensweise, welche unseren Planeten nicht im heutigen Maße zerstören, sondern es steht auch vor Herausforderungen des sozialen Zusammenlebens, des sozialen Zusammenhalts und des sozialen Wohlstands. Besonders in Städten ist die zunehmende, eingangs angesprochen Urbanisierung zu spüren. Es gilt, die grundlegenden Bedürfnisse wie ausreichend sauberes Wasser, genügend Energie, bezahlbares Wohnen, Sicherheit, sowie individuelle und effiziente Mobilität und Logistik – aber auch Bildung und Gesundheitsversorgung, sowie öffentliche Verwaltung, auf engstem Raum mit begrenzten Ressourcen zu bewerkstelligen. Das Konzept der SC verspricht hierzu Lösungen, welche vor allem durch Effizienzgewinne zustande kommen. Der Anspruch, dass die Smart City vieles zu den genannten Problemstellungen leisten kann, steht für die AutorInnen außer Frage. Nicht-umweltrelevante Bereiche einmal ausgeblendet, stellt sich dennoch die Frage, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen die Smart City zum Erreichen von Umweltzielen beitragen kann. Im derzeitigen Diskurs wird oft der Eindruck vermittelt, dass die Smart City implizit immer auch nachhaltig sei. Dieses Paradigma gilt es zu hinterfragen und stattdessen zu eruieren, unter welchen speziellen Voraussetzungen, sich Smart City und Umwelt- sowie Klimaschutz zusammen denken lassen. Im Folgenden sind einige Handlungsempfehlungen für die einzelnen Akteure (Kommune, städtische Akteure, Bund/Länder) zusammengestellt, welche möglicherweise einige der Voraussetzungen beschreiben, unter welchen eine *umweltschonende* Digitalisierung, die einen Mehrwert für die Umwelt erzeugt, gelingen kann.

8.3.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder

Zentrale **Handlungsempfehlungen** an den Bund sind die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie und eines grundsätzlichen Rahmens zu Smart City Konzepten sowie das Verankern von Umweltkriterien (ggf. durch Beteiligung des BMU, BMI und UBA) in beiden. Die Smart City Charta, die mit 70 ExpertInnen aus Kommunen, kommunalen Spitzenverbänden, Länderministerien, Organisationen der Wissenschaft, Wirtschafts- und Sozialverbände sowie Zivilgesellschaft, Verbände und Bundesressorts, entwickelt wurde, stellt einen ersten Schritt in diese Richtung dar, indem sie die Nachhaltigkeitsaspekte der digitalen Transformation klar benennt. Die Vertiefung und Weiterführung dieses Prozesses könnte zur systematischen Einbindung von Umweltkriterien in einer bundesweiten Digitalisierungsstrategie genutzt werden. Des Weiteren sollten öffentliche Ausschreibungen (Beschaffung) zu Smart City Lösungen mit Nachhaltigkeitskriterien verknüpft werden. In diesem Zusammenhang sollten außerdem Fördertöpfe für smarte, umweltschonende Infrastruktur geschaffen werden. Zudem sollten Bund und Länder Informations- und Bewusstseinsarbeit für Nachhaltigkeitsziele und Smart City leisten.

Diese genannten Maßnahmen könnten durch die **Einbeziehung von Kommunen und städtischen Akteuren** stark an Qualität, Durchsetzungskraft und Reichweite gewinnen. Das heißt, wo möglich, sollten diese Akteure mit einbezogen werden. Als Anknüpfungspunkte an **internationale Nachhaltigkeitsziele** sind hier unter anderem die UN *Sustainable Development Goals* Nummer 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, der Nationale Klimaschutzplan 2050, das EU Kreislaufwirtschaftspaket, sowie die EU und die Deutsche Bioökonomiestrategien zu nennen.

Viele Ministerien haben bereits die hohe Relevanz erkannt, Normungsorganisationen in öffentlich geförderte Projekte einzubeziehen und **Normungs- und Standardisierungsaktivitäten** in Ausschrei-

bungen zu adressieren. Das BMU bringt sich bereits gewinnbringend in die Ad-hoc Gruppe Smart Cities bei DIN ein. Umweltkriterien und Nachhaltigkeit spielen in diesem Zusammenhang bisher allerdings eine untergeordnete Rolle. Die Arbeitskreise bei DIN werden in der Regel sehr heterogen zusammengesetzt, sodass viele verschiedene Stakeholder ihre jeweiligen Interessen in die Diskussionen einbringen können. Hier haben die Bundesministerien die Möglichkeit, Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele in die Diskussionen einfließen zu lassen.

Mit der Gründung und Finanzierung der DIN-Koordinierungsstelle Umweltschutz durch das Umweltministerium im Jahr 1992 wird bereits seit mehr als 25 Jahren die Einbeziehung von Umweltgesichtspunkten in die Normung unterstützt. Diese Erfahrungen sollten in die Erstellung dieser Digitalisierungsstrategie eingebunden werden.

Insbesondere bei der Erstellung einer bundesweiten Digitalisierungsstrategie, der Integration von Umweltkriterien und bei der Gestaltung öffentlicher Ausschreibungen sollte Normung und Standardisierung mit eingebunden werden.

Herausforderungen bei der Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie sind u.a. divergierende Interessen (Wirtschaft, Umwelt, BürgerInnen), fehlende Studien, die Einbindung internationale Unternehmen, ein fehlender gesetzlicher Rahmen, sowie erschwerende politische Aspekte – eine interministerielle- und interdisziplinäre Kooperation ist hier unabdingbar. Außerdem ist die „Beweislage“ bezüglich der Umweltwirkungen bestimmter Smart City Lösungen teilweise noch nicht eindeutig. Hinsichtlich des öffentlichen Beschaffungswesens bestehen vielerorts bereits Vorgaben. Allerdings ist hier nicht nur Bundesbeschaffung wichtig, sondern auch lokale Beschaffungskriterien (mögliche Handreichungen seitens des Bundes?), wobei die Beweislage entsprechend tatsächlicher positiver Umweltwirkungen (z.B. bei bio-basierten Produkten) oft nicht klar ist.

Sollte der Bund hier nicht aktiv werden, besteht das Risiko, dass Nachhaltigkeitskriterien im Digitalisierungsprozess nur unzureichend Berücksichtigung finden. Mögliche negative Effekte einer unkontrollierten Digitalisierung ohne entsprechendem Rahmen, könnten zum Nachteil der BürgerInnen sein, während die vielen positiven Potenziale für die Gesellschaft ungenutzt blieben. Digitalisierung und SC sollten daher aktiv für den Umweltschutz genutzt werden und alle Marktakteure fordernd einbezogen werden. Auch das öffentliche Beschaffungswesen sollte als entsprechender Impulsgeber anerkannt werden, da es eine bedeutsame Marktmacht ausüben kann und dessen Nichtnutzung negative Folgen für den Umwelt- und Klimaschutz hätte.

8.3.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure

Im Bereich der **Maßnahmen** sind städtische Akteure (Bsp. städtische Versorgungsunternehmen, Stadtwerke usw.) angehalten, ihre eigene Struktur auf die übergeordnete Zielhierarchie (Digitalisierungsstrategie mit Nachhaltigkeitszielen) auszurichten, eine personelle und strategische Entkopplung von politischen Akteuren und Legislaturperioden (langfristige Zielsetzung) voranzutreiben und sich dafür den derzeit vorherrschenden politischen Druck zur Innovation (Energiewende) zu Nutze zu machen. Außerdem wäre die Anwendung der ISO Standards (37101 und 14001) zu integriertem Nachhaltigkeitsmanagement sinnvoll. Städtische Akteure sollten sich aktiv an der Gestaltung der Digitalisierungsstrategie und der Vision einer Smart City in Deutschland beteiligen und darüber hinaus eine tragende Rolle bei der Förderung von Studien zur Umweltrelevanz, sowie zur Kosten-Nutzen-Analyse von SC Infrastruktur einnehmen. Eine **Einbindung kommunaler- und nationaler Akteure** ist, wo sinnvoll, wünschenswert.

Anknüpfungspunkte an **internationale Nachhaltigkeitsziele** sind, wie auch auf Bundes- und Länderebene, die genannten rahmensetzenden Institutionen und Dokumente, wobei, bezogen auf städtische Akteure, die EU Urban Agenda, sowie die SGDs – hier vor allem SDG 9 – zu nennen ist.

Die Entwicklung der **Standards** ISO 37010 und ISO 14001 fand auf internationaler Ebene statt. Eine Rückkopplung an die Normungsorganisationen, inwiefern diese auf städtischer Ebene umgesetzt werden konnten, ist zu empfehlen. Basierend auf diesen Informationen kann die Praxistauglichkeit internationaler Normen verbessert werden.

Herausforderungen für die Umsetzung der genannten Maßnahmen sind fehlende Strukturen, Mandate, mangelhafte Organisationsstruktur und unklare Zuständigkeiten. Für die personelle, politisch unabhängige Besetzung in städtischen Organisationen (z.B. Stadtwerke), könnte das derzeitige politische Klima erschwerend wirken. Außerdem fehlt es an Finanzierungsmöglichkeiten, trotz Energiewende. Die Implementierung von ISO Standards in bestehende Managementstrukturen könnte durch fehlende entsprechende Handreichung zusätzlich erschwert werden. Um eine aktivere Rolle städtische Akteure zu gewährleisten fehlen momentan die Plattformen für den Austausch mit – und zwischen städtischen Akteuren – daher werden diese momentan nicht genügend in den Prozess eingebunden.

Forschungsbedarf besteht im Erforschen der umweltwirksamsten Kombinationen von analogen und digitalen Technologien mit städtischer Infrastruktur, sowie bei Fragen zur Generation und Bereitstellung von Daten und deren Umweltrelevanz. Außerdem müsste eine eindeutig negative Korrelation zwischen politischen Wechseln und dem Erreichen von Umweltzielen hergestellt werden um Argumente in diese Richtung zu stärken. Das Erforschen und der Ausbau entsprechender Anreize und Zertifizierungsprogrammen der Grundlagenforschung, Ökobilanzen etc. zur Etablierung des Nexus zwischen digitaler Infrastruktur und Umweltfaktoren ist zentral für eine nachhaltige Digitalisierungsstrategie.

Bei Nichtbeachtung der genannten Maßnahmen ist zu befürchten, dass das *monitoring* umweltrelevanter Daten stark erschwert bzw. unmöglich gemacht wird. Nehmen Kommunen durch ihre städtischen Akteure keinen Einfluss auf die Entwicklung einer umweltsensitiven, lokalen Digitalisierungsstrategie, ist des Weiteren davon auszugehen, dass die digitale Entwicklung sich auf den IT Bereich beschränkt und Themen wie beispielsweise Energie, Materialien und Wasser ausgeblendet werden. Die Entwicklung und Umsetzung einer nachhaltigen Digitalisierungsstrategie wird erschwert, verlangsamt, oder ganz gestoppt.

8.3.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen

Abgesehen von **Maßnahmen**, welche die Smart City im engsten Sinne betreffen, sollten Kommunen nicht vergessen klassischen kommunalen Umwelt- und Klimaschutz mit Einbindung von Bund und Länder sowie städtischen Akteuren zu betreiben. Dazu zählen u.a. kommunale Klimaschutzaktivitäten und diesem Zusammenhang insbesondere solche, welche sich mit anderen Strukturmaßnahmen und digitalen Lösungen koppeln lassen, bzw. durch diese vorgelagerten Maßnahmen als positive Nebeneffekte auftreten. Durch sogenannte „interlocking-Effekte“¹ kann beispielsweise das kommunale Mobilitätsbedürfnis reduziert werden. Im Bereich der Abfallwirtschaft gibt es zudem große Potenziale Maßnahmen zu implementieren, welche das Recycling steigern (Stichwort: Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie). Hier sollten smarte Lösungen großflächig zum Einsatz kommen – etwa im Bereich der Containersensorik, Routenplanung, Abfallaufkommen- und Komposition u.a. Weiteres gilt es den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren, Grünflächen zu schaffen oder zu erhalten, sowie Lebensstilfragen und „Suffizienz“ zu bewerben. Als Anknüpfungspunkte an **internationale Nachhaltigkeits-**

¹ (Hielscher et al., 2017; Shove, 2010; Spurling et al., 2013) „inter-locking“ Effekt ist ein Begriff aus der angewandten Sozialforschung und beschreibt das Zusammenspiel verschiedener Verhaltensformen und Praktiken, welche durch das Zusammenwirken unintendierte Nebeneffekte aufweisen können; Weiters wird er in Zusammenhang mit Alltagspraktiken verwendet, welche unintendierte positive Wirkung auf den Klimaschutz haben.

ziele sind hier größtenteils dieselben zu nennen wie bei den Empfehlungen an Bund und Länder, allerdings sind im urbanen Kontext noch der Talanoa Cities and Regions Dialogue, sowie die EU Urban Agenda besonders hervorzuheben.

Ein wichtiges Handlungsfeld für Kommunen im Rahmen ihrer Smart-City-Aktivitäten wäre ihre aktive Beteiligung im Bereich **Normen und Standardisierung**. Der DIN-Normenausschuss *Kommunale Technik* ist u. a. für die nationale Normung im Bereich der Abfallwirtschaft tätig. Bisher fokussiert der Normenausschuss vornehmlich technische und logistische Aspekte zur Erfassung, zur Sammlung, zum Transport, zur Lagerung, zum Umschlag und zur Behandlung von festen und flüssigen Abfällen. Durch die Einbindung von Kommunen in diesen Normenausschuss können deren Interessen bei der Erstellung neuer Normen und der Überarbeitung bereits existierender Dokumente direkt eingebracht und diskutiert werden.

Zudem fördern DIN und DKE innovative Projektideen von Start-ups und KMU mit einem engen Bezug zur Kreislaufwirtschaft mit hohem Standardisierungspotenzial. Von der Vernetzung der kommunalen Akteure zu diesen Projektteams und die gemeinsame Erarbeitung eines Standards profitieren beide Seiten. Die jungen Unternehmen bekommen die Möglichkeit ihre Ideen direkt in der Praxis zu testen. Die Kommunen erhalten bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt Einblick in aktuelle technologische Entwicklungen und können diese ggf. mitgestalten.

Dadurch können Normung und Standardisierung sowie die Einbindung von Normungsorganisationen die Kommunen beim klassischen Umwelt- und Klimaschutz und im Speziellen auch die Optimierung der Abfallwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft positiv beeinflussen.

Herausforderungen bei der Umsetzung dieser Maßnahmen sind vielschichtig. Beispielsweise kann die Finanzierung, die geringe gesellschaftliche Beteiligung oder unklare Zuständigkeiten zum Problem werden. Außerdem muss die vergabetechnische Ausgestaltung, etwa bei der Abfallwirtschaft bewerkstelligt und nachhaltige Förderkriterien integriert werden. Unklare Zuständigkeiten zwischen Kommunen und Ländern können zudem den Umsetzungsprozess erschweren. Beispielsweise sind organische Abfallströme derzeit (organisationsbedingt) nicht geeignet, um biobasierte, kompostierbare Materialien zu verwerten; das Sammeln/Sortieren und die materielle Verwertung von Abfallströmen ist vielerorts eine technische Herausforderung – ebenso die Entwicklung neuer Wertschöpfungsketten. Im Bereich der Mobilität kann die Finanzierung des kommunalen/regionalen ÖPNV als Herausforderung genannt werden, die Schaffung von Anreizen für Unternehmen zur Entwicklung umweltschonender Technologien, das Vorantreiben des *modal-split*, stadtplanerische Einbindung sowie die Realisierung und Einbindung einer entsprechenden digitalen Infrastruktur.

Forschungsbedarfe wurden in diesem Zusammenhang in Bezug auf die Rolle kommunaler Akteure, sowie zum Wirkungszusammenhang mit städtischer Infrastruktur identifiziert. Die Klimarelevanz beispielsweise solcher „interlocking“ Maßnahmen messbar zu machen (Bsp. CO₂ Einsparungspotenzial demonstrieren), ist hier wichtig. In der digitalen Abfallwirtschaft sollten Energie- und Materialintensitäten einzelner Recyclingprozesse besser belegt werden. Außerdem sollten die ökonomischen, sozialen und umweltbezogenen Implikationen des *modal-split* durch smarte Infrastrukturen stärker untersucht werden.

Das **Risiko** besteht, dass Umwelt- und Klimaschutz durch „Smart-City“ konterkariert werden, obwohl der Wirkungszusammenhang auf Umwelt und Klima nicht eindeutig und universal gegeben ist. Durch das Fokussieren auf output-orientierte Lösungen (sog. „End-of-pipe“ Lösungen), während der Ressourcenverbrauch absolut weiterhin steigt, sind die genannten Problem nicht in den Griff zu bekommen und die lineare Ökonomie bliebe wie sie ist bei wachsendem Ressourcenverbrauch. Daher ist es notwendig, dass Kommunen die positiven wie negativen Umwelteffekte in die Konzeption und Evaluation ihrer Smart City Strategie aufnehmen, um größere Umwelt- und Klimabelastung oder Erschöpfung von Schlüsselressourcen zu vermeiden.

8.4 Effizienzgewinne ist nicht gleich Umweltschutz und können zu Rebound-Effekten, Verlagerung und Intensivierung führen

Wie bereits in Botschaft 1 (vgl. Kapitel 8.6) zum Ausdruck kommt, werden mit smarten, digitalen Lösungen für Infrastrukturen einer modernen Stadt große Potentiale für den Umweltschutz verbunden. Mit ihrer Hilfe können positive Umwelteffekte wie eine Senkung der Treibhausemissionen, Energieeinsparungen oder die Schonung von Ressourcen erzielt werden. Das Erreichen von Effizienzgewinnen ist letztlich einer der wesentlichen Treiber von smarten Lösungen.

Oftmals wird jedoch bei der Bewertung dieser Effizienzgewinne zu kurz gegriffen, indem ausschließlich die positiven Wirkungen, nur Wirkungen in einer bestimmten Lebensphase der Lösung (z.B. Nutzung), oder allein solche Umweltwirkungen in der nahen örtlichen Umgebung (z.B. Stadt) in die Betrachtung eingeschlossen werden. Dabei führen gerade die Effizienzgewinne sehr häufig an anderer Stelle gleichzeitig zu Rebound-, Intensivierungs-, oder Verlagerungseffekten.

Rebound-Effekte treten beispielsweise auf, wenn zwar einerseits Verringerungen des durchschnittlichen Energieverbrauchs von Wohnungen erzielt werden, während sich gleichzeitig die Wohnflächen pro Kopf um etwa denselben Faktor erhöhen oder deshalb weniger Wärmedämmungsmaterialien eingesetzt werden. Konkret auftretende Rebound-Gefahren zeigen sich ebenso bei den in der Bestandsaufnahme dieses Projektes aufgezeigten Smart City-Lösungen, wie z.B. beim Lösungsansatz *Mobilität on-demand*: Der erhöhte Komfort könnte Personen dazu verleiten, von Zugverbindungen auf die bedarfsgeführten Busse umzusteigen. Dadurch werden mehr Fahrten benötigt, was wiederum zu höheren Emissionen führt. So kann die geplante Ressourcenschonung nicht erreicht werden. Barker und Foxon schätzen in einer Studie bezüglich der Effizienzsteigerungen im Verkehrssektor den direkten Rebound-Effekt auf 25%². Ähnlich verhält es sich mit e-Carsharing-Angeboten: Studien belegen, dass Nutzer des öffentlichen Nahverkehrs bevorzugt zu solchen Angeboten wechseln, im Gegensatz zu PKW-Fahrern. Damit führen Rebound-Effekte aus vordergründigen Effizienzgewinnen vielfach dazu, dass eben diese Effizienzsteigerungen zu einem erhöhten Verbrauch führen und damit dem eigentlichen Umwelteffekt entgegenstehen.

Von Verlagerungseffekten wird gesprochen, wenn etwa durch das Ersetzen von Kohle- durch regenerativ erzeugtem Strom Emissionen eingespart werden. Im Gegenzug wird jedoch zum Management der nur fluktuativ verfügbaren Energiequellen innerhalb eines Smart Grids ein erhöhter Rohstoffverbrauch für Speicher, Steuerungselektronik usw. benötigt. Örtliche Verlagerungseffekte treten beispielsweise in der Elektromobilität auf. Fälschlicherweise wird oft davon gesprochen, dass Elektrofahrzeuge eine komplett emissionsfreie Mobilität erlauben. Jedoch verschiebt sich dadurch lediglich geographisch das Problem der Luftqualität, was den Städten zwar durchaus zugutekommt, während aber je nach Art der Stromgewinnung Emissionen an anderer Stelle entstehen. Die signifikante Belastung der Umwelt bei der Gewinnung seltener Erden – den Elementen die die Grundlage der eMobilität schaffen – sei hier außen vor da keine globale Bilanzierung vorgenommen wurde.

Eine überschlägige Abwägung, welche Lösung geringere negative lokale Umweltauswirkungen aufweist, ist somit in der Regel nur sehr schwer möglich. Um diese methodischen Mängel bei der Messung von Umweltauswirkungen zu beseitigen, ist es demnach in jedem Fall unabdingbar, smarte Lösungen ganzheitlich, also inklusive aller direkten und indirekten Auswirkungen über den gesamten Lebens-

² Unter dem Rebound-Effekt wird der mengenmäßigen Unterschied zwischen den durch Effizienzsteigerungen entstehenden möglichen Ressourceneinsparungen und den tatsächlichen Einsparungen verstanden. Er wird in Prozent angegeben (Nachhaltigkeit, 2015)

weg zu bewerten. Dies ist letztlich nur im Rahmen einer vollständigen Ökobilanz überprüfbar, die ausreichend Informationen als eine Entscheidungsbasis zur Verbesserung der Umweltleistung darstellt, die im Rahmen dieses Vorhabens jedoch nicht geleistet werden konnte.

Erfolgt die Bewertung von Smart City-Lösungen nicht ganzheitlich, sondern weiterhin nur auf Basis der direkt offensichtlichen Umwelteffekte, riskieren wir, dass die eigentlich beabsichtigten Effizienzgewinne durch Rebounds erodieren.

8.4.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder

Auch der Bund und die Länder sollten verschiedene **Handlungsempfehlungen** umsetzen, um Kernbotschaft 2 zu bearbeiten (Effizienzgewinne ist nicht gleich Umweltschutz und können zu Rebound-Effekten, Verlagerung und Intensivierung führen). Im Fokus stehen dabei Kooperationen. Es bedarf einer nationalen und internationalen Zusammenarbeit, um Verlagerungseffekte zu vermeiden. Nur so können diese Effekte überhaupt sichtbar gemacht und untersucht werden. Weiterhin müssen Umweltwirkungen ganzheitlich betrachtet werden, um auch Rebound-Effekten vorzubeugen. Dabei muss der komplette Lebenszyklus berücksichtigt werden, denn nur so können Produktionsweisen nachhaltig sichergestellt werden. Hier muss der Bund entsprechende Forschungsvorhaben initiieren und fördern. Eine weitere Maßnahme liegt darin, Umweltwirkungen bei Förderungen, Investitionen und Ausschreibungen durch Bund und Länder verstärkt zu berücksichtigen.

Befördert werden können diese Maßnahmen durch einen internationalen Austausch zum Umweltschutz und durch entsprechende Ausschreibungen im Bereich der **Standardisierung**. Bund und Länder könnten durch die Mitarbeit in diversen Normungsgremien die nationale, europäische und internationale Normung mitgestalten. Eine Einbindung in die ExpertInnengruppen des Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) ist in diesem Fall denkbar, sofern nicht bereits geschehen. Der NAGUS organisiert die Normungsaktivitäten rund um die Themen „Umweltmanagement“ und „Nachhaltige Städte und Kommunen“, aber auch „Energiemanagementsysteme“ und „Energieeffizienz“. Dabei sollten die Normen für eine ganzheitliche Umweltwirkung berücksichtigt werden. So wird in den bereits bestehenden **Normen** ISO 14040 und 14044 die Lebenszyklusanalyse (LCA) beschrieben. Zudem sollten auch in diesem Zusammenhang die in Kapitel 5 aufgeführten Normen zu dem Thema „Umweltmanagement“ berücksichtigt werden.

Durch eine Berücksichtigung des Faktors Umweltwirkung bei Ausschreibungen werden die Anreize für andere **Akteure** wie Kommunen und städtische Akteure erhöht, sich mit dem Thema Nachhaltigkeit und Umweltwirkung auseinander zu setzen. Im besten Fall sollten die Umweltkriterien in Zusammenarbeit mit Kommunen entwickelt werden, die diese später ebenfalls in ihre Ausschreibungsbedingungen mit aufnehmen können. Ein erster Anreiz wird z.B. bereits durch den Deutschen Nachhaltigkeitspreis geschaffen, der nachhaltige Städte und Kommunen verschiedener Größe mit jeweils 30.000€ für neue nachhaltige Projekte fördert.

Die größte **Herausforderung** liegt darin, dass internationale Einigungen oftmals schwierig zu erzielen sind, da häufig wirtschaftliche oder politische Interessen im Vordergrund stehen. Ebenso ist problematisch, dass die Aufstellung von Ökobilanzen einen erheblichen Aufwand erfordert. Deshalb wird oftmals darauf verzichtet. Um dem auch in Ausschreibungen entgegenzuwirken, muss überprüft werden, welche Kriterien genau aufgestellt werden und wer diese bereitstellen kann. Ebenso muss geschaut werden, wie sich ein unvertretbarer Mehraufwand bei der Bewerbung auf Ausschreibungen vermeiden lässt und wie letztlich versprochene Umweltleistungen kontrolliert werden können. Als Hilfestellung obliegt es der **Forschung**, erste Vorschläge für Umweltkriterien bei Ausschreibungen zu erstellen. Zudem sollte eine Machbarkeitsstudie aufzeigen, ob ein solches Verfahren realistisch umsetzbar ist und dem Umweltschutz tatsächlich zugutekommt. Weiterhin sollte die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit bei Nachhaltigkeitszielen hervorgehoben werden, in dem detailliertere Studien zu globalen Umweltauswirkungen durch Effizienzmaßnahmen erstellt werden. Bund und Länder kön-

nen, mithilfe von Handreichungen durch z.B. europäische Forschungsprojekte, zur strategischen Entscheidungsfindung unterstützt werden. Denkbar ist zudem, diesen Prozess zur strategischen Entscheidungsfindung in Form einer DIN SPEC den beteiligten Akteuren zur Verfügung zu stellen. Zuletzt kann die Forschung die Bewertung von smarten Lösungen unterstützen, indem zahlreiche Untersuchungen zu jeweils spezifischen Smart City-Lösungen und deren Umweltwirkungen (sowohl positive als auch negative) durchgeführt werden. Aktuell sind beispielsweise wenige Daten bekannt, die quantifizierte Aussagen über auftretende Rebound-Effekte durch die Umstellung auf E-Mobilität treffen. Diese Studien können darüber hinaus mit Analysen zur Technikfolgenabschätzung und speziell den Umweltfolgen von Smart City Infrastrukturen ergänzt werden. Zusammengefasst besteht also dringlicher Forschungsbedarf darin, in welcher gegenseitigen Beeinflussung Umwelteffekte und smartere Strukturen stehen.

Die Eingrenzung bei der Bewertung von smarten Lösungen auf das eigene Land stellt ein zunehmendes **Risiko** dar. Falls internationale Kooperationen nicht intensiviert werden, erfolgen weiterhin Betrachtungen in beschränkten Systemgrenzen (z.B. nur Deutschland). In diesem Fall werden möglicherweise Umweltmaßnahmen umgesetzt, deren negative Auswirkungen jedoch nur ins Ausland ausgelagert sind und global gesehen keinerlei Vorteile aufweisen können. Der eigentlich bezweckte Effekt der smarten Lösung, die Reduzierung von negativen Umwelteinflüssen, tritt dann an anderer Stelle, in anderer Form oder zu einer späteren Zeit auf. Weiterhin besteht die Gefahr, dass weiterhin smarte Lösungen gefördert werden, die wirtschaftlich sinnvoll sind, ökologisch jedoch keinen Mehrwert bieten.

8.4.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure

Städtischen Akteuren wird **empfohlen**, Entscheidungen nicht nur an ihren wirtschaftlichen Gewinnen durch Effizienzmaßnahmen festzumachen, sondern diese auch vermehrt mit den daraus real resultierenden Umweltwirkungen abzugleichen. Diese Wirkungen sind zudem verstärkter sichtbar zu machen, um eine breitere Masse für die Nutzung dieser Lösungen zu gewinnen. Diese Maßnahme kann durch weitere **Standards** für die Umweltbewertung von Smart City-Lösungen unterstützt werden. Ob es hier die Erstellung neuer Normen und Standards bedarf oder auf bereits existierende Dokumente zurückgegriffen werden kann, ist fallweise zu entscheiden. Bei der Entwicklung und Implementierung neuer Smart City-Lösungen sollten die bereits bestehenden Dokumente zu den Themen „Umweltmanagement“ und „Nachhaltige Städte und Kommunen“ einbezogen werden (Siehe ANNEX B in der Langversion dieses Berichts). Ebenfalls hilfreich wäre es, wenn **Bund und Länder** die Schwerpunktverlagerung von wirtschaftliche auf umweltrelevante Effekte durch finanzielle Anreize fördern könnten. Diese Anreize ließen sich gut auf die **internationalen Nachhaltigkeitsziele** stützen. Denn diese geben bereits eine gute Orientierung für die ganzheitliche Betrachtung von sowohl ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten. So beinhaltet etwa das elfte der 17 Oberziele für nachhaltige Entwicklung die Themenstellung „nachhaltige Städte und Siedlungen“.

Eine große **Herausforderung** liegt darin, dass in klassischen ökonomischen Betrachtungen innerhalb Unternehmen die Umweltkomponente stark unterrepräsentiert ist. Außerdem sind die Bewertungszyklen häufig zu kurz, um langfristige Effekte umzusetzen. Forschungsbedarf wird deshalb darin gesehen, Beratungsdienstleistungen zur ganzheitlichen Bewertung und zur besseren Sichtbarmachung von Effizienzmaßnahmen zu entwickeln. Hierbei könnten zudem Forschungsstudien unterstützen, welche den langfristigen Einfluss von smarten Lösungen auf das Zusammenspiel von Umweltwirkungen und wirtschaftlichen Effekten haben, um den Anreiz für ein nachhaltiges Augenmerk bei zu ergreifenden Maßnahmen zu erhöhen.

Leider zeigen die Erfahrungen aus der Vergangenheit, dass ohne Berücksichtigung dieser Maßnahme nur solchen Lösungen umgesetzt werden, die über einen gewissen, meist kurzfristig angelegten, Betrachtungszeitraum am wirtschaftlich sinnvollsten erscheinen. Maßnahmen mit großem Hebel für den Umweltschutz, die jedoch zunächst kostenintensiv sind, bleiben dagegen außen vor. Damit besteht das **Risiko**, dass die städtischen Akteure weiter kurzfristig und wirtschaftlich planen.

8.4.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen

Um Rebound- und Verlagerungseffekte zu vermeiden, lassen sich mehrere Handlungsempfehlungen für Kommunen identifizieren. Eine **Maßnahme** sieht den stärkeren Bezug zu internationalen Nachhaltigkeitszielen vor. Um die Entwicklung von Smart City-Lösungen von Kommunen nachhaltig zu gestalten, sollten die dabei verfolgten Ziele der Kommunen auf bereits bestehende internationale Referenzrahmen aufbauen. Daraus können Ziele und Lösungen übernommen und auf den entsprechenden Kontext angepasst werden. Mögliche Referenzrahmen bilden etwa die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der UN und der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). Dadurch ersparen sich Kommunen die intensive Auseinandersetzung und Einarbeitung in verschiedene Ansätze und können bereits bestehende Konzepte für die eigene Verwendung anpassen. Eine weitere wichtige **Empfehlung** für Kommunen stellt die richtige Priorisierung bei der Entwicklung umweltfreundlicher Lösungen dar. Durch die zahlreichen, umfassenden Betätigungsfelder von Kommunen können sie meist nicht alle Aspekte gleichzeitig abdecken. Es gilt darum, Prioritäten zu setzen, sich auf Lösungen mit großer Hebelwirkung zu fokussieren und dabei Tradeoffs und Rebound-Effekte zu vermeiden.

In zukünftigen **Normungsaktivitäten** für jegliche Smart City-Lösungen sollte ein Bezug zu globalen Nachhaltigkeitszielen sichergestellt werden, soweit dies möglich ist. Die entwickelten Standards für Smart Cities und die zugehörigen Guidelines müssen kohärent zu internationalen **Nachhaltigkeitszielen** gestaltet werden und zudem stärker auf die Umweltwirkungen fokussieren. In jeder spezifischen Kommune können unterschiedliche Lösungen Sinn machen. Einzig das Vorgehen zur Ermittlung der größten Hebelwirkungen inklusive genormter Kriterien könnte standardisiert werden und so das Vorgehen unterstützen. Beim Priorisierungsprozess sind enge Abstimmungen mit städtischen **Akteuren** wie etwa Stadtwerken, aber auch mit Bund und Ländern empfehlenswert. Vor allem, um eine gesamt-räumliche Perspektive (lokal/regional) zu schaffen und Aktivitäten in bundespolitische Prozesse zu integrieren, ist eine enge Kooperation der Kommunen mit Bund und Ländern zentral.

Die größte **Herausforderung** bei der Umsetzung liegt darin, dass Verständnis, Wissensstand, Interessen und Intensionen in den verschiedenen Kommunen stark variieren. Außerdem bedeutet die Integration von Umweltzielen eine zusätzliche Dimension bei der Entwicklung neuer Lösungen. Auch stellt die richtige Priorisierung derzeit noch eine große **Herausforderung** dar, denn für eine ganzheitliche Bewertung verschiedener Lösungen bedarf es einer entsprechend aussagekräftigen Daten-Grundlage. Diese fehlt zu den meisten Themen teilweise oder gar vollständig.

Demzufolge herrscht ein hoher **Forschungsbedarf** an zusätzlichen Untersuchungen, welche sich themenspezifisch tiefgreifend mit den tatsächlich auftretenden Umweltauswirkungen von smarten Lösungen auseinandersetzen und diese ganzheitlich bewerten, also auch mögliche Rebound- und Tradeoff-Effekte in die Entscheidungsgrundlage einbeziehen. Diese Effekte dürfen bei der politischen Entscheidungsfindung nicht vernachlässigt werden, sind jedoch weitgehend unbeziffert. Dieser Forschungslücke sollten neben den o.g. Untersuchungen verstärkt Beratungsdienstleistungen für Kommunen entwickelt werden, um bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Zur Unterstützung von speziell kleinen Kommunen müssen Handreichungen und Beratungsprogramme entwickelt werden, um mögliche Optionen fassbarer zu machen, wie sich Ziele und Lösungen in der Kommune an bereits ausformulierten Nachhaltigkeitszielen orientieren lassen. Dies erleichtert gerade kleinen Kommunen ohne explizite Personalressourcen für Umweltschutz den Einstieg in die nachhaltige Entwicklung smarter Lösungen für ihre Stadt. Es muss zudem weiter beforscht werden, wie sich diese grundlegenden Nachhaltigkeitsziele für Kommunen spezifisch ableiten und anwenden lassen.

Werden diese Maßnahmen nicht angegangen, bleibt die Auswahl und Umsetzung von Aktivitäten grundlegend mit dem **Risiko** verbunden, dass Lösungen entwickelt werden, die zwar vordergründig Effizienzgewinne ausweisen, die jedoch bei detaillierter Betrachtung aller Wirkungsfaktoren nicht dem Umweltschutz dienen. Hier sollten Rebound- und Verlagerungseffekte mit in Betracht gezogen

werden. Weiterhin kann es passieren, dass Umweltziele bei der Entwicklung von Smart City-Lösungen zu wenig oder gar nicht berücksichtigt werden. Mit der verbesserten Aufarbeitung des bereits bestehenden Referenzrahmens kann die Einarbeitung in das Themenfeld Nachhaltigkeit erleichtert und damit attraktiver gemacht werden.

8.5 Smart City stellt neue Anforderungen an die Umsetzung kommunaler Aufgaben

Smart City Lösungen werden zum Teil unter dem Vorzeichen der Vereinfachung von Abläufen diskutiert. Diese Vereinfachung soll zumeist durch die digitale Transformation vormals analoger, mehrstufiger Prozesse erreicht werden und als nachgelagerte Resultate Partizipation, Barrierefreiheit, Inklusion und Effizienzgewinne (ökologisch, ökonomisch) mit sich bringen.

Viele der vorgetragenen Smart City Postulate sind jedoch nicht quantifizierbar. Zudem ist nicht definiert was zu einem „gesunden“ Innenstadt-Mix gehört und was zur Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger gehört. In diesem Zusammenhang lohnt sich der Blick auf die Nachhaltigkeitsziele der UN, die optional staatlich adoptiert werden können und zu einer Reihe neuer Aufgaben in den Kommunen führen kann. Eine gesamtheitliche Diskussion fand jedoch nur punktuell (z.B. in den Europäischen Leuchtturmstädten München, Köln, Hamburg) statt, was wiederum dazu geführt hat das keine eindeutigen politischen Zielsetzungen definiert wurden. (Mensch und Technik in der Kommune von morgen, 2018).

Der kommunale Raum wurde bei Interviews auch gelegentlich als „soziales Konstrukt“ bezeichnet, welches auf das Zusammenspiel von Mensch, Technik und der bestehenden Räumlichkeiten angewiesen ist. Mit den Anforderungen an diese Räume steigt auch die Komplexität der Raumentwicklung: die digitale Transformation ermöglicht eine komplexere Vernetzung der Infrastruktur, der Aufgaben und Verantwortlichkeiten. Hardwareseitig müssen Infrastrukturen angepasst werden, Sensoren angebracht, gewartet, erneuert und ausgetauscht werden.

Software-seitig müssen Prozesse etabliert werden zur Datengewinnung, Datennutzung und Datenvermarktung. Sollten sie als offene Daten frei verfügbar sein muss die Vereinbarkeit mit Datenschutzverordnungen, kommerzielle Nutzung geprüft werden und die Rolle der Kommune als „Prosumer“ geprüft bzw. definiert wird. Die Frage die sich jedoch bei allen Diskussionen immer wieder aufdrängt ist: wie viel digitale Transformation wird von Bürgerinnen und Bürgern gewünscht, bzw. welche Verbesserung der aktuellen Prozesse werden gewünscht? Welche neuen Dienstleistungen werden gefordert?

Häufig entsteht jedoch der Eindruck, dass die Beantwortung dieser Frage mit der Aussage beginnt: folgende Technologie wurde zur Marktreife gebracht; wer möchte diese anwenden? Im Rahmen der Interviews wurden einige Beispiele von Bürgerinitiativen aufgezeigt die ohne aufwändigen Einsatz modernster Technologie gestartet und durchgeführt werden konnten, z.B. das Projekt NEUE MOBILITÄT Berlin, Mierendorff-Insel Berlin. Die Smart City wurde in diesem Kontext auch als „Engagierte Stadt“ bezeichnet.

Die konkrete Aufführung der neuen Aufgaben, die eine Smart City mit sich bringt, verlangt somit zuerst nach einer Diskussion folgender Aspekte:

- ▶ Was wünschen sich Bürgerinnen und Bürger?
- ▶ Welche dieser Anforderungen sind technologisch realisierbar? Was ist organisatorisch/administrativ realisierbar?
- ▶ Was lässt sich wirtschaftlich abbilden und ist es ökologisch vertretbar?

Unabhängig vom Technologiegrad der Stadtentwicklung, so waren sich auch Diskussionsteilnehmer des Workshops (2018-05-03) einig, muss eine langfristige Investitionsplanung mit Verbindlichkeiten und einem **Maßnahmen-Monitoring** erfolgen. Hier können auch erfolgreiche Pilotprojekte anderer

Städte/Kommunen herangezogen werden, die den Verlauf und letztlich den Erfolg/Misserfolg der Projekte dokumentieren mussten. Dieses Maßnahmen-Monitoring muss einer Wirtschaftlichkeitsanalyse unterzogen werden, nicht nur aus rein ökonomischer Sicht, sondern vor allem aus ökonomischer Sicht zur Sicherstellung der Nachhaltigkeitsziele.

Mit den Möglichkeiten der digitalen Transformation im Vordergrund muss konkret auch die Rolle der Kommune als "Prosumer" betrachtet werden. Infrastrukturelle Veränderungen werden dann mit der Integration von IKT Komponenten (Sensorik/Aktorik) verbunden sein. Diese Komponenten liefern Daten die von Kommunen monetär genutzt werden könnten. Im Folgenden sind einige Handlungsempfehlungen für die einzelnen Akteure (Kommune, städtische Akteure, Bund/Länder) zusammengestellt.

8.5.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder

Wie bereits in Botschaft 1 beschrieben, ist auch hier die zentrale **Handlungsempfehlung** an den Bund, die Entwicklung einer nationalen Strategie zur digitalen Transformation für Kommunen, Bund und Länder, angeknüpft an einen konzeptionellen Rahmen zu Smart City Konzepten vor dem Hintergrund ökologischer und ökonomischer Aspekte. Die aktuelle Wildwest-Situation ist weder für Technologieanbieter (Supply-Side) noch für die potenziellen Nutzer (Demand-Side) gewinnbringend.

Des Weiteren wird eine Technologiefolgeabschätzung empfohlen die Prognosen zum Einsatz dieser Technologien für **Länder und Kommunen** bereitstellt und zum anderen die sozialen/gesellschaftlichen Negativwirkungen des Einsatzes der Technologien beleuchtet.

Diese genannten Maßnahmen, könnten durch die **Einbeziehung von Forschung** (Technologiefolgeabschätzung) und den kommunalen Spitzenverbänden sowie pilotierender Kommunen an Qualität gewinnen.

Hierzu sind keine **Normungsaktivitäten** bekannt. Die Erstellung und Umsetzung einer Digitalisierungsstrategie kann natürlich unabhängig von Normen angegangen werden. Die Umsetzung in die Praxis, vor allem in Bezug auf Ausschreibungsprozesse, kann jedoch durch Normen/Standards vereinfacht werden.

Herausforderungen bei der Entwicklung einer Strategie zur digitalen Transformation sind deutlich divergierende Interessen (Wirtschaft, Politik, Umwelt, BürgerInnen, Spitzenverbände, soziale Einrichtungen). Es muss eine klare Kommunikation und ein Bekenntnis zur Schaffung einer Digitalisierungsstrategie stattfinden, die von Anfang an deutlich macht, dass es für alle Beteiligten sinnvoll ist alle wesentlichen Akteure einzubinden und Meinungen einzuholen.

Das **Risiko** des Abwartens ist ein schnell eintretender Kontrollverlust. Märkte werden aufgrund reiner Kapitalmacht geschaffen (siehe UBER, Amazon) mit unkalkulierbaren Folgen für die deutsche Wirtschaft, den Städtemix, die Umwelt und die Gesellschaft (digitale Spaltung). Des Weiteren ist schwer vorstellbar, dass Umweltschutzaspekte im Vordergrund von Technologieanbietern stehen. Der Bund sollte die Möglichkeit nutzen, unter Einbindung aller relevanter Akteure, eine Strategie inklusive Technologiefolgeabschätzung zu formulieren. Zusätzlich sollte ein Maßnahmenkatalog zur Steuerung der Digitalisierung, der Umweltschutzziele in den Mittelpunkt rückt, aufgesetzt werden.

8.5.2 Handlungsempfehlungen für städtische Akteure

Im Rahmen des ExpertInnenworkshops vom 3. Mai 2018, wurde der Vorschlag formuliert, horizontale Organisationsstrukturen bzw. übergeordnete (digitale) Stadtwerke zu schaffen. Einen „Stadtkonzern“ mit einem Nachhaltigkeitsmanager könnte die Möglichkeit bieten ressortübergreifende Aufgaben zu koordinieren, zu kommunizieren und bisher separate Prozesse nachhaltig neu zu gestalten. D.h. als konkrete **Maßnahme** sind städtische Akteure angehalten ihre eigene Struktur auf die übergeordneten Ziele auszurichten. Wie bereits sollten sich städtische Akteure an der Gestaltung der Digitalisierungsstrategie und Umsetzung der digitalen Transformation in Deutschland beteiligen.

Normung/Standardisierung bei Managementprozessen wird kritisch betrachtet. Auch wenn deren Einsatz bei komplexen organisatorischen Prozessen nachweisbar positiven Einfluss hat wird die Erstellung selbiger nicht einfach zu realisieren sein. Denkbar ist jedoch, dass die aktuell gelebten Insel-Lösungen (besonders im administrativen Bereich) neu übergeordnet strukturiert werden können und diese Prozesse anhand eines/mehreren Erfolgsbeispielen dokumentiert werden können, um anderen Städten zur Verfügung gestellt werden können.

Herausforderungen für die Umsetzung der genannten Maßnahmen sind fehlende Strukturen und unklare Zuständigkeiten. Auch hier wurde die Empfehlung ausgesprochen, dass Bund/Länder finanzielle Unterstützung bei der Schaffung horizontaler Organisationsstrukturen bieten. Die Anpassung der kommunalen Verwaltungsstruktur erfordert eine langfristige Strategie und darüber hinaus die Akzeptanz, IKT als Teil der Daseinsvorsorge zu sehen.

Forschungsbedarf besteht bei der Betrachtung möglicher Geschäftsmodelle, verbunden mit der möglichen Schaffung neuer Stadtkonzerne. Eindeutige, empirisch basierte Aussagen zu nachhaltigen Geschäftsmodellen im kommunalen/städtebaulichen Umfeld können zu einem Ausbau entsprechender Anreize führen.

Das Risiko des nicht-Handelns birgt die Gefahr, dass sich neue Geschäftsmodelle punktuell verselbständigen, d.h. einige Städte/Kommunen Geschäfte mit datenhandelnden Unternehmen (zu selbst verhandelten Konditionen) führen werden, während andere sich diesem Model verweigern oder an Attraktivität verlieren bzw. die Hoheit über die eigenen Daten verlieren.

8.5.3 Handlungsempfehlungen für Kommunen

Spätestens hier wird klar, dass die **Maßnahmen** nicht leicht trennbar oder isoliert anzuwenden sind. Am Beispiel Bad Hersfeld lässt sich der Erfolg langfristiger Planung sehr schön verdeutlichen. Die digitale Transformation wurde in zwei Handlungsfelder (eGovernment und Digitalisierung der Infrastruktur) unterteilt jedoch parallel vorangetrieben. Dabei muss der Bürgernutzen im Vordergrund stehen und die Wirtschaftlichkeit an diesem Paradigma ausgerichtet sein.

Passgenaue **Normungsaktivitäten** konnten in diesem Bereich nicht identifiziert werden, es empfiehlt sich jedoch einen nationalen Standard (DIN SPEC) als vornormatives Dokument mit Leitfadencharakter zu erstellen, welches von Kommunen und Ländern herangezogen werden kann. In diesen vornormativen Aktivitäten war Bad Hersfeld (neben Darmstadt, Köln, München, Berlin) auch bereits eingebunden.

Herausforderungen bei der Umsetzung einer langfristigen, bürgerzentrierten Planung sind Ressourcen personeller Art. Es erfordert Untersuchungen, Beratungsdienste, Bürgerforen, Lösungsvorschläge und Umsetzungspläne in Abstimmung mit kommunalen Spitzenverbänden, regionaler Politik. Ein Unterfangen was Kommunen unmöglich aus eigenen Kräften und mit eigenen Ressourcen bewältigen können. Nach Angaben im Rahmen des ExpertInnenworkshops bedarf eines einer **"Koalition der Willigen"**. Partizipation muss gelebt und ein Kopieren erfolgreicher Pilotprojekte ermutigt werden. Akteure müssen interdisziplinär und aus diversen Kreisen (Kommunalvertreter, Wirtschaft, Politik, Forschung) zusammenkommen.

Sowohl bei Interviews als auch bei Präsenzveranstaltungen war von "knappen Kassen" die Rede. Es hat sich der Eindruck verfestigt, dass es nicht an den technischen Möglichkeiten scheitert. Vielmehr erfordert eine langfristige Planung und dazugehöriges Maßnahmenmonitoring substanzielle Unterstützung aus der Landes-/oder Bundespolitik. Die zweite große **Herausforderung** ist der Zugang zu Referenzbeispielen. Deutschland und Europaweit existieren zahlreiche Infrastrukturprojekte mit unterschiedlicher Strahlkraft und Erfolgsquote; es fehlt jedoch ein Überblick zu Projekten generell und Möglichkeiten der Replizierbarkeit im Besonderen. Hier ist Aufklärungsarbeit und Kommunikation notwendig.

Es musste festgestellt werden, dass **Normungsaktivitäten** im Smart City Kontext häufig nur schwer umzusetzen sind. Dies liegt zum einen an dem zeitlich notwendigen Engagement (mindestens 4 Sitzungen, plus Telefonkonferenzen, plus Manuskriptarbeit) sowie an den notwendigen Ressourcen (Reisemittel und unterschiedliche Expertisen) die eingebracht werden müssen. Obwohl einige internationale Aktivitäten (ISO/TC 268) zu verzeichnen sind, ist eine deutsche Beteiligung an diesen Aktivitäten kaum zu verzeichnen.

Dabei könnten folgende Dokumente bzw. deren Erarbeitung auch durchaus für deutsche Kommunen oder kommunale Spitzenverbände von Bedeutung sein:

- ▶ ISO 37106:2016, *Sustainable cities and communities - Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities*
- ▶ ISO 37120:2018, *Sustainable cities and communities -- Indicators for city services and quality of life*
- ▶ ISO 37101:2016, *Sustainable development in communities -- Management system for sustainable development -- Requirements with guidance for use*

Im Sinne des Qualitätsmanagements und Projektplanung sei hier die ISO 10005:2018, *Quality Management – Guidelines for quality plans*, erwähnt. Dieses und auch die oben aufgeführten Smart City Dokumente sind noch nicht in deutscher Sprache erhältlich. Die entsprechenden nationalen Spiegelgremien bei DIN entscheiden über die Übernahme dieser internationalen Normen ins Deutsche. Aufgrund der angesprochenen schwachen Beteiligung und der nicht selten ablehnenden deutschen Haltung gegenüber diesen Aktivitäten ist mittelfristig auch nicht an eine Übersetzung ins Deutsche zu denken.

Forschungsbedarf: Es gilt zu klären welche Geschäftsmodelle Kommunen für sich nutzen können und wie die lokale Wirtschaft, Politik und Bürger davon profitieren können: die Kommune als „Prosumer“. Was ist hierzu notwendig? Wie sieht der rechtliche Rahmen dazu aus und wie müsste dieser ggf. angepasst werden?

Zwei **Risiken** werden besonders deutlich:

1. Kommunen verpassen die Anpassung an technische Möglichkeiten, werden für Bürger weniger attraktiv.
2. Kommunen sind Technologieanbietern ausgesetzt, vor allem was die Nutzung der kommunalen Daten betrifft.

8.6 Smart City macht neue, interdisziplinäre Kooperationen erforderlich

Die Fusionierung der Informationstechnologie mit vormals analogen Bereichen, erfordert – wie bereits im Vorwort vermerkt – eine holistische Betrachtung und setzt eine stärkere Interaktion zwischen Technologieanbieter (Industrie / Supply) und Nutzer (Kommune / Demand) voraus. Diese neuen Verknüpfungen erzwingen auch neue **Herausforderungen** in der Organisation von Schnittstellen, fachlichen Zuständigkeiten und ressortübergreifender Kommunikation. Darüber hinaus gilt es jedoch auch, die Interaktionen innerhalb der kommunalen Verwaltung, d.h. zwischen verschiedenen Ressorts besser zu koordinieren, bzw. so zu koordinieren, dass Entscheidungsprozesse nicht nach dem Prinzip „jeder für sich“ getroffen werden. Der Blick über den Tellerrand wird umso wichtiger, je größer die Anzahl der betroffenen Bereiche.

Diese Vielzahl an Akteuren und Interaktionsmodellen, bringt die Kommunen in eine geänderte Handlungsrolle. Die bisherigen Prozesse und Entscheidungsrollen werden zwangsläufig einen Wandel erfahren. In diesem Zusammenhang ist der Staat auch nicht notwendigerweise mehr der zentrale Akteur, der die Handlungen per Gesetzgebung Top-Down bestimmt. Vielmehr gilt es, ähnlich wie die Akteure aus Zivilgesellschaft und Wirtschaft, Ziele in vernetzten Prozessen und mit partizipativen Ansätzen zu

definieren und zu erreichen. Hierzu liegt kein Erfolgsrezept vor; auch kann dieser Bericht nicht als Anleitung herangezogen werden. Aus den zahlreichen Gesprächen die sich im Rahmen dieser Studie (und auch im unmittelbaren Umfeld) ergaben, wurde jedoch ersichtlich, dass dieser neue, multidisziplinäre Ansatz von „Governance“ nicht kurzfristig gestartet und fehlerfrei gelebt werden kann.

Dieser neue Interaktionsprozess, bei dem alle teilnehmenden Akteure aus diversen beruflichen und organisatorischen Hintergründen ihre Interessen, Spielregeln, Handlungsrahmen austarieren (gerne auch als „Multi-Stakeholderprozess“ bezeichnet), wird Zeit in Anspruch nehmen und erfordert ein neues Verständnis von Verantwortung.

8.6.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder

Die hier vorliegende Recherche ist komplex und daher unvollständig. Dennoch muss im Kontext der „**Handlungsempfehlungen**“ deutlich darauf hingewiesen werden, dass bei der digitalen Transformation des öffentlichen Raumes das Prinzip Hoffnung nicht mit der Gesamtverantwortung beaufschlagt wird. Die Kombination aus Kostendruck, internationalem Wettbewerb und einem neuen (online-) Konsumverhalten ruft neue soziale und damit auch ökologische Herausforderungen hervor die nur bedingt technologisch gelöst werden können. Bund und Länder müssen organisatorische Hilfestellungen leisten, die sich herunter gebrochen auf die einzelnen Akteure wohl auch ressourcentechnisch äußern muss. Pilotprojekte unterstützt durch eine kompetente Begleitforschung können hier eine große Hilfe darstellen um unter kontrollierten Bedingungen Erfahrungen zu diversen infrastrukturellen Neuerungen und organisatorischen (interdisziplinären) Neurungen Erfahrungen zu sammeln. Diese Erfahrungen können in ersten Standards dokumentiert und in der Praxis gelebt werden; der Dokumentations-bzw. Standardisierungsprozess ist jedoch ressourcenaufwändig und somit für viele ExpertInnen aus Kommunen nicht tragbar. Bevor der regulatorische Rahmen gesetzt werden kann, müssen Erfahrungen in interdisziplinären Kooperationen jedoch gesammelt, analysiert, verbessert und wiederholt getestet werden. Eine **Herausforderung** wird es sein, diese Erfahrungsprozesse anzustoßen und eine Fehlerkultur zu leben, die nicht jedes Problem zum Scheitern des Projekts verurteilt.

Die Forschungsbedarfe bestehen eindeutig beim Umgang mit diesen komplexen Abstimmungsverfahren. Welche Organisationen/Expertisen müssen sich wie miteinander abstimmen um ein gemeinsames Ziel zu erreichen, keine Wettbewerbsverzerrung einschleichen zu lassen, ökologisch sinnvoll, inklusiv und nachhaltig zu handeln.

Das Risiko des unsystematischen Handelns (Prinzip Hoffnung) besteht darin, dass Einzellösungen proprietär gelebt und nicht verbreitet werden.

8.6.2 Handlungsempfehlungen an städtische Akteure

Die kommunalen, operativen Dienstleistungen sind über viele Jahre im Rahmen der Daseinsvorsorge etabliert: teils in Monopolstrukturen (Trinkwasserversorgung), teils in quasi-wettbewerblichen Strukturen (kommunale Abfallwirtschaft/private Abfallwirtschaft). Damit ist auch dem grundgesetzlichen Auftrag nach Entsorgungssicherheit und Aufrechterhaltung hygienischer Verhältnisse in den Kommunen Rechnung getragen. Den Kommunen ist es aufgrund der Gemeindeordnungen der Länder untersagt, mit eigenen Unternehmen der Abfallwirtschaft in einen echten Wettbewerb auf dem privaten Entsorgungsmarkt mitzuwirken. Mit Blick auf die bereits neu entstandenen (disruptiven) Geschäftsmodelle in vormals innovationsträgen Branchen scheint es nur eine Frage der Zeit bis die digitale Transformation den privaten Entsorgungsmarkt nachhaltig verändert.

Ein relativ neuer **Akteur** in der nationalen Diskussion zur digitalen Transformation ist der Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU) und deren Mitgliedsunternehmen. Auch hier werden digitale Komponenten in den Bereichen Abfall- und Wasserwirtschaft untersucht und der Verband sieht nach eigenen Angaben die Möglichkeit, dass die digitale Transformation die Weichen für eine smarte Wasserwirtschaft der Zukunft stellen wird. Diese Untersuchung stellt eine dringend notwendige **Maßnahme** dar, deren Ergebnis auch mit den kommunalen Spitzenverbänden diskutiert werden muss.

Man erwartet Effizienzgewinne und ein besseres Erfüllen der Kundenerwartungen, weil Branchengrenzen verschwimmen und **neue Akteure** ins Umfeld der städtischen Akteure aufgenommen werden, die jedoch auch das etablierte Model der Wasserver- und Abwasserentsorgung herausfordern können. Bei einer Umfrage die der Verband innerhalb seiner Mitglieder durchführte, hat sich gezeigt, dass die Chancen der Digitalisierung vor allem im Bereich der Prozessoptimierung und der Verbesserung des Daten- und Schnittstellenmanagements gesehen werden. Hier hält der digitale Wandel in der Praxis bereits heute vielfältig Einzug, beispielsweise durch intelligente Netzsteuerung oder die Automatisierung von Leitstellen. Doch werden auch genau an diesen Stellen die **Herausforderungen** liegen. Die Kompetenz der Wasserver- und Abwasserentsorgung, sowie der Abfallentsorgung mit den Möglichkeiten intelligenter Technologien zu verknüpfen. In diesem zunehmend digitalen Umfeld steigen automatisch die **Anforderungen** an IT-Sicherheit und Datenschutz. Die BürgerInnen müssen sich darauf verlassen können, dass die Systeme auch unter den neuen Rahmenbedingungen zuverlässig und im Rahmen der DSGVO funktionieren und die Infrastruktur nicht zum Ziel von IT-Angriffen wird. Die genaue Darstellung dieser Komplexität und den damit verbundenen **Risiken** übersteigt diesen Bericht und lässt sich nicht ausführlich darstellen.

Es sei jedoch noch angemerkt, dass sich durch die Digitalisierung die Anforderungen an die Personalqualifikation verändern. Auch ist im weitesten Sinne der Bund in die Maßnahmen einzubeziehen, denn es bedarf geeigneter Ausbildungs- und Weiterbildungsprogramme, die ebenfalls aus der vertikalen Struktur in eine breitere, interdisziplinäre Ausbildung überführt werden müssen.

Und schließlich bringt die Digitalisierung eine Art *Gamification* der Dienstleistung dem Kunden bzw. Endverbraucher ein ganzes Stück näher. Für städtische Akteure könnte dies zum zentralen Motivator werden, was jedoch in Übereinklang mit den üblichen Anforderungen an Infrastruktur, Organisationen sowie kosten-, umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Faktoren gebracht werden muss.

8.6.3 Handlungsempfehlungen an Kommunen

Generell besteht bei diesem Ansatz die Gefahr des Verhebens. Immer wieder wurde in ExpertInneninterviews die These geäußert, es „langsam angehen zu lassen“; Eine zentrale **Empfehlung** an Kommunen ist das Setzen konkreter, überschaubarer Ziele (z.B. Digitalisierung des Parkens; Multifunktionale Beleuchtung; Bike-sharing Konzepte, etc.) und dringend verhindern, zu viele Dinge auf einmal anzustoßen. Kommunen sollten mit einer Auswahl interessierter örtlich/regionaler Vertreter (IT-Unternehmen, Start-ups, Beratung, Forschungseinrichtungen, Spitzenverbände) die Gegebenheiten vor Ort in Form eines Themen-, Projekt- und Stakeholder-Mapping skizziert erfassen einen ersten groben Zielrahmen setzen. Wichtig dabei ist die Unterstützung durch die obersten Führungsspitzen und die integrierte Bearbeitung innerhalb der Kommunalverwaltung.

Auch wenn **standardisierte Prozesse** in weiter Ferne liegen, ist es hier denkbar, ein schematisches Vorgehen zu erstellen, welches in diversen Kommunen in iterativen Schleifen zum Erfolg geführt hat. Dies kann den Charakter eines Leitfadens haben, der den Beteiligten als Leitfaden an die Hand gegeben wird, wenn ähnliche Veränderungsprozesse / Multi-Stakeholderprozesse von einer Kommune auf eine andere übertragen werden soll. Wer muss mit Wem sprechen? Wer hat welche Rollen/Verantwortungen? Welche Freigaben sind einzuholen? Welche Zeiträume sind vorzusehen? Das Standardisierungsprojekt **DIN SPEC 91387** möchte den Kommunen einen ersten Leitfaden an die Hand geben und muss als lebendes Dokument verstanden werden, was anhand der Erfahrungen der Kommunen Anknüpfungspunkte aufdecken um regelmäßig weiterentwickelt werden soll und somit sich parallel zum Prozess in der Praxis weiterentwickelt.

Forschungsseitig wäre besonders interessant, neue Strukturen und Abstimmungsprozesse interdisziplinär zu erproben.

Es besteht das **Risiko** des „Zuviel auf einmal“. Unabhängig von der Größe einer Kommune wurde von diversen ExpertInnen – vor allem aus dem kommunalen Bereich – die Empfehlung und Warnung ausgesprochen mehr als einen Bereich in die digitale Transformation zu begleiten. Beispielhaft für eine positive Umsetzung sei hier die Klimastraße Köln genannt, die der Anstoß zu diversen weiteren Smart City Aktionen war. Ein weiteres Erfolgsbeispiel ist die Stadt Bad Hersfeld, die sich auf die Infrastrukturschwerpunkte Signallichtanlagen und Parkraummanagement konzentriert hat und damit zeitnah das praktische Zusammenspiel diverser Organisationseinheiten und Unternehmen präsentieren konnte um sich darauf aufbauen anschließend auf komplexere Zusammenhänge konzentrieren zu können.

8.7 Smart City bedarf einer Abwägung zwischen Nutzen und Begrenzung von Daten

Die Vision der Smart City ist von zunehmender Durchdringung allgegenwärtiger Technologie und Messsensorik in städtischer Infrastruktur auf der einen- und einer innovativen, kreativen und nachhaltigen Wirtschaftsweise auf der anderen Seite gekennzeichnet. Diese Durchdringung städtischer Infrastruktur stellt gewissermaßen die Grundlage für die Generation großer Datenmengen („big data“) dar, welche Informationen für nahezu alle Bereiche unseres Lebens, bzw. unserer Umwelt bereitstellen kann – hierzu gehören beispielsweise Echtzeitinformationen zum Mobilitäts- und Kaufverhalten der BürgerInnen, sowie zu deren Lebensgewohnheiten und Sozialverhalten. Allerdings gehören hierzu ebenso Umweltdaten, welche für das Monitoring von Umweltindikatoren verwendet werden können (Bsp. Meteorologische Daten, Daten zu Emissionen und Ressourcenverbrauch, zur biologischen Vielfalt, sowie zur Luft- und Lärmverschmutzung). Erst die Integration und Aufbereitung dieser Daten für bestimmte Anwendungen und Dienstleistungen, oft in Form von sog. Cloudbasierten Diensten, schafft den erhofften Mehrwert und ist das, was allgemein unter dem Begriff „Internet der Dinge“ verstanden wird.

Der größte Hebel für Veränderung durch die Digitalisierung ist der, der Effizienzgewinne. Über diesen lassen sich Zeit und Ressourcen einsparen, was letztlich in größeren gesellschaftlichen Wohlstand münden soll. Außerdem kann eine zunehmende gesellschaftliche Digitalisierung zu mehr Demokratie, Partizipation und sozialer Kohäsion führen. Abgesehen von den versprochenen Effizienzgewinnen, welche letztlich auch in engem Zusammenhang zu einem verbesserten Umwelt- und Klimaschutz stehen, sind die „Nebenwirkungen“ der Digitalisierung unvorhersehbar. Es ist davon auszugehen, dass Digitalisierung ungeahnte Konsequenzen für das politische System, das gesellschaftliche Zusammenleben und letztlich unser Verhältnis zur Umwelt haben wird. Es besteht die Gefahr einer asymmetrischen Machtverteilung. Diese wirft Fragen, etwa zur Definitionsgewalt, Zugang, Kontrolle und (Daten)Sicherheit, auf. Welche Akteure leiten diesen Prozess? Welche neuen Gesellschaftsformen hängen mit der Smart City zusammen und wer definiert diese? Wer hat Zugang und wie wird dieser sichergestellt? Wer kontrolliert den Digitalisierungsprozess – und wie viel Kontrolle ist nötig?

Es stellt sich des Weiteren die Frage, wer die Antworten auf diese grundlegenden Fragen entwickeln soll – die Europäische Kommission, der Bund, die Bundesländer, städtische Akteure, Kommunen, oder nationale und internationalen Datenkonzerne wie Google und andere? Die naheliegende Antwort lautet: Alle. Um diesen multidimensionalen, multi-prozessualen Vorgang aktiv zu gestalten, bedarf es zunächst einer Abwägung zwischen Nutzen und Begrenzung von Daten, welche von allen Akteuren gemeinsam zu treffen ist. Rabari und Storber (2015) beschreiben die Digitalisierung metaphorisch mit dem Begriff der *digital skin*, welcher anschaulich die Unmittelbarkeit und Nähe dieses Themas zur menschlichen Existenz verdeutlicht. Bei einem so wichtigen Thema, wie dem sich „Aneignen einer neuen Haut“, sollte keiner der Beteiligten Akteure auf der Zuschauertribüne landen. Als Beitrag, bzw. Anstoß in diese Richtung, sind im Folgenden einige Handlungsempfehlungen an die verschiedenen Akteure (Bund/Länder, städtische Akteure und Kommunen) zusammengestellt, welche als Resultat aus dem ExpertInnenbeteiligungsprozess in dieser Studie hervorgegangen sind.

8.7.1 Handlungsempfehlungen für Bund/Länder

Im Vordergrund der empfohlenen **Maßnahmen** auf Bundes- und Länderebene steht die Entwicklung einer Daten-Governancestruktur zur akteursübergreifenden Nutzung von Daten (als Teil einer Digitalisierungsstrategie, sowie der IKT als Daseinsvorsorge). In dieser sollte ein Regelwerk zur Verknüpfung von Datensammlung und Umweltrelevanz (Nachhaltigkeitsziele) enthalten sein. Außerdem muss sichergestellt werden, dass gesammelte Daten für ein Monitoring von nationalen- und internationalen Umwelt- und Klimazielen verwendet werden können (Stichwort: Harmonisierung und *multi-level governance*).

Diese Governancestruktur sollte unter teilweiser **Einbeziehung von Kommunen und städtischen Akteuren** entwickelt werden. Hier gilt vor allem, die Erfahrungen von städtischen Akteuren, sowie deren Sichtweisen und konkrete, infrastrukturbezogene Expertise mit einzubeziehen. Als Anknüpfungspunkte an **internationale Nachhaltigkeitsziele** sind hier unter anderem die UN *Sustainable Development Goals* Nummer 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, der Nationale Klimaschutzplan 2050, das EU Kreislaufwirtschaftspaket, sowie die EU Urban Agenda zu nennen.

Die Entwicklung einer Daten-Governancestruktur könnte in Form einer DIN SPEC oder Norm erfolgen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass eine solche Struktur von einem heterogen zusammengesetzten ExpertInnenkreis in einem neutral moderierten Umfeld erstellt wird.

Damit die Harmonisierung von Daten erfolgreich umgesetzt werden kann, um die Daten auf verschiedenen Ebenen auswerten zu können, bedarf es der Definition und Entwicklung neuer **Normen und Standards**.

Eine zentrale **Herausforderung** für die Umsetzung der genannten Maßnahmen, stellt die komplexe internationale Akteurslandschaft dar. Hier könnte es sich als schwierig erweisen, Regulationsbestrebungen hinreichend zu verwirklichen, wenn diese als gesellschaftlich dienlich erachtet werden. Der Bund muss hier eine Balance zwischen Begrenzung und dem Nutzen von Daten erfolgreich leisten um strategische Rahmenbedingungen für die Kommunen und andere Akteure zu setzen. Für die Harmonisierung von Daten sind Normen notwendig, welche unter Einbindung verschiedener Akteure erstellt werden, um alle relevanten Bedürfnisse mit zu berücksichtigen. Hierzu müssen *multi-level-governance* Strukturen geschaffen werden um sicherzustellen, dass lokale Ziele und das entsprechende Monitoring auf regionale, nationale und globale Ziele, ausgerichtet sind und miteinander arbeiten. Ansonsten, besteht das **Risiko** von Datenmissbrauch, gesellschaftlicher Fehlentwicklungen und undemokratischen Strukturen.

8.7.2 Handlungsempfehlungen an städtische Akteure

In Zusammenhang mit dem Thema der Datennutzung und -bereitstellung sollten städtische Akteure in erster Linie die Infrastruktur für die Sammlung von Daten bereitstellen sowie digitale Infrastrukturelemente in bestehende Infrastrukturen integrieren – sowohl zur Steuerung dieser Strukturen, als auch zur Nutzung von digitalen Diensten und zur Datensammlung. Außerdem sollten Wissen und Expertise verschiedener Akteure zusammengeführt und Rückkoppelung und Feedbackmechanismen etabliert werden. Positive Umweltwirkungen müssen sichtbar gemacht werden. Zudem sollten neue Geschäftsmodelle (Mehrwertdienste) entwickelt und angeboten werden.

Andere Akteure sind, wo sinnvoll, einzubinden. Insbesondere im Bereich der Kompetenzentwicklung zum Thema Daten und Datennutzung, wäre es von Vorteil kommunale Akteure mit einzubeziehen um deren Bedürfnisse abzubilden. **Anknüpfungspunkte an internationale Nachhaltigkeitsziele** sind für Kommunen ähnlich wie für den Bund, wobei hier besonders die SDG 6 und 11, sowie die EU Urban Agenda hervorzuheben ist.

Damit die städtischen Akteure von der Expertise und dem Wissen anderer ExpertInnen profitieren können, wird die aktive Mitarbeit in den Arbeitsausschüssen und Gremien der **Normungsorganisationen** empfohlen. Die Diskussion neuer Geschäftsmodelle sollte zudem auf ExpertInnenebene erfolgen. Die Inanspruchnahme der neutralen Moderation einer solchen Diskussion um neue Geschäftsmodelle durch eine Normungsorganisation erhöht die offene Gesprächsbereitschaft vieler Stakeholder. **Herausforderungen** für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Maßnahmen, könnten u. A. mögliche hohe kapitale Investitionskosten (Investitionen müssen deshalb auch finanzielle Effizienzgewinne mit sich bringen – nicht nur der Bereitstellung von umweltrelevanten Daten dienen). Außerdem könnte die infrastrukturelle Beschaffenheit im Einzelfall die Umsetzung erschweren. Es fehlen entsprechende Plattformen, sowie Prozesse, um einen *multi-level governance* Prozess anzustoßen, d.h. Kommunen und Bund/Länder zusammen zu bringen. Hier besteht das **Risiko**, dass entsprechenden Umweltdaten fehlen und somit mögliche Effizienzgewinne nicht ausgeschöpft werden können. Außerdem kann es zu einer ineffizienten Steuerung des Themas Datenbeschaffung- und Bereitstellung kommen.

8.7.3 Handlungsempfehlungen an Kommunen

Empfohlene **Maßnahmen** an Kommunen wurden wie folgt identifiziert: Kompetenzentwicklung für Stadträte, Systemgrenzen für die Datensammlung klären (Verantwortlichkeiten klären), sowie vermehrt digitale Dienste anbieten. **Andere Akteure** sollten, wo sinnvoll, mit eingebunden werden. Insbesondere im Bereich der Kompetenzentwicklung zu den Themen Daten und Datennutzung, wäre es von Vorteil die Expertise städtischer Akteure zu nutzen. **Anknüpfungspunkte an internationale Nachhaltigkeitsziele** sind für Kommunen ähnlich wie für den Bund, wobei hier besonders die SDG 11, sowie die EU Urban Agenda hervorzuheben sind.

Da sich diese Handlungsempfehlungen vornehmlich auf interne Prozesse und die Gestaltung kommunaler Strukturen und Verantwortlichkeiten beziehen, liegt bei diesen Handlungsempfehlungen kein unmittelbarer Bezug zur **Normung und Standardisierung** vor.

Herausforderungen bei der Umsetzung sind u. A. mangelnde Finanzierung, mögliche fehlende Kompetenzen auf Bundesebene oder bei städtischen Akteuren und eine (noch) fehlende Digitalisierungsstrategie, welche diesen Aspekt berücksichtigen sollte. Darüber hinaus, erschwert eine komplexe, zunehmend dezentrale, digitale Infrastruktur die Umsetzung (Datensammlung ist oft nicht lokal und folgt selten territorialen Gesetzmäßigkeiten). Außerdem braucht die Umstellung analoger Prozesse auf digitale Dienste in den Kommunen Zeit – auch um Synergien zwischen Systemen zu schaffen.

Forschungsbedarfe bestehen in der Erarbeitung entsprechender Programme, der Festlegung von benötigten Schlüsselkompetenzen und Weiterreichung an den Bund, bzw. an städtische Akteure, sowie im Beforschen der lokalen Datensammlung für ein besseres Verständnis – auch darüber, wo Kommunen Einfluss nehmen können und wo nicht. Es gilt außerdem eine Antwort auf die Frage ob Digitalisierung Daseinsvorsorge darstellt und die entsprechenden Implikationen dieser Antwort, zu entwickeln.

Verpassen Kommunen (auch kleinere Kommunen) den Anschluss an die Digitalisierung, könnte das möglicherweise negative Auswirkungen für den Kompetenzbereich der Kommunen haben – ebenso den Grad der Kontrolle innerhalb der Kommunen über das Thema. Mögliche Effizienzgewinne könnten verloren gehen, bzw. ungenutzt bleiben. Weiteres, könnte eine Diskrepanz kommunaler Dienste mit dem „Rest der Welt“ und den Lebensrealitäten der BürgerInnen entstehen, bzw. würde diese noch deutlicher.

8.8 Forschungsbedarfe: Zusammenfassung

Um die in den Kapiteln 8.3 bis 8.7 vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen umsetzen zu können, bedarf es zunächst der Bearbeitung offener Forschungsfragen. Diese richten sich sowohl an Bund/Länder, an Kommunen als auch an städtische Akteure als jeweiliger Auftraggeber für die Forschung.

Vielfacher Forschungsbedarf besteht in der Ausarbeitung detaillierter Studien zur tatsächlichen Umweltwirkung von smarten Lösungen. Nachweise müssen erbracht werden, ob auch nach ganzheitlicher Betrachtung positive Umwelteffekte auftreten, ob rein wirtschaftliche Ziele verfolgt wurden oder ob gar Digitalisierung um des Digitalisierungs-Willen ohne wirklichen Mehrwert praktiziert wird.

Sehr großer Bedarf existiert darüber hinaus in der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Solche werden speziell in Unternehmen händierend gesucht, um mit der Digitalisierungsentwicklung Schritt zu halten bzw. diese durch innovative Geschäftsmodelle selbst zu beeinflussen. Hierzu zählen selbstverständlich neue Leistungen und Finanzierungsmechanismen, aber letztlich auch die Untersuchung rechtlicher Rahmenbedingungen und Anpassungsbedarfe für neue, smarte Lösungen.

Eine dritte bedeutende Forschungslücke wird in der Erstellung verschiedenster Leitfäden, Handreichungen und Beratungsdienstleistungen gesehen, um städtische Akteure und Kommunen bei der Umsetzung nachhaltiger Smart City-Lösungen zu unterstützen. Diese und weitere Forschungsbedarfe sind nochmals in übersichtlicher Form zusammengefasst.

Tabelle 3: Schematische Darstellung der synthetisierten Forschungsbedarfe entlang der betroffenen Akteure und identifizierten Botschaften (eigene Darstellung, ICLEI Europasekretariat)

B 1: Erreichung von Umweltzielen	B 2: Effizienzgewinne ≠ Umweltschutz	B 3: Neue Aufgaben	B 4: Interdisziplinäre Kooperationen	B 5: Nutzen und Begrenzung von Daten
Analyse der Umweltwirkung von einzelner, smarter Infrastrukturen auf natürliche Ressourcen sowie Technikfolgenabschätzung			Systematisierung und organisatorische Hilfestellung bei komplexen, internationalen Kooperationsprozessen	Sicherstellung der Verwendbarkeit von Daten für das Monitoring von Umweltzielen (Harmonisierung, multi-level-governance)
Studie zur Verifizierung (des Ausmaßes) positiver Umweltwirkungen von implementierten smarten Lösungen in Städten				
Förderung umweltschonender Infrastruktur, auch als Kriterien bei Ausschreibungen	Erstellung von Handreichungen und Normierungen zu lokalen Beschaffungskriterien und Kooperationen	Bund/ Länder		Methodenentwicklung zur Harmonisierung von Datensammlungen für ein verbessertes <i>Monitoring</i> nationaler Umwelt- und Klimaziele durch lokalen Umwelt- und Klimaschutz
Nachweise zur Klima- und Materialintensitäten in Recyclingprozessen				
Untersuchung: existiert eine Verbindung zw. politischen Wechsels und dem Nicht-Erreichen von Umweltzielen?			Bestandsaufnahme und Diskursstudie zu internationalen Strategien zur Digitalisierung	
Neue Rollendefinition kommunaler Akteure und Prüfung bestehender Mandate zur effektiven Bewältigung von Klimaschutz und Digitalisierung	Erarbeitung von Handreichungen und Beratungsprogrammen für den Einstieg in die Entwicklung nachhaltiger, smarter Lösungen für Kommunen	Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für Kommunen (kommunale Dienste) mit Umweltrelevanz	Erstellung eines Leitfadens zur Übertragung von Good Practice-Beispielen einer Smart City mit hoher Umweltwirkung	Identifizierung von benötigten Schlüsselkompetenzen im Bereich Datenverwaltung und -nutzung
Methodenentwicklung zur Messung und Demonstration der Klimarelevanz von Smart City Ansätzen	Verknüpfung von Nachhaltigkeitszielen für Kommunen mit smarten Infrastrukturansätzen	Untersuchung rechtlicher Rahmenbedingungen und Anpassungsbedarfe für neue, smarte Lösungen		Beforschen der städtischen Datensammlung, -verwaltung und –bereitstellung an Dritte
Beforschung und Ausbau von Anreizen und Zertifizierungsprogrammen zur Entwicklung einer umweltsensitiven Digitalisierungsstrategie				Beantwortung der Frage, ob Digitalisierung heute zur Daseinsvorsorge gehört sowie deren Implikationen
		Kommunen		
Analyse möglicher Kombinationen aus mechanischen und digitalen Technologien in der städtischen Infrastruktur	Erarbeitung von Beratungsdienstleistungen zur ganzheitlichen Bewertung und zur besseren Sichtbarmachung von Effizienzmaßnahmen	Entwicklung neuer Geschäftsmodelle mit positiven Umwelteffekten		Machbarkeitsstudien zur Sammlung umweltrelevanter Daten durch smarte Infrastruktur
Beforschung und Ausbau von Anreizen und Zertifizierungsprogrammen zur Entwicklung einer umweltsensitiven Digitalisierungsstrategie		Ggf. Schaffung neuer Stadtkonzerne		
Beforschen der Rolle smarter Lösungen im Modal-Split, sowie der entsprechenden Nachhaltigkeitsimplikationen (inkl. Wechselwirkungen)	Ermittlung des langfristigen Einflusses von smarten Lösungen auf das Zusammenspiel von Umweltwirkungen und wirtschaftlichen Effekten			Rahmen zur Zusammenführung von Wissen und Expertise verschiedener Akteure schaffen
		Städtische Akteure		

9 Schlussfolgerungen

Smarte Infrastrukturen verknüpfen physische Infrastrukturen, etwa im Bereich Transport, Energie, Wasser, Abfall und Telekommunikation, mit digitalen Infrastrukturen. Diese sind heterogen und üben unterschiedliche Funktionen aus. Sensoren, IoT, Netzwerke, BIM/GIS, Big Data und maschinelles Lernen – sind in diesem Zusammenhang Beispiele, welche unter dem Begriff „smart“ zusammengefasst werden können. Ihnen allen ist gemein, dass sie bestimmte gesellschaftliche Bereiche aus einer analogen in eine digitale Funktionsweise überführen. Dabei findet eine digitale Durchdringung und Integration der genannten Bereiche statt.

In diesem Zusammenhang untersucht die vorliegende Überblicksstudie, ob und, wenn ja, welcher Bedarf für eine Anpassung der Rahmenbedingungen und insbesondere der Normen und technischen Regelwerke besteht, um eben diese umweltrelevanten technischen Infrastrukturen intelligent und nachhaltig zu gestalten und zu vernetzen.

Zunächst zeigt sich, dass bereits eine Vielzahl an einzelnen Umsetzungsprojekten von Vorreiterstädten im Bereich Smart City existiert. Diese lassen sich zu 18 Lösungsansätzen für technische Infrastrukturen bündeln und wurden hinsichtlich ihrer Haupteffekte auf die Umweltbereiche Wasser, Luft(qualität), Rohstoffe, Klima(stabilität) und Biodiversität bewertet. Weiterhin wurden Trends für zukunftsweisende Infrastrukturlösungen mit Umweltrelevanz identifiziert (z.B. micro-grids, Sektorenkopplung und dreidimensionale Nutzung des Straßenraums). Diese befinden sich noch weit entfernt von der Umsetzungsphase und beschreiben eher zukunftsweisende Infrastrukturlösungen, versprechen jedoch neue Leistungen oder Nutzungsszenarien. Zudem werden mit smarten, digitalen Lösungen für städtische Infrastrukturen große Potentiale verbunden. Speziell bei kritischen Infrastrukturen – also jene, die eine übergreifende Bedeutung für die Aufrechterhaltung zentraler gesellschaftlicher Funktionen innehaben – müssen jedoch bereits in der Entwicklungsphase auch jeweilige Risiken Beachtung finden. Dabei treten hauptsächlich kommunale Risiken (z.B. politische, strategische, marktwirtschaftliche und soziale) sowie Umweltrisiken (z.B. Rohstoffverbrauch, Luft-/Wasserqualität, Klimastabilität) auf.

Die Analyse existierender zukunftsweisender smarterer Infrastrukturen durch die durchgeführte Literaturrecherche und Einbeziehung praxisnaher ExpertInnen zeigen, dass es einer Anpassung der Rahmenbedingungen bedarf, um smarte Infrastruktur nachhaltig zu gestalten. Auf Bundesebene betrifft dies maßgeblich die Entwicklung (oder Anpassung) einer Digitalisierungsstrategie, welche smarte Lösungen mit Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen verbindet und so eine Verknüpfung zwischen „smart“ und „Umwelt“ über alle Ebenen hinweg gewährleistet. Für städtische Akteure bedarf es entsprechender Handreichungen und Programme zur Umsetzung, welche wiederum auch maßgeblich in den Prozess eingebunden sein müssen. Für Kommunen schafft eine umweltsensitive Digitalisierung städtischer Infrastruktur neue Aufgaben, welche einerseits durch politische Willensbildung und andererseits durch entsprechende Kompetenzentwicklung bearbeiten lassen, welche aber auch die Frage nach kommunalen Mandaten aufwirft – etwa im Bereich Klimaschutz. Nicht zuletzt, wird im Zuge der Digitalisierung ein Balanceakt zwischen Begrenzung und Nutzung von Daten vollbracht werden müssen, welcher sich dem Einflussbereich der Kommunen nach heutigem Stand der Dinge entzieht. Diese und andere Fragen, müssen mit Beteiligung aller relevanten Verwaltungsebenen, interdisziplinär bearbeitet werden, wofür die notwendigen Foren und Kanäle erst noch geschaffen- bzw. ausgebaut werden müssen.

Viele der in Kapitel 7 genannten Risiken treffen gleich auf mehrere Lösungsansätze zu. Die Schnittstelle Digitalisierung und Automatisierung begünstigt immer wieder ähnliche Risiken. So sind Themen wie Sicherheitsrisiken durch Cyberattacken allgemein gültig. Die Versorgungssicherheit sowie die Daseinsvorsorge wird durch die Entwicklung von hauptsächlich digitalen, automatisierten und vernetzten Infrastrukturen (Energie, Wasser, Sicherheit, Verkehr, IKT) komplexer, ihre Störung oder Zerstörung möglicherweise riskanter. Für diese verletzlichen und oft unbeherrschbaren smarten Lösungen muss auch laut Smart City Ansatz und ExpertInnen der Bereiche Stadtentwicklung und Urban

Design bedacht werden, dass verstärkt Kaskadeneffekte auftreten werden. Die Abhängigkeit geht dabei soweit, dass Marktmacht durch einzelne Internet- und Technologiekonzerne erlangt werden kann. Ursprünglich liegt die Pflicht der Fürsorge für die Daseinsvorsorge in öffentlich kommunaler Hand. Durch die Abhängigkeit von Konzernen entsteht das Risiko des Lock-in-Effekts.

Dies birgt Angriffsfläche für Datenmissbrauch, was vor allem von Individuen und Schutzinitiativen als Risiko aufgegriffen werden. Die Sammlung und Bereitstellung von großen Datenmengen birgt zudem das soziale Risiko, individuelle Bewegungs- und Konsumprofile erstellen zu können und diese mit den soziokulturellen Merkmalen des Nutzers zu verknüpfen, was einer gewissen Überwachung gleichkommt. Es stellt sich die Frage, wie die Gesellschaft in Zukunft mit einer großen individuellen Durchsichtigkeit umgehen wird.

Gesetzesänderungen können sich so auswirken, dass bestimmten smarten Lösungssystemen der Zugang verweigert wird oder neben zu langsamer Standardisierung auch falsche Rahmenbedingungen für die jeweiligen Ansätze geschaffen werden. Somit besteht ein politisches Risiko für nahezu jeden smarten Lösungsansatz.

Das Ziel der Nachhaltigkeit, welches in erster Linie mit smarten Lösungen und vernetzten Technologien verfolgt wird, ist dabei nicht zwangsläufig durch den digitalen Wandel gegeben, sondern muss auch von einem radikalen Systemwechsel begleitet sein. Die Relation von eingesetzter „grauer“ Energie für Aufbau und Betrieb eines Systems (z.B. Lebenszyklus/Austauschrate/Wartungsintensivität Sensoren) zur Einsparung muss dabei genauso berücksichtigt werden wie das Vermeiden von Rebound-Effekten. Eine eindeutige Definition der Begriffe ist von Vorteil, um „Buzzworte“ wie „Smart City“ nicht automatisch mit Inhalten der Nachhaltigkeit gleichzustellen. Aus diesem Blickwinkel betrachtet, besteht daher für jeden smarten Lösungsansatz auch ein strategisches Risiko.

Für ein funktionierendes Allgemeinwesen ist laut interviewten ExpertInnen eine Zentralstruktur von Nöten, muss jedoch im Einzelfall überdacht werden. Beispielsweise können Ressort- und bereichsübergreifende Finanzierungsmöglichkeiten durch verschiedene Ministerien realisiert werden. So könnte in diesem Fall ein Ausgleich dieser Schieflage zu mehr sozialer Akzeptanz eines Lösungsansatzes führen und das finanzwirtschaftliche Risiko senken.

Die Risikoanalyse der identifizierten Smart City-Lösungsansätze zeigt, dass viele Ansätze in ihrer Grundausrichtung neben den vorwiegend wirtschaftlichen Absichten auch eine positive Umweltwirkung zum Ziel haben. Nichtsdestotrotz müssen vor einer Umsetzung der Ansätze in Städten Einzelfalluntersuchungen erfolgen, ob umwelttechnische und kommunale Risiken auftreten können und welche Folgen daraus bei Eintreten dieser Risiken für Umwelt und Kommune zu erwarten sind.

Die digitale Transformation bzw. die Durchdringung von IT in ehemals analoge Bereiche erfordert ein Umdenken – nicht nur in der Anwendung – sondern auch in der Entwicklung der Technologie und der Entwicklung der technischen Regeln. Die aktuellen Strukturen der Normungsorganisationen erfordern jedoch eine Anpassung an diese interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Kommunen und städtische Akteure können von Normen/Standards im Smart City Kontext profitieren in dem sie: (1) sich direkt an der Entwicklung von Normen/Standards beteiligen und ihre Sicht der Dinge mit Technologieanbietern diskutieren bevor technische Regeln veröffentlicht werden; (2) Bedarfe an Normen/Standards an Technologieanbieter, kommunale Spitzenverbände und Normungsorganisationen kommunizieren und (3) Smart City relevante Standards (vorwiegend nationale) anwenden bei Ausschreibungsprozessen bzw. bei der Implementierung neuer Infrastruktur oder Pilotprojekte, wenn in diesen Bereichen bereits Standards vorliegen. Hierbei kann eine umweltsensitive Digitalisierungsstrategie des Bundes sowohl Kommunen als auch nationalen Technologieanbietern helfen, hiesige Herausforderungen zu lösen, um letztlich auch den Markt mitzugestalten im Sinne neuer Exportgüter. Insgesamt muss auch die Kommunikation (Informationsübertragung) zu internationalen

(und nationalen) Standardisierungsaktivitäten erhöht werden. Ein stärkeres Engagement Deutschlands im internationalen Normungsprozess könnte auch zur Gestaltung internationaler Vorgaben mit ihren Rückwirkungen auf die kommunale Ebene und zur Stärkung der Umweltperspektive im Prozess beitragen. Normen und Standards können Märkte gestalten.

Weiterer Forschungsbedarf besteht daher u. a. in einer detaillierteren, ganzheitlichen Bewertung smarter Lösungsansätze hinsichtlich ihrer Umwelteffekte und ihrer möglichen Nebeneffekte auf die Ressourcen Wasser, Energie, Rohstoffe u.a. Hierzu müssen Methoden entwickelt werden, welche eine einfache und kostengünstige Durchführung ermöglichen, die im Verhältnis zum Produkt stehen, welcher aber andererseits robuste Ergebnisse liefern – eine Herausforderung, die es zu bewältigen gilt, denn nur so kann eine systematische, überprüfbare Verknüpfung von Smart City und Nachhaltigkeit gelingen.

10 Literatur

- Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., Panori, A., 2018. Enhancing sustainable urban development through smart city applications. *J. Sci. Technol. Policy Manag.*
<https://doi.org/10.1108/JSTPM-05-2017-0016>
- Bibri, S.E., 2018. A foundational framework for smart sustainable city development: Theoretical, disciplinary, and discursive dimensions and their synergies. *Sustain. Cities Soc.* 38, 758–794.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.032>
- Caragliu, A., Del Bo, C., Nijkamp, P., 2011. Smart Cities in Europe. *J. Urban Technol.* 18, 65–82.
<https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Clift, R., Sim, S., King, H., Chenoweth, J., Christie, I., Clavreul, J., Mueller, C., Posthuma, L., Boulay, A.-M., Chaplin-Kramer, R., Chatterton, J., DeClerck, F., Druckman, A., France, C., Franco, A., Gerten, D., Goedkoop, M., Hauschild, M., Huijbregts, M., Koellner, T., Lambin, E., Lee, J., Mair, S., Marshall, S., McLachlan, M., Milà i Canals, L., Mitchell, C., Price, E., Rockström, J., Suckling, J., Murphy, R., 2017. The Challenges of Applying Planetary Boundaries as a Basis for Strategic Decision-Making in Companies with Global Supply Chains. *Sustainability* 9, 279. <https://doi.org/10.3390/su9020279>
- DIN e.V., 2015. Deutsche Normungsroadmap – Smart City 32.
- Europäische Kommission (Ed.), 2012. Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe. Publ. Off. of the Europ. Union, Luxembourg.
- European Commission, 2016. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. Accelerating Europe's transition to a low-carbon economy.
- European Commission, 2014. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. EC Brussels.
- European Commission, 2011. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050.
- Gazzola, P., Del Campo, A.G., Onyango, V., 2019. Going green vs going smart for sustainable development: Quo vadis? *J. Clean. Prod.* 214, 881–892. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.234>
- Hielscher, S., Jacobi, N., Kunze, I., Leitner, M., Mandl, S., Schäfer, M., 2017. Governing Community-Based Social Innovation for Climate Change Mitigation and Adaption.
- Jakubowski, D.P., n.d. BBSR-Analysen KOMPAKT 04/2014 16.
- Martin, C.J., Evans, J., Karvonen, A., 2018. Smart and sustainable? Five tensions in the visions and practices of the smart-sustainable city in Europe and North America. *Technol. Forecast. Soc. Change* 133, 269–278.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.005>
- Meeus, L., 2011. Smart cities initiative: how to foster a quick transition towards local sustainable energy systems : final report. European Union Centre in Taiwan, Taipei.
- Pauwels, J., Le Viol, I., Azam, C., Valet, N., Julien, J.-F., Bas, Y., Lemarchand, C., Sanchez de Miguel, A., Kerbiriou, C., 2019. Accounting for artificial light impact on bat activity for a biodiversity-friendly urban planning. *Landsc. Urban Plan.* 183, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.030>
- Rowse Elizabeth G., Harris Stephen, Jones Gareth, n.d. Effects of dimming light-emitting diode street lights on light-opportunistic and light-averse bats in suburban habitats. *R. Soc. Open Sci.* 5, 180205.
<https://doi.org/10.1098/rsos.180205>
- Schweitzer, E., 2015. Smart Cities International: Strategien, Strukturen und Pilotvorhaben, Stand Dezember 2015. ed. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.
- Shove, E., 2010. Beyond the ABC: Climate Change Policy and Theories of Social Change. *Environ. Plan. A* 42, 1273–1285. <https://doi.org/10.1068/a42282>

-
- Silva, B.N., Khan, M., Han, K., 2018. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustain. Cities Soc.* 38, 697–713.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Spurling, N.J., McMeekin, A., Southerton, D., Shove, E.A., Welch, D., 2013. Interventions in practice:reframing policy approaches to consumer behaviour. Sustainable Practices Research Group.