

INTEROPERABILITÄT VON SMART CITY- DATENPLATTFORMEN

Matthias Buchinger
Peter Kuhn
Dian Balta

Für einen modernen Staat

Das Nationale E-Government Kompetenzzentrum vernetzt Experten aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft und ist die zentrale, unabhängige Plattform für Staatsmodernisierung und Verwaltungstransformation in Deutschland.

Herausgegeben und gefördert vom
Nationalen E-Government Kompetenzzentrum e. V.
Berlin 2021

INHALT

Zusammenfassende Empfehlungen	4
1. Einleitung	5
2. Wissenschaftlicher und praktischer Hintergrund	7
2.1 Relevante Konzepte	7
2.2 Forschungsansatz	8
2.3 Smart City-Fallstudien	8
3. Ergebnisse	9
3.1 Faktoren für Interoperable Smart City-Datenplattformen	9
3.2 Analyse von Beispielen aus der Praxis	14
3.2.1 Santander	15
3.2.2 München	16
4. Handlungsempfehlungen	18
5. Zusammenfassung	19
Literaturverzeichnis	21
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	26
Über die Autoren	27
Anhang	28
I. Wichtige Konzepte	28
I.I. Smart City	28
I.II. Datenplattform	28
I.III. Interoperabilität	28
II. Datenerhebung und Entwicklung des Klassifikationsschemas	29
II.I. Literaturrecherche	29
II.II. Interviews	31
II.III. Entwicklung des Klassifikationsschemas	31
III. Fallstudien	32
III.I. Smart City-Datenplattform-Projekt in Santander	32
III.II. Smart City-Strategie der Stadt München	33
Impressum	34

ZUSAMMENFASSENDE EMPFEHLUNGEN

Im Rahmen dieser Studie wurde die Bedeutung von Interoperabilität im Kontext von Smart City untersucht. Zusammenfassend können nach einer umfassenden Literaturrecherche und zahlreichen Interviews mit Experten aus der Praxis folgende generellen Handlungsempfehlungen gegeben werden:

- 1.** Interoperabilität ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für Smart Cities, welcher jedoch noch nicht vollständig untersucht und kommuniziert ist.
- 2.** Für eine funktionierende Interoperabilität in Smart Cities gibt es keine Patentlösung, sondern es müssen den gegebenen Umständen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.
- 3.** Die Koordinierung der Interoperabilitätsbemühungen erfordert maßgeschneiderte Werkzeuge.

- 4.** Langfristig sind einheitliche Standards für die Interoperabilität in und zwischen Smart Cities unverzichtbar.

- 5.** Für die effektive Weiterentwicklung und Verwirklichung von smarten Städten müssen Anwendungen gefunden werden, welche den Bürgern, Stadtmitarbeitern und Unternehmen einen tatsächlichen Mehrwert bieten.

Um zukünftig eine bessere Integration von Interoperabilität in die Entwicklung von Smart Cities zu ermöglichen, wird in dieser Studie ein Klassifikationsschema vorgestellt, welches wichtige Themen bezüglich der Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen beinhaltet und mögliche Lösungsansätze aufzeigt.

Schlagworte: Smart City, Interoperabilität, Datenplattformen, Klassifikationsschema

1. EINLEITUNG

Wir leben in einer Zeit fortschreitender Urbanisierung, in fast allen Regionen der Welt. Es wird erwartet, dass bis 2030 60% der Weltbevölkerung, das heißt ungefähr 5,2 Milliarden Menschen, in Städten leben werden (United Nations 2018). Das fortlaufende enorme Wachstum von Städten und Metropolen wird die Herausforderungen, vor denen die Städte bereits heute stehen, noch verstärken. Darüber hinaus werden neue Herausforderungen entstehen, welche vor allem infrastrukturelle, ökologische und wirtschaftliche Aspekte betreffen (Brutti et al. 2019; Välja und Ladhe 2015). Als ein wichtiges Instrument zur Bewältigung dieser Herausforderungen wird die Digitalisierung betrachtet. Unter dem Begriff Smart City werden deshalb seit einigen Jahren mit zunehmender Intensität sowohl in der Theorie als auch in der Praxis eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze diskutiert, wie Städte durch eine gezielte Digitalisierung der Infrastruktur auf die in unterschiedlichen Bereichen steigenden Anforderungen vorbereitet werden können.

Smart City verbindet eine städtebauliche Vision mit dem Ziel, die Lebensqualität zu verbessern und die Effizienz sowie den wirtschaftlichen Wert von Städten zu steigern. Zu diesem Zweck werden in „intelligenten Städten“ in der Regel mehrere in der Stadt existierende IKT-Lösungen und Assets verknüpft und in Plattformen integriert. Die dadurch entstehende Infrastruktur soll es Regierungen, Unternehmen und Bürgern ermöglichen, Daten auszutauschen, miteinander zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten (Ahlgren et al. 2016; Brutti et al. 2019). Datenplattformen bilden dabei die Grundlage, indem sie die Erfassung, Speicherung, Verwaltung, Verarbeitung und einen geregelten Zugriff auf diese Daten ermöglichen (van der Klaauw 2019).

Eine Herausforderung bei der Umsetzung von Smart City-Projekten ist dabei jedoch die Konzeption von Datenplattformen, welche einen Datenaustausch mit anderen Plattformen ermöglichen (Janssen et al. 2015). Bislang wurden in Smart City-Projekten häufig Plattformen implementiert, welche nur für eine bestimmte Aufgabe konzipiert und somit in ihrer Funktionalität begrenzt sind (Ahlgren et

al. 2016). Die daraus resultierenden geschlossenen Systeme können zumeist nicht mit anderen Smart City-Plattformen oder -Projekten kommunizieren, was zu fragmentierten Silo-Lösungen führt (Kazmi et al. 2018). Der Datenaustausch zwischen Smart City-Projekten ist deshalb komplex, was die Zugänglichkeit von Datenquellen für Anwendungen einschränkt. Dies ist besonders nachteilig, da häufig Daten aus heterogenen Datenquellen benötigt werden, um Projekte mit beträchtlichem Nutzen zu schaffen (Chaturvedi und Kolbe 2018). Da des Weiteren aktuell verschiedene proprietäre Protokolle und Cloud-Dienste für Smart City-Anwendungen existieren, ist die Auswahl der am besten geeigneten Datenplattform für ein spezifisches Problem für Entscheidungsträger in der Praxis oft problematisch und nicht eindeutig (Ahlgren et al. 2016).

Um den Datenaustausch zwischen Smart City-Datenplattformen zu ermöglichen, muss deren Interoperabilität verbessert werden. Hierzu mangelt es aber noch an dem Verständnis, wie Plattform-Interoperabilität am besten erreicht werden kann. Dieses Verständnis ist wichtig, da nur mit interoperablen Lösungen eine valide, umfassende und konsistente Datenbasis geschaffen werden kann, welche sich für die Entwicklung verschiedener Anwendungen eignet (Ahlgren et al. 2016; Janssen et al. 2015). Da auch die Möglichkeit, Anwendungen in verschiedenen Städten zu verwenden, von der Interoperabilität abhängt, können nur solche Lösungen den Anreiz für Dritte erhöhen, sich an der Entwicklung von Smart City-Anwendungen zu beteiligen und so einen Markt für Dienstleistungen aufzubauen (Brutti et al. 2018). Darüber hinaus kann Interoperabilität verhindern, dass Lock-in-Effekte die weitere Entwicklung von Projekten und das Wachstum funktionsübergreifender Smart City-Lösungen behindern (Sotres et al. 2019; Tolcha et al. 2018).

Um das Verständnis bezüglich der Bedeutung und Möglichkeiten zur Umsetzung von Interoperabilität im Smart City-Kontext zu vergrößern und somit einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Smart City-Konzeptes an sich zu leisten, werden in dieser Kurzstudie bestehende

Ansätze zur Implementierung von Interoperabilität gesucht sowie Erfolgsaussichten analysiert. Die zentrale Fragestellung ist dabei:

Was sind Smart City-Interoperabilitätsansätze und wie können sie in Richtung eines besseren Verständnisses der Interoperabilität von Datenplattformen konzeptualisiert werden?

Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine umfassende Analyse der vorhandenen Literatur sowie eine Reihe von Experteninterviews durchgeführt. Anhand der dabei gesammelten Informationen und Erfahrungen kann ein Überblick über die wichtigsten Faktoren gegeben werden, die bei der Auswahl, Entwicklung oder Implementierung von interoperablen Smart City-Datenplattformen berücksichtigt werden müssen. Als Ergebnis dieser Studie wird ein Klassifikationsschema mit den wichtigsten

Faktoren der Interoperabilität und bestehenden Ansätzen für diese vorgestellt. Dabei werden auch eine erste Einschätzung der einzelnen Ansätze hinsichtlich ihrer Erfolgsaussichten sowie die sich daraus ergebenden Implikationen für Theorie und Praxis diskutiert. Die fünf als entscheidend für Interoperabilität in Smart Cities identifizierten Faktoren sind „Level der Dateninteroperabilität“, „Schnittstellenarchitektur“, „Grad der Datenoffenheit“, „Rolle der Stadt“ und „Datenschutzniveau geteilter Daten“. Die Anwendung des Klassifikationsschemas wird anhand zweier Fallstudien demonstriert. Die Ergebnisse der Kurzstudie sollen Entscheidungsträgern und Umsetzern in der Praxis helfen, relevante Fragestellungen zu konkretisieren, die vielversprechendsten Ansätze zu wählen und schließlich erfolgreiche und funktionsfähige Datenplattformen zu realisieren.

2. WISSENSCHAFTLICHER UND PRAKTISCHER HINTERGRUND

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die verschiedenen Elemente von Smart City gegeben sowie der Forschungsansatz erläutert, welcher im Rahmen dieser Studie verfolgt wurde. Dabei wurden zur Demonstration und Evaluation auch zwei Fallstudien genutzt, welche ebenfalls in diesem Kapitel kurz beschrieben werden.

2.1. Relevante Konzepte

Um Interoperabilität im Smart City-Kontext zu erörtern, müssen unterschiedliche Begriffe und Konzepte verstanden werden. Besonders relevant ist dabei die Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen, welche den zentralen Teil einer Smart City-Infrastruktur darstellen und damit maßgeblich für die Interoperabilität sind.

Ein Überblick der wichtigsten Begriffe ist in Abbildung 1 gegeben. Die dort genannten Begriffe zeigen die Hauptkomponenten einer Smart City¹:

- Verschiedene Datenquellen wie unterschiedliche Arten von Sensoren, vorhandene Datenspeicher z.B. von städtischen Behörden, mobile Geräte
- Eine oder mehrere Datenplattformen als zentraler Datenspeicher von Smart City-Lösungen
- Optional eine Middleware zur Verbindung mehrerer Datenplattformen
- Anwendungen als Schnittstelle zum Endbenutzer und sichtbarer Mehrwert, z.B. in Form einer App oder eines Portals für Bürger oder einer Lösung für eine Stadtverwaltung
- Interoperabilität als Fähigkeit, Daten aus verschiedenen Quellen in Datenplattformen zu kombinieren und zwischen diesen auszutauschen, sodass diese für verschiedene Anwendungen genutzt werden können

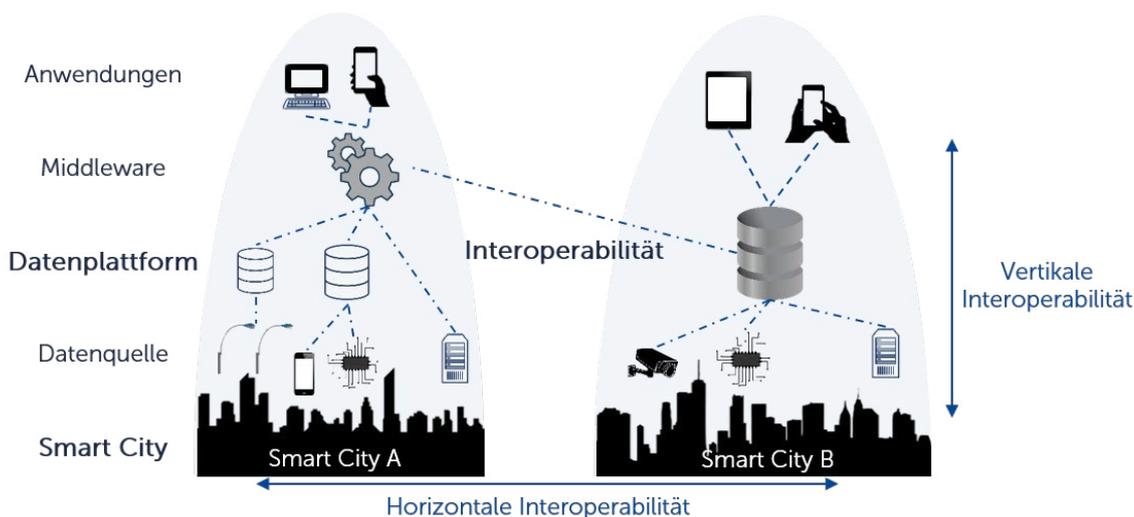


Abbildung 1: Schlüsselkonzepte für Interoperabilität in Smart Cities (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021a))

¹ Für Leser, welche sich neu mit der Thematik Smart City auseinandersetzen sowie um Missverständnisse durch möglicherweise uneinheitliche Definitionen zu vermeiden, sind die Hauptkonzepte im Anhang genauer beschrieben.

2.2. Forschungsansatz

Im Rahmen dieser Studie wurde ein multi-methodischer Ansatz gewählt, um die wichtigsten Faktoren, die bei der Erörterung der Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen berücksichtigt werden müssen, sowie bestehende Ansätze für diese Faktoren zu konzeptualisieren. Das nachfolgend beschriebene Klassifikationsschema ist das Ergebnis einer strukturierten Analyse vorhandener wissenschaftlicher Publikationen und mehrerer Interviews mit Experten aus der Praxis. Im Rahmen der Literaturrecherche wurden die fünf für diesen Themenbereich relevanten wissenschaftlichen Literatur-Datenbanken Scopus, Association for Computing Machinery (ACM), Electrical and Electronics Engineers (IEEE), ScienceDirect und Web of Science, nach Publikationen zu „Smart City“, „Data Platforms“ und „Interoperability“ durchsucht. Die resultierenden über 1600 Publikationen wurden in mehreren Schritten systematisch analysiert, wobei schlussendlich 28 Paper mit spezifischen Informationen zu relevanten Faktoren und Ansätzen gefunden wurden.

Darüber hinaus wurden Experten aus vier deutschen Städten mit unterschiedlichen Positionen befragt. Das aus den gesammelten Erkenntnissen durch ein methodisches Vorgehen konzipierte Klassifikationsschema wurde anschließend anhand zweier Fallstudien evaluiert, unter anderem mit zwei Experten aus einer deutschen Großstadt, führend im Smart City-Bereich. Publikationen zu den Erkenntnissen aus diesem Projekt wurden sowohl bei der Hawaii International Conference on System Sciences

(Buchinger et al. 2021b), als auch für ein Fachbuch zum Thema Smart City (Buchinger et al. 2021a) eingereicht und angenommen. Dadurch können die Ergebnisse der Studie auch der internationalen Gemeinschaft zugänglich gemacht werden. Detailliertere Angaben zum methodischen Vorgehen in dieser Studie werden im Anhang in Abschnitt II gegeben.

2.3. Smart City-Fallstudien

Die zwei Fallstudien² zur Demonstration und Evaluierung des Klassifikationsschemas sind so gewählt, dass größtmögliche Unterschiede zwischen beiden existieren, sodass der universelle Nutzen des Schemas in unterschiedlichsten Szenarien aufgezeigt werden kann. Die erste Fallstudie basiert auf einem wissenschaftlichen Bericht, der ein Projekt zur Implementierung einer zentralen Smart City Daten- und Analyseplattform in der Stadt Santander, einer führenden europäischen Smart City, beschreibt. In der zweiten Fallstudie wurde die allgemeine Smart City-Strategie von München anhand des vorgestellten Klassifikationsschemas analysiert. Zu diesem Zweck wurden Informationen aus einer Internetrecherche analysiert sowie ein Workshop mit zwei Experten aus der Stadt durchgeführt. Der Nutzen des Schemas wird somit sowohl anhand einer Veröffentlichung mit wissenschaftlichem Fokus über ein konkretes Projekt als auch anhand praxisnaher Informationen aus einer Diskussion mit Experten über die Smart City-Strategie der Stadt München demonstriert. Genauere Informationen zu beiden Fallstudien sind im Anhang zu finden.

² Eine detaillierte Übersicht der verschiedenen Smart City-Bemühungen deutscher Städte ist im Smart-City-Atlas vom bitkom (2019) zu finden.

3. ERGEBNISSE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kurzstudie vorgestellt. Zuerst werden die im Klassifikationsschema (siehe Abbildung 2) enthaltenen, relevanten Faktoren für Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen, sowie die dabei jeweils vielversprechendsten Ansätze erläutert. Danach wird die Anwendung des Schemas anhand zwei verschiedener Praxisbeispiele demonstriert.

3.1. Faktoren für Interoperable Smart City-Datenplattformen

Wie in der Einleitung beschrieben, ist Interoperabilität eine Hauptvoraussetzung, um Anwendungen für intelligente Städte weiterzuentwickeln und deren Nutzen für Bürger, Unternehmen und öffentliche Verwaltungen zu vergrößern.

Die Berücksichtigung und Umsetzung von Interoperabilität bei der Konzeption und Entwicklung von Smart City-Datenplattformen stellt viele Städte jedoch vor große Herausforderungen. Um Entscheidungsträgern zu helfen, diese zu bewältigen und Antworten auf relevante Fragen zu finden, werden im Folgenden fünf wichtige Faktoren für die Realisierung von Interoperabilität vorgestellt (siehe Abbildung 2). Die zwei ersten Faktoren können dabei als harte, technische Faktoren bezeichnet werden, wohingegen die drei letzteren eher weiche Faktoren sind, welche sich besonders auf den Organisatorischen Rahmen beziehen. Für jeden Faktor werden verschiedene Implementierungsansätze beschrieben und deren jeweilige Vor- und Nachteile diskutiert. Eine ausführliche Beschreibung und Diskussion aller Ansätze ist in dem Buchkapitel Buchinger et al. (2021a) zu finden.

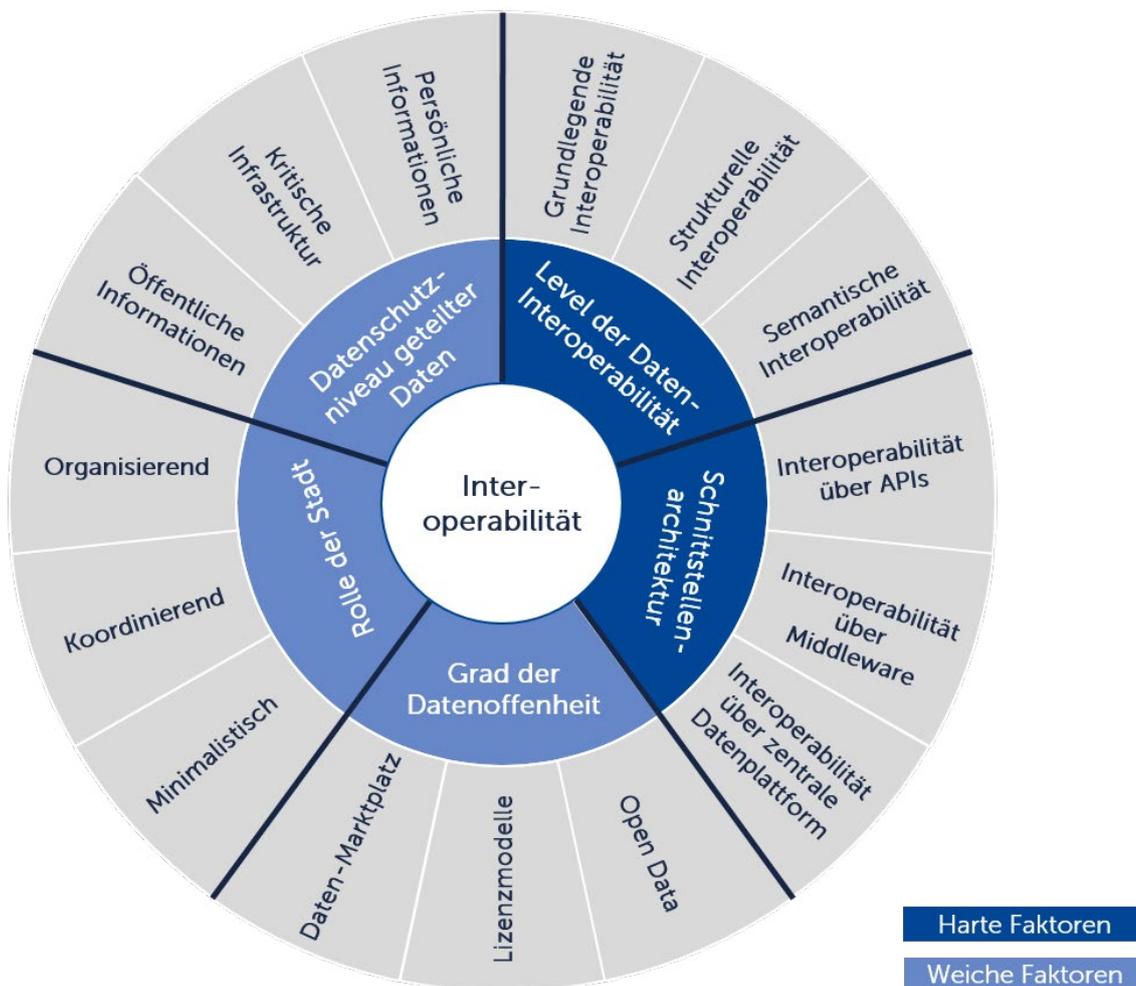


Abbildung 2: Klassifikationsschema zur Interoperabilität in Smart Cities: Fünf Faktoren und zugehörige Implementierungsansätze (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021a))

Faktor 1: Level der Dateninteroperabilität

Interoperabilität ist im Smart City-Kontext besonders deshalb wichtig, weil das Konzept auf Daten basiert und in mehreren Fällen die Kombination verschiedener Daten aus unterschiedlichen Quellen erfordert. Um dies zu ermöglichen, muss eine umfassende und konsistente Datenbasis geschaffen werden, welche die Entwicklung fortgeschrittener Smart City-Anwendungen ermöglicht. Das Level, auf welchem die Plattformen und Sensoren interoperabel sind, ist dabei entscheidend für die Qualität der Daten im Hinblick auf die Fähigkeit, sie in verschiedenen Anwendungen zu kombinieren und gemeinsam zu verarbeiten. Generell kann hier zwischen grundlegender, struktureller und semantischer Interoperabilität unterschieden werden. Sowohl publizierte Forschungsergebnisse als auch Erfahrungen aus der Praxis zeigen jedoch, dass bezüglich des Levels der Dateninteroperabilität bereits eine klare Empfehlung für eine semantische Interoperabilität gegeben werden kann.

Grundlegende Interoperabilität: Eine grundlegende Interoperabilität bedeutet, dass Systeme grundsätzlich Daten austauschen können. Da dabei jedoch keine einheitlichen Spezifikationen, z.B. zu Kommunikationsprotokollen getroffen werden, kann in den meisten Fällen die richtige Interpretation der ausgetauschten Daten durch die einzelnen Systeme nicht gewährleistet werden.

Strukturelle Interoperabilität: Bei struktureller Interoperabilität werden die Struktur, das Format und die Syntax der Daten durch die Verwendung gemeinsamer Sprachen oder Protokolle definiert, so dass die Bedeutung der ausgetauschten Daten interpretiert werden kann. Allerdings kann die Bedeutung der Daten, wenn sie aus unterschiedlichen Kontexten stammen, durch das Fehlen von Metainformationen unklar bleiben.

Semantische Interoperabilität: Durch eine semantische Interoperabilität können Daten, die mit unterschiedlichen Kommunikationsprotokollen erfasst wurden, ausgetauscht und von der Gegenseite interpretiert werden. Dazu werden neben den Daten an sich auch die Struktur, das Format und die Syntax der Daten durch die Verwendung gemeinsamer Sprachen, Protokolle und Datenmodelle definiert sowie Metadaten angefügt, welche es ermöglichen, auch den

Entstehungskontext der Daten zu berücksichtigen. Systeme können somit die genaue Bedeutung der ausgetauschten Informationen verstehen.

Semantische Interoperabilität ist im Smart City-Kontext besonders deshalb notwendig, da in diesen großen Mengen an unterschiedlichen Informationen mit unterschiedlichen Formaten, Bedeutungen und Beziehungen zu verschiedenen Bereichen kombiniert werden müssen, um Anwendungen mit realem Mehrwert für ihre Nutzer zu schaffen. Eine grundlegende und eine strukturelle Interoperabilität kann nicht die richtige Interpretation all dieser Daten gewährleisten, da in beiden Fällen Metainformationen fehlen.

Faktor 2: Schnittstellenarchitektur zwischen den einzelnen Datenplattformen

Dieser Faktor ist ebenfalls von grundlegender Bedeutung, da er die generelle Struktur der Smart City-Infrastruktur entscheidend beeinflusst. Besonders geht es bei der Schnittstellenarchitektur darum zu entscheiden, wo relevante Smart City-Daten gespeichert werden und wie verschiedene Anwendungen möglichst einfach auf den gesamten Datenbestand zugreifen können, so dass eine Kombination verschiedener relevanter Daten effizient ermöglicht wird. Bezüglich der Architektur werden in Theorie und Praxis besonders drei Ansätze diskutiert.

Standardisierte APIs: Der wohl naheliegendste Ansatz besteht darin, standardisierte APIs zu nutzen, um verschiedene Datenbanken, Sensoren und Systeme interoperabel zu machen. In diesem Fall müssten alle Datenquellen, Speicher und Anwendungen, die zur Infrastruktur der Smart City gehören, die gleichen API-Standards unterstützen. Dieser Ansatz (vgl. z.B. (Ferguson et al. 2016)) würde nicht nur Interoperabilität zwischen Plattformen usw. ermöglichen, sondern auch die Flexibilität hinsichtlich der Architekturen und der verwendeten Komponenten für die Entscheidungsträger in den Städten erhöhen. Eine Modifikation dieses Ansatzes ist ein Konzept namens „pivotal points of interoperability“, welches gemeinsame Architekturprinzipien für Smart City-Systeme vorsieht, so dass nur an bestimmten gemeinsamen Punkten standardisierte Schnittstellen verwendet werden müssen, um die Systeme interoperabel zu machen (Bhatt et al. 2017). In beiden Fällen müssen die Sensoren, Plattformen und Anwen-

dungen jedoch die gleichen API-Standards verwenden (zumindest an den definierten Punkten), um Daten untereinander auszutauschen.

Middleware-Lösung: Anders als bei standardisierten APIs müssen in diesem Fall Plattformen nicht die gleichen Standards unterstützen. Stattdessen wird eine Middleware verwendet, welche die Datenrepräsentation der ursprünglichen Plattform auf die Bedürfnisse eines Empfängers konvertiert (vgl. z.B. (Chaturvedi und Kolbe 2019; Zarko et al. 2019)). Die Middleware dient dabei auch als Such- und Vermittlungslayer zwischen Datenbanken und Anwendungen, so dass Anwendungen zentral auf Daten aus verschiedenen Datenquellen zugreifen können. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, muss die Middleware jedoch alle verwendeten Standards der verschiedenen Quellen unterstützen.

Zentrale Datenplattform: Bei diesem Ansatz wird ein zentraler Speicher für alle Smart City-Daten betrieben, in welchem auch die relevanten Daten aus bestehenden Datenplattformen dupliziert werden (Hwang et al. 2019). Zwar muss auch dieser den Zugriff zu allen Quellen unterstützen, wozu wiederum eine Art Middleware genutzt werden kann, im Vergleich zu einer Middleware-Lösung, bei der Anwendungen über die Middleware auf verschiedene Datenquellen zugreifen, sind im Falle der zentralen Datenplattform jedoch alle relevanten Daten auf einer zentralen Plattform gespeichert und abrufbar.

Obwohl die Interoperabilität über APIs ein vernünftiger und effizienter Ansatz ist, gibt es mehrere Argumente, warum eine zentrale Datenplattform oder eine Middleware-Lösung derzeit vielversprechender sind. Zum einen hängt die Wahl einer erfolgreichen Architektur stark von der bereits vorhandenen Infrastruktur und der Organisationsstruktur einer Stadt ab. In den meisten Fällen handelt es sich bei der Infrastruktur um eine gewachsene Landschaft aus verschiedenen Datenquellen und Datenbanken, die von verschiedenen Abteilungen und mit unterschiedlichen primären Anforderungen verwaltet werden. Aus diesem Grund ist nicht zu erwarten, dass alle Komponenten, die für eine funktionale Smart City wichtig sind, die gleichen Standards wie neu entwickelte oder implementierte Lösungen unterstützen. Zum anderen verwenden die verschiedenen Anbieter von Smart City- und IoT-Plattformen sowie von relevanten Sensoren und anderen

Komponenten derzeit unterschiedliche Standards (Ahlgren et al. 2016). Dies kann zu einem Vendor Lock-in führen und die Interoperabilität zwischen Komponenten verschiedener Anbieter erschweren. Da in naher Zukunft keine Vereinheitlichung der verschiedenen Pseudostandards absehbar ist (Sotres et al. 2019), ist Interoperabilität von Smart City-Lösungen derzeit nicht allein durch die Verwendung standardisierter APIs umsetzbar.

Dieser Sachlage entsprechend werden sowohl in der Literatur als auch in der Praxis die Konzepte Middleware und zentrale Datenplattform intensiv diskutiert. Das Hauptargument für eine Middleware ist dabei, dass in einer verteilten Umgebung, in der mehrere Parteien und Sensorbesitzer mit proprietären Sensoren beteiligt sind, nicht alle bereit wären, ihre proprietären Daten in einen Datenspeicher eines Drittanbieters zu speichern (Chaturvedi und Kolbe 2019). Darüber hinaus kann mit diesem Ansatz eine enorme Menge an redundanter Datenspeicherung vermieden werden. Des Weiteren haben in großen IoT-Systemen wie in einer Smart City bereits verschiedene Organisationen unterschiedliche Plattformen eingesetzt, wobei es oft unrealistisch ist, diese durch eine einzige zu ersetzen (Ahn et al. 2016). Die Vermittlung an die ursprünglichen Datenspeicher über die Middleware würde jedoch bei zunehmender Anzahl von Anwendungen zu einer Zunahme der Anfragen an die einzelnen Datenspeicher führen. Diese sind jedoch möglicherweise nicht für den dadurch entstehenden hohen Datenverkehr ausgelegt. Darüber hinaus ist es möglich, dass die Betreiber der Datenspeicher den durch die erhöhten Datenabfragen entstehenden Aufwand nicht aufbringen können. Demgegenüber bietet also eine zentralisierte Smart City-Plattform einen Vorteil.

Faktor 3: Grad der Datenoffenheit

Bezüglich des Grads der Datenoffenheit bei interoperablen Smart City-Lösungen stellen sich besonders die Fragen, wer Daten auf eine Plattform stellen kann, wer auf sie zugreifen kann und wie der Zugriff geregelt ist. Diese Fragen sind besonders aus zwei Gründen relevant. Zum einen ist die Verwaltung einer Stadt selbst in verschiedene Abteilungen unterteilt, die zumeist über eigene Daten und Datenhoheit verfügen. Für nutzenstiftende Smart City-Lösungen sollten jedoch Daten aus den verschiedenen Abteilungen intern ausgetauscht

werden (soweit dies mit dem Gesetz vereinbar ist), um eine umfassende Datenbasis zu erhalten. Zum anderen besteht sowohl in der Literatur als auch in der Praxis Konsens darüber, dass externe Parteien für die Entwicklung einer Smart City wichtig sind, sowohl bei der Nutzung von Smart City-Anwendungen als auch bei deren Entwicklung. Aus diesem Grund soll auch externen Parteien (bis zu einem gewissen Grad) der Zugang zu den Smart City-Daten ermöglicht werden. Wie und in welchem Umfang die Daten von Dritten genutzt werden können, kann auf drei grundlegende Arten gehandhabt werden.

Open Data: Bei diesem Ansatz werden relevante Daten in einem rechtlich akzeptablen Umfang der Öffentlichkeit frei zugänglich gemacht. Dadurch können Firmen und Privatpersonen die Daten zum Aufbau von (kommerziellen) Anwendungen nutzen, ohne für die Nutzung der Daten oder der Plattform bezahlen zu müssen und ohne Einschränkungen und Kontrollen durch die Stadt.

Lizenzmodelle: Um regulatorische Anforderungen an die Datenweitergabe und Nutzung besser adressieren zu können, verwenden andere Städte Lizenzmodelle, um den Zugriff auf die Daten zu regeln. Dabei kann das Akzeptieren bestimmter Regelungen zur Voraussetzung für externe Parteien für die Nutzung der Daten gemacht werden. Darüber hinaus können durch Lizenzmodelle optional auch Gebühren für die Nutzung der von der Stadt zur Verfügung gestellten Daten erhoben werden. Konkrete Konzepte für Lizenzmodelle für Smart City-Daten sind jedoch zumeist noch in der Entwicklung. Es kann aber zum Beispiel auf bereits existierende allgemeine Lizenzmodelle aufgebaut werden.

Daten-Marktplatz: Ein Marktplatzansatz für Smart City-Daten könnte dazu beitragen, die Menge verfügbarer Daten insgesamt zu erhöhen, da er auch anderen Organisationen neben der Stadt ermöglicht, Daten für Smart City-Anwendungen anzubieten und auszutauschen. Dadurch könnte ein solcher Marktplatz zum einen ein neues Geschäftsmodell für Unternehmen bieten, die relevante und nachgefragte Daten gegen Bezahlung mit der Stadt und anderen Organisationen teilen wollen. Zum anderen würde eine Marktplatzplattform die technologische Lücke schließen, mit der vor allem kleinere Unternehmen konfrontiert sind, indem sie diesen wissensbasierte Geschäfts-

modelle ermöglichen würde, bei denen öffentliche Daten mit Unternehmensdaten auf vertrauenswürdige Weise vermischt werden (Välja und Ladhe 2015).

Experten aus verschiedenen Städten halten, insbesondere zu Beginn der Smart City-Entwicklung, den Open Data-Ansatz als zielführend, da die Stadt externe Parteien incentivieren möchte, auf der Grundlage der vorhandenen, meist noch nicht vollständig konsistenten Daten Smart City-Anwendungen zu entwickeln. Deshalb sollte der Zugang zu den Daten für externe Parteien frei und einfach sein. Jedoch gibt es noch ungelöste regulatorische Fragestellungen zur Umsetzbarkeit dieses Ansatzes. In Lizenzmodellen wird besonders deshalb ein Vorteil gesehen, da sie es ermöglichen, die Datennutzung durch Dritte gezielt und gesetzeskonform zu regulieren. Jedoch wird die Entwicklung entsprechender Lizenzmodelle, besonders für mittlere Städte als sehr aufwendig beschrieben, weshalb hier vereinheitlichte Modelle einen Mehrwert bieten könnten. Neben den Vorteilen eines Datenmarktplatzes, besonders die Steigerung der Datenmenge und die Intensivierung dritter Parteien an dem Smart City-Konzept zu partizipieren, wird dieser Ansatz aber vor allem aus rechtlichen Gründen auch kritisch betrachtet. Besonders steht dabei die Befürchtung im Mittelpunkt, dass Dritte auch rechtlich zweifelhafte Daten auf einer solchen Plattform teilen könnten und die Stadt als Plattformbetreiber dabei eine Mitverantwortung hätte. Eine stetige Kontrolle aller Daten würde jedoch zu einem erheblichen Mehraufwand für die Stadt führen.

Faktor 4: Rolle der Stadt bei der Bereitstellung der Smart City-Infrastruktur

Die Rolle der Stadt bei der Bereitstellung der Smart City-Infrastruktur hängt insbesondere mit dem Grad der Datenoffenheit zusammen. Je nach gewählten Ansatz zur Datenoffenheit muss die Stadt die Verantwortung für die Infrastruktur übernehmen oder ihre Entscheidungskompetenz mit externen Parteien, z.B. Unternehmen teilen, welche ebenfalls Daten über diese Infrastruktur austauschen. Abhängig davon, wie viel Verantwortung und Verwaltungsaufwand eine Stadt in Bezug auf die Dateninfrastruktur übernimmt, werden derzeit besonders die zwei Ansätze koordinierend und organisierend als vielversprechend erachtet.

Minimalistischer Ansatz: Bei einem minimalistischen Ansatz ermöglicht es die Stadt anderen, auf ihre Daten zuzugreifen und sie zu verwenden, ohne dass sie viel in das Ökosystem eingreift oder es kontrolliert. Aus Gründen des Datenschutzes und der Sicherheit, sowie auf Grund der Notwendigkeit, Anreize für externe Organisationen zu schaffen, die Smart City-Daten für die Entwicklung von Anwendungen für die Bürger zu nutzen, scheint dieser Ansatz jedoch wenig geeignet.

Koordinierender Ansatz: Hierbei fungiert die Stadt als zentrale Instanz, die die Kontrolle über die Dateninfrastruktur behält. Dabei kann um die offen, oder mit einem Lizenzmodell zur Verfügung gestellten Daten eine Community geschaffen werden, vergleichbar mit einem Ökosystem wie Amazon oder dem Apple Appstore. Die gesamte Entscheidungsgewalt, Verantwortung sowie der Betrieb der Infrastruktur verbleibt jedoch in städtischen Organen.

Organisierender Ansatz: Bei diesem Ansatz, welcher insbesondere für den Betrieb eines Datenmarktplatzes relevant wäre, sorgt die Stadt dafür, dass sich das Ökosystem selbst organisiert. Während die Stadt eine zentrale Partei im Ökosystem bleibt, delegiert sie dabei auch Verantwortlichkeiten an externe Parteien und auch die Entscheidungsgewalt ist stärker zwischen den Akteuren im Ökosystem verteilt. Dies wiederum bedingt, dass sowohl der Aufwand als auch die Kosten für den Betrieb der Infrastruktur ebenfalls zwischen der Stadt und den externen Parteien aufgeteilt werden, sodass sich die Stadt vor allem auf Kontrollaufgaben konzentrieren kann, zum Beispiel hinsichtlich der Einhaltung von Vorschriften. Gleichzeitig verliert sie bei diesem Ansatz aber auch an Entscheidungsgewalt und Einfluss bei der Gestaltung und Entwicklung der Smart City.

Die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze hängen besonders vom Grad der Datenoffenheit ab. Ein Lizenzmodell verlangt von der Stadt ein höheres Dienstleistungsangebot, während ein Marktplatz-Ansatz auch von den Unternehmen mehr Verantwortung für den Betrieb der Plattform erfordert. Gleichzeitig müsste die Stadt jedoch auch einen Teil der Entscheidungsgewalt abgeben. Grundsätzlich scheint sicher, dass die Stadt, besonders während sich die Smart City-Infrastruktur noch im Aufbau befindet, Anreize für externe Organisationen schaffen muss, so dass auch solche Anwendungen z.B. für Bürger

entwickeln. Nur so lässt sich der Mehrwert der Smart City kontinuierlich vergrößern, indem nicht nur die Stadt die Bedürfnisse der Bürger und Unternehmen erkennen und mit Anwendungen adressieren kann, sondern auch dritte Parteien. Des Weiteren muss die Stadt stets in der Lage sein, die Smart City-Daten aktiv zu verwalten und zu kontrollieren. Ein weiterer Faktor, der die Entscheidung bezüglich der Rolle der Stadt beeinflusst, ist das existierende Ökosystem der Stadt. Die Interviews haben gezeigt, dass der koordinative Ansatz derzeit häufiger angewandt wird, zumal die meisten Smart City-Projekte von Städten vorangetrieben werden. Langfristig sehen jedoch verschiedene Experten das Ziel darin, zu einem administrativen Ansatz überzugehen, bei dem sich das Ökosystem in größerem Umfang selbst verwaltet. Dafür sollte es jedoch externen Parteien genügend Vorteile bieten, sich zu beteiligen und Daten zur Verfügung zu stellen, ohne dass die Stadt zusätzliche Anreize gibt.

Faktor 5: Datenschutzniveau der geteilten Daten

Bei der Interoperabilität geht es auch darum, zu definieren, welche Daten geteilt werden. Deshalb müssen die Entscheidungsträger in den Städten definieren, welche Daten in interoperablen Lösungen gemeinsam genutzt werden können. Unterschieden werden kann dabei vor allem zwischen verschiedenen Privatsphäre- und Vertraulichkeitsniveaus, generell also zwischen öffentlichen Informationen, Informationen zu kritischer Infrastruktur und persönlichen Informationen. Letztere werden im Allgemeinen jedoch nicht als Teil der austauschbaren Smart City-Daten gesehen, sodass der Augenmerk bei interoperablen Lösungen auf den beiden anderen Typen liegt.

Öffentliche Informationen: Einerseits sind viele für eine Smart City relevante Daten öffentliche Informationen. Diese Informationen sind oft bereits vorhanden und können in einigen Fällen auch bereits von der Öffentlichkeit abgefragt werden. Sie sind dabei aber zumeist in nicht miteinander verbundenen Systemen und Datenbanken gespeichert, so dass eine Kombination der Informationen ohne Interoperabilität nicht möglich ist.

Kritische Infrastrukturen: Andererseits besitzt die Stadt aber auch Daten über kritische Infrastrukturen. Diese sind zwar im Allgemeinen

nicht geheim, können aber nur in begründeten Fällen und in angemessenen Umfang bei der Stadt abgefragt werden. Beispiele solcher Informationen sind eine Gesamtkarte der Fernwärmeversorgung oder des Kanalisationssystems einer Stadt.

Persönliche Informationen: Verschiedene Ämter und Einrichtungen der Stadt speichern sowohl persönliche Daten von Bürgern als auch von Unternehmen zu verschiedenen Zwecken. Der Austausch dieser Daten ist jedoch in den meisten Fällen rechtlich unzulässig, sodass derzeit alle befragten Experten dem Austausch dieser Daten kritisch gegenüberstehen.

Bei öffentlichen Informationen gibt es keine Sicherheitsbedenken, welche gegen das Weitergeben und Teilen solcher Daten spricht. Jedoch wären für Smart City-Anwendungen oft auch sensiblere Daten von Mehrwert. Dennoch sollten kritische Infrastrukturdaten öffentlich nicht strukturiert abfragbar und analysierbar gemacht werden. Solche Informationen können zwar in manchen Fällen schon jetzt für relevante Bereiche bei der Stadt abgefragt werden, wenn sie z.B. von einer Firma benötigt werden um Bauarbeiten durchzuführen, sie sollten aber nicht

über eine interoperable Smart City-Lösung vollständig für die Öffentlichkeit zugänglich werden, da dies z.B. Straftaten erleichtern und damit die Öffentlichkeit gefährden könnte. Deshalb hängt es von den einzelnen kritischen Infrastrukturdaten ab, ob und wie sie in interoperablen Systemen geteilt werden sollen. Dies sollte auch bei der Wahl der Architektur berücksichtigt werden, da z.B. eine Übertragung kritischer Infrastrukturdaten aus einer stadtteilungs-internen Datenbank auf eine zentrale Smart City-Datenplattform nicht gewünscht und umsetzbar erscheint.

3.2. Analyse von Beispielen aus der Praxis

Im Folgenden wird das vorgestellte Klassifikationsschema exemplarisch auf die im Anhang genauer beschriebenen Fallstudien aus Santander und München angewendet. Dadurch soll verdeutlicht werden, wie das Klassifikationsschema dabei helfen kann, die gewählten Ansätze für die verschiedenen Faktoren zu erkennen, diese bezüglich ihrer Erfolgsaussichten zu bewerten und nachzuvollziehen, ob alle wichtigen Faktoren im Projekt oder in der gesamten Smart City-Strategie berücksichtigt wurden.

3.2.1. Santander

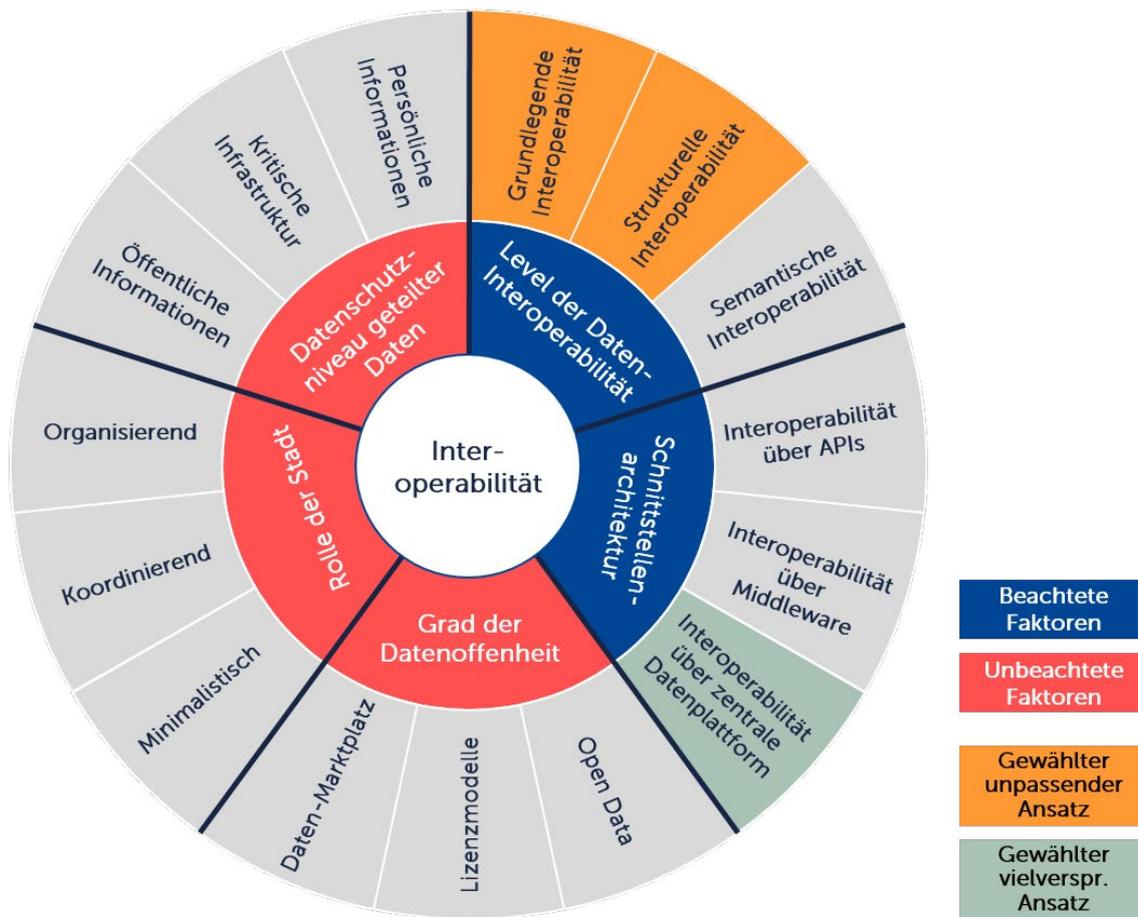


Abbildung 3: Klassifikationschema zur Interoperabilität in Smart Cities angewandt auf das Beispielprojekt aus Santander (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021a))

In einem von Cheng et al. (2015) beschriebenen Projekt wurde eine Systemarchitektur für eine Live-Stadtdaten- und Analyseplattform für die Smart City Santander entwickelt. Eine detailliertere Beschreibung des Projekts kann im Anhang gefunden werden. In die Lösung wurden sowohl Livesensordaten als auch historische Daten einbezogen. Diese Daten wurden unstrukturiert oder semi-strukturiert gespeichert. Die entwickelte Plattform kann in dem Klassifikationschema, wie in Abbildung 3 dargestellt, deshalb zwischen grundlegender und struktureller Interoperabilität klassifiziert werden. Da mehr verschiedene Datenquellen und -typen in einer Datenplattform zusammengeführt werden und externe Anwendungen auf die Daten zugreifen können, handelt es sich dabei grundsätzlich um eine interoperable Lösung, zumindest innerhalb der Abgrenzungen des Projekts. Wie auch die Autoren erwähnen, ist diese Lösung jedoch nur realisierbar, da die meisten Daten aus demselben IoT-Testbed stammen und nur einige wenige Anwendungen in Betracht gezogen werden. Nichtsdestotrotz führt das Fehlen einer

semantischen Interoperabilität bereits zu Problemen, z.B. wenn eine bestimmte Art von Daten in einer Anwendung benötigt wird, diese Daten jedoch aus unterschiedlichen Quellen mit unterschiedlichen Formaten stammen, so dass bei der Interpretation der Daten ohne Semantik ein Problem auftritt. Auch aus diesen Grund betonen die Autoren, dass langfristig eine semantische Interoperabilität erforderlich ist, um die Plattform zu verbessern. Die gewählte Architektur in diesem Projekt ermöglicht Interoperabilität über eine zentrale Datenplattform. Mögliche Nachteile eines solchen Ansatzes werden in der Publikation nicht diskutiert. Darüber hinaus wird von den Autoren weder der Grad der Datenoffenheit, noch die Rolle der Stadt oder das Datenschutzniveau der geteilten Daten berücksichtigt.

Insgesamt zeigt das Beispiel, welche Nachteile ein einfacher Projektansatz zur Entwicklung einer Smart City-Infrastruktur haben kann. Aufgrund des begrenzten Rahmens eines solchen Projekts, in dem meist nur eine geringe Menge

an Datenquellen und einfache Anwendungen berücksichtigt werden, ist eine genauere Analyse der Interoperabilität über Projektgrenzen hinweg nicht notwendig. Da es sich zudem meist um Proof-of-Concept-Projekte handelt, welche vor allem auf die Erreichung bestimmter Projektziele, nicht aber auf eine allumfassende praktische Anwendung abzielen, werden wichtige Faktoren oft vernachlässigt.

Natürlich ist dabei zu beachten, dass sich diese Analyse nur auf eine Quelle bezieht, sodass besonders das Fehlen von Informationen zu drei Faktoren nicht automatisch bedeutet, diese seien auch in der Praxis nicht bedacht worden. Um dies zu klären, müsste die Analyse durch Interviews mit in das Projekt involvierten Experten erweitert werden. Das jedoch jegliche Erwähnung dieser Faktoren in der wissenschaftlichen Beschreibung des Projekts fehlt, zeigt, dass diese Themen, gerade auch in der (praxisnahen) Forschung einer größeren Aufmerksamkeit bedürfen.

3.2.2. München

Die Stadt München ist an mehreren Smart City-Projekten beteiligt. Diese Projekte haben unterschiedliche Schwerpunkte und stellen einzelne Bausteine für eine Gesamtstrategie bezüglich Smart City dar. Um das vorgestellte Klassifikationsschema auf die projektübergreifenden Ansätze anzuwenden, welche in München in Bezug auf Interoperabilität in den Smart City-Projekten verfolgt werden, wurde das Schema mit zwei Experten der Stadt München diskutiert (siehe Abbildung 4). Durch diese Form der Anwendung konnte nicht nur ein einzelnes Projekt mit dem Klassifikationsschema charakterisiert werden, sondern die Gesamtstrategie einer der führenden Smart Cities in Deutschland.

Hinsichtlich des Levels der Dateninteroperabilität wird in der Stadt eine semantische Interoperabilität angestrebt, da in Smart City-Anwendungen alle Daten verstanden werden müssen, um z.B. Daten aus unterschiedlichen Quellen für die Nutzung zu normalisieren.

Als Schnittstellenarchitektur wird ein zweiteiliger Ansatz gewählt. Für neue Smart City-

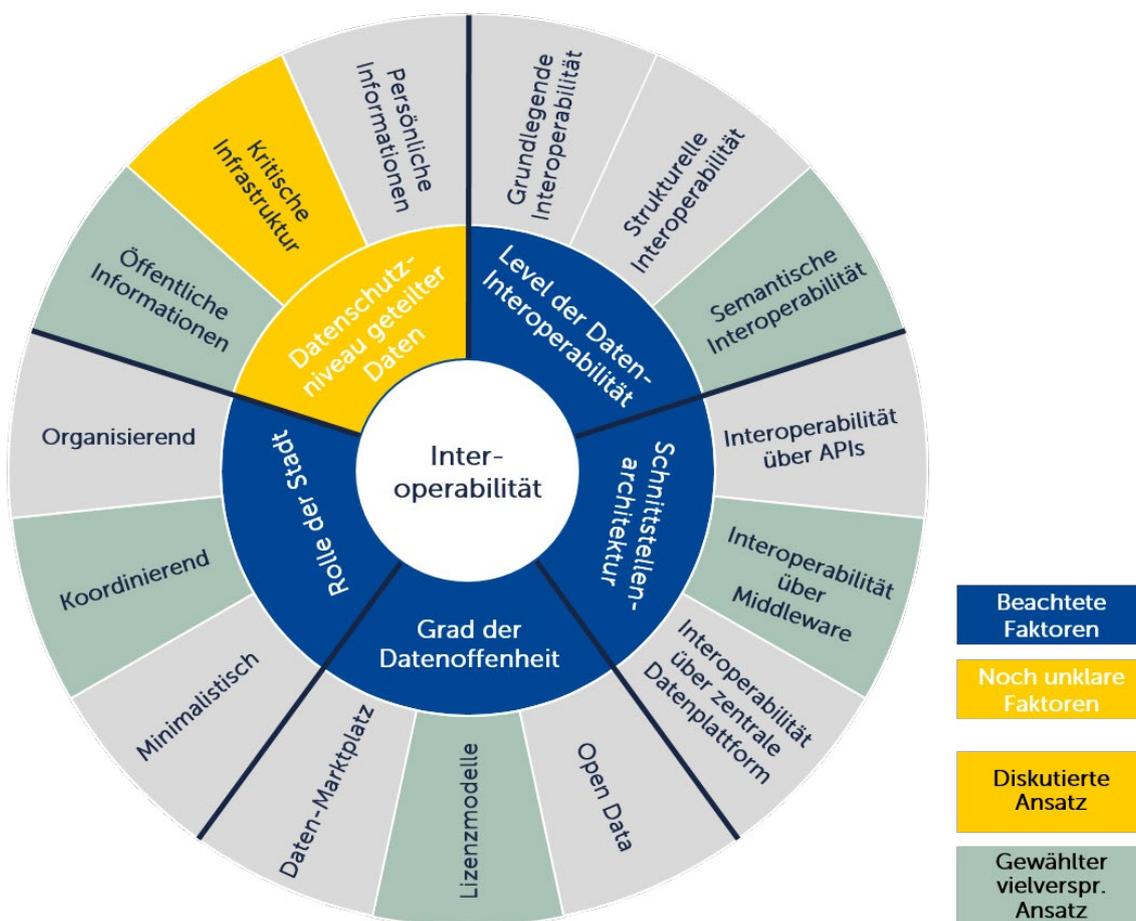


Abbildung 4: Klassifikationsschema zur Interoperabilität in Smart Cities angewandt auf die Stadt München (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021a))

Projekte wie Smarter Together werden zentrale Datenplattformen implementiert, um die Daten von neu installierten Sensoren usw. in einer Plattform zu sammeln. Im Allgemeinen strebt die Stadt jedoch die Verbindung verschiedener bestehender Daten aus verschiedenen Abteilungen mit neu gesammelten Daten an und fokussiert dabei die Interoperabilität über eine Middleware. Verschiedene Parteien, so auch städtische Abteilungen, sind nicht bereit, all ihre Daten auf eine zentrale Plattform, welche von Dritten kontrolliert wird, zu übertragen, besonders um Informations- und Machtungleichgewichte sowie Single Points of Failure zu vermeiden. Die Experten betrachten deshalb ein föderales, teilweise zentralisiertes System mit einem Datenkatalog, welcher alle Datenspeicherorte enthält, als ersehenswert. In Bezug auf das Skalierbarkeitsproblem, das als Hauptargument gegen eine Middleware-Lösung steht, sehen sie eine zentrale Speicherung besonders häufig abgefragter Daten als Möglichkeit, eine Überlastung der internen Systeme zu vermeiden.

In Puncto Datenoffenheit verfolgt die Stadt ein Lizenzmodell. Dabei geht es der Stadt in erster Linie nicht darum, Gebühren für die Datennutzung zu erheben, sondern um die Möglichkeit, die Nutzung der Daten an bestimmte Bedingungen zu knüpfen. Mit der Zustimmung zum Lizenzvertrag stimmen die externen Nutzer automatisch einem einheitlichen Lizenzmodell zu, das die Regeln und Einschränkungen definiert, unter denen die Daten genutzt werden können. Der Marktplatzansatz dagegen wird in der Stadt München vor allem aus rechtlichen Gründen kritisch gesehen, da es nicht Aufgabe einer Stadt ist, einen freien Datenaustausch zwischen allen möglichen Parteien zu ermögli-

chen. Darüber hinaus betonen die Experten, dass die Stadt im Falle der Bereitstellung eines Marktplatzes für externe Parteien für alle gemeinsam genutzten Daten mitverantwortlich wäre und daher ein Mehraufwand betrieben werden müsste, um alle Daten auf diesem Marktplatz zu kontrollieren. Nichtsdestotrotz könnte auch schon die unangemessene Nutzung von stadteigenen Daten zu Kritik an der Stadt führen. Hauptsächlich aus diesem Grund wird das Lizenzmodell favorisiert, sodass die Stadt die Kontrolle über das Ökosystem behalten kann.

Aus oben genannten Gründen plädieren die Experten bei der Rolle der Stadt für einen koordinativen Ansatz, bei dem die Stadt die Datenhoheit und die Kontrolle über die Nutzung der Daten behält.

Darüber hinaus sollten in erster Linie öffentlichen Informationen innerhalb der Smart City-Lösung ausgetauscht werden. Wie und ob auch kritische Infrastrukturdaten bis zu einem gewissen Grad einbezogen werden können, ist noch nicht endgültig entschieden.

Insgesamt zeigt die Anwendung des Klassifikationsschemas auf die zweite Fallstudie, dass sie alle relevanten, möglichen Ansätze für die verschiedenen Faktoren enthält. Weiterhin wurden alle Faktoren von den Experten als wichtig für die Entwicklung einer interoperablen Smart City-Infrastruktur bewertet. Die Anwendung des Klassifikationsschemas zusammen mit den beiden Experten der Stadt München zeigte jedoch auch, dass für die erfolgreiche Berücksichtigung aller Faktoren eine Vielzahl von offenen Fragen und Herausforderungen besteht, die in Zukunft geklärt werden müssen.

4. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Das im Rahmen dieser Studie entwickelte Klassifikationsschema konzeptualisiert Interoperabilitätsansätze, die derzeit in Literatur und Praxis diskutiert werden. Das Schema besteht aus fünf Faktoren und jeweils drei möglichen Ansätzen. Es bietet eine Struktur zur Diskussion und zum Vergleich verschiedener Interoperabilitätsansätze und gibt erste Schlussfolgerungen zu vielversprechenden und weniger vielversprechenden Ansätzen. Obgleich das Klassifikationsschema auf einer umfangreichen systematischen Literaturanalyse und mehreren Experteninterviews basiert, sind die vorgestellten Faktoren nicht unbedingt abschließend. Andere Faktoren können sich im Laufe der Zeit und mit fortschreitender Umsetzung der Interoperabilität ergeben. Um zusätzliche Faktoren zu identifizieren, sollte das Schema daher mit weiteren Beispielen aus der Praxis evaluiert werden. Als Zusammenfassung der durchgeführten Studie, die theoretische und praktische Erfahrungen kombiniert, können die folgenden fünf Kernaussagen angeführt werden:

- 1. Interoperabilität ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für Smart City, welcher jedoch noch nicht vollständig untersucht und kommuniziert ist:** Derzeit handelt es sich bei den meisten Smart City-Aktivitäten in Städten noch um Pilotprojekte, die unter Verwendung einer geringen Anzahl verschiedener Datenquellen auf spezifische Anwendungsfälle ausgerichtet sind. Um die Realisierung komplexerer Lösungen und die Nutzung der Daten durch Dritte zu ermöglichen, sodass die Bedürfnisse der Kunden effizienter und stadtübergreifend erfüllt werden können, ist die Verbindung von Projekten, der Datenaustausch über Stadtgrenzen hinweg und die Öffnung der Daten für externe Parteien jedoch unabdingbar. Bei zukünftigen Projekten sollte deshalb die Interoperabilität der entwickelten Smart City-Infrastrukturen eine Hauptanforderung sein, wobei die dabei relevanten Faktoren mithilfe des vorgestellten Klassifikationsschemas diskutiert werden können.
- 2. Für eine funktionierende Interoperabilität in Smart Cities gibt es keine Patentlösung,**

sondern es müssen den gegebenen Umständen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden: Wie das vorgestellte Klassifikationsschema zeigt, gibt es verschiedene Faktoren und Ansätze, welche zur Umsetzung von Interoperabilität in Smart Cities geeignet sein können. Die richtige Strategie ist deshalb besonders von äußeren Bedingungen z.B. den gesetzlichen Bestimmungen oder der Attraktivität der Stadt für Dritte und den Zielen der betreffenden Stadt abhängig. Um dennoch den Aufwand für die einzelnen Städte zu reduzieren, sollten durch weitere Forschung einheitliche Ansätze z.B. aufgliedert für verschiedene Stadttypen und Zielsetzungen gefunden werden, um dadurch spezifischere Implementierungs-Roadmaps zu entwickeln.

- 3. Die Koordinierung der Interoperabilitätsbemühungen erfordert maßgeschneiderte Werkzeuge:** Das Erreichen von Interoperabilität in und zwischen Smart Cities beschränkt sich nicht auf technische Fragen und Werkzeuge, vielmehr spielt auch die Koordination der verschiedenen Akteure in einer Stadt (städtische Abteilungen, Dienstleister, Bürger usw.) und eine Koordination zwischen den Städten eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund werden von der Politik z.B. spezifischere gesetzliche Richtlinien, standardisierte vertragliche Rahmenbedingungen, Methoden zur Koordinierung der Akteure und eine spezifischere nationale Strategie zu den Zielen von Smart City-Initiativen benötigt.
- 4. Langfristig sind einheitliche Standards für die Interoperabilität in und zwischen Smart Cities unverzichtbar:** Auch wenn einheitliche Standards im Smart City-Kontext derzeit noch nicht absehbar sind, sollte dennoch sowohl in der Forschung als auch in der Praxis weiter an solchen gearbeitet werden. Zwar kann Interoperabilität zu einem gewissen Grad z.B. durch Middleware-Lösungen erreicht werden, mit fortschreitender Komplexität und Vielfalt werden solche Lösungen jedoch immer aufwendiger. Die Entwicklung des Internets zeigt, dass sich komplexe Da-

tennetzwerke nur ungehindert entwickeln und wachsen können, wenn sie auf einheitlichen Kommunikationsstandards und Schnittstellen beruhen.

5. Für die effektive Weiterentwicklung und Verwirklichung von smarten Städten müssen Anwendungen gefunden werden, welche den Bürgern, Stadtmitarbeitern und Unternehmen einen tatsächlichen Mehrwert bieten: Obwohl seit über 10 Jahren von der Smart City gesprochen wird und Projekte in diesem Kontext durchgeführt werden, sind noch immer wenige Beispiele bekannt, wo diese Projekte zu einem offensichtlichen Mehrwert, z.B. für Bürger geführt haben. Um Bürger, städtische Mitarbeiter und Unternehmen an der Entwicklung zu beteiligen und diese anhand deren Bedürfnisse weiterzuführen, müssen in Theorie und Praxis konkrete Anwendungen definiert werden, die zum einen umsetzbar sind und zum anderen einen tatsächlichen, sichtbaren

Mehrwert bieten können. Darauf aufbauend sollte auch von der Politik eindeutig kommuniziert werden, welche konkreten Probleme durch Smart City-Projekte in den kommenden Jahren gelöst werden sollen, sodass auch die Erreichung dieser Ziele und der Fortschritt im Allgemeinen besser überprüft werden kann.

Durch diese Studie wurde gezeigt, dass bei der Realisierung von Interoperabilität in Smart Cities eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden müssen. Obwohl es vielversprechende Ansätze gibt, sind weitere Forschung und Engagement in Theorie und Praxis erforderlich, um interoperable Infrastrukturen zu erreichen und Smart Cities und ihre Möglichkeiten auf ein neues Niveau zu bringen. Dabei kann diese Zusammenfassung der Erfahrungen aus Theorie und Praxis hoffentlich als ein erster Schritt und als Grundlage für künftige Entwicklungen dienen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die rasch fortschreitende, weltweite Urbanisierung stellt Bürger und Stadtverwaltungen vor neue und wachsende Herausforderungen. Die Digitalisierung und die massive Nutzung einer umfangreichen Menge diverser Stadt-Daten, in den letzten Jahren in Theorie und Praxis zunehmend intensiv unter dem Begriff Smart City thematisiert, soll ein Hauptinstrument sein, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Häufig konzentrieren sich Smart City-Projekte jedoch auf Silo-Anwendungsfälle und -Lösungen mit einer begrenzten Anzahl von Datenquellen und Anwendungen. Um die Grenzen zwischen Projekten und Datenquellen zu überwinden und damit die Möglichkeiten von Smart City zu erweitern, ist Interoperabilität eine wichtige Fähigkeit der Smart City-Infrastruktur.

Interoperabilität wird in der Smart City-Praxis jedoch meist übersehen und in der Theorie nur punktuell angesprochen. Aus diesem Grund

wurde dieser Kurzstudie eine Konzeptualisierung von Ansätzen zur Erreichung von Interoperabilität in Smart Cities erarbeitet. Dazu wurden die Ergebnisse einer umfassenden Literaturanalyse und mehrerer Interviews mit Experten aus der Praxis für die Entwicklung eines Klassifikationsschemas verwendet. Dieses beinhaltet insgesamt fünf Hauptfaktoren, die bei der Realisierung von Interoperabilität in Smart Cities zu berücksichtigen sind, sowie drei mögliche Ansätze für jeden Faktor. Die fünf als entscheidend identifizierten Faktoren sind „Level der Dateninteroperabilität“, „Schnittstellenarchitektur“, „Grad der Datenoffenheit“, „Rolle der Stadt“ und „Datenschutzniveau geteilter Daten“. Darüber hinaus wurden im Rahmen dieser Studie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Ansätze diskutiert. Zur Evaluation und Demonstration wurde das Klassifikationsschema exemplarisch an zwei Fallbeispielen angewandt. Zusammengefasst lassen sich fünf konkrete

Empfehlungen für den zukünftigen Umgang mit Interoperabilität aus der Studie ableiten.

Diese Systematisierung des vorhandenen Wissens über die Interoperabilität der Dateninfrastruktur von Smart Cities und die gegebenen Handlungsempfehlungen sollen Entscheidungs-

trägern und Entwicklern in der Praxis helfen, relevante Fragestellungen zu konkretisieren, die vielversprechendsten Ansätze auszuwählen und schließlich erfolgreiche und funktionsfähige Datenplattformen für eine nachhaltig funktionierende Smart City zu realisieren.

LITERATURVERZEICHNIS

Ahlgren, Bengt; Hidell, Markus; Ngai, Edith C.-H. (2016): *Internet of Things for Smart Cities: Interoperability and Open Data*. In: IEEE Internet Computing 20 (6), S. 52-56.

Ahn, Jae-young; Lee, Jun Seob; Kim, Hyoung Jun; Hwang, Dae Joon (2016): *Smart city interoperability framework based on city infrastructure model and service prioritization*. In: Proceedings of the Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). Vienna, Austria, 05.07.2016 - 08.07.2016: IEEE, S. 337-342.

An, Jonggwan; Le Gall, Franck; Kim, Jaeho; Yun, Jaeseok; Hwang, Jaeyoung; Bauer, Martin et al. (2019): *Toward Global IoT-Enabled Smart Cities Interworking Using Adaptive Semantic Adapter*. In: IEEE Internet Things Journal 6 (3), S. 5753-5765.

Anthopoulos, Leonidas; Fitsilis, Panos (2013): *Evolution Roadmaps for Smart Cities: Determining Viable Paths*. In: Walter Castelnovo und Elena Ferrari (Hg.): Proceedings of the 13th European Conference on eGovernment. ECEG 2013. Como, Italy, 13.-14.06.2013, S. 27-35.

Bhatt, Vatsal; Brutti, Arianna; Burns, Martin; Frascella, Angelo (2017): *An Approach to Provide Shared Architectural Principles for Interoperable Smart Cities*. In: Osvaldo Gervasi, Beniamino Murgante, Sanjay Misra und Giuseppe Borruso (Hg.): Computational Science and Its Applications - ICCSA 2017, Bd. 10406. 17th International Conference on Computational Science and Its Applications. Trieste, Italy, 03-06.07.2017. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Computer Science), S. 415-426.

bitkom (2019): Smart-City-Atlas. Die kommunale digitale Transformation in Deutschland.

bitkom (2020): Smart City Index 2020 2020, 2020. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Smart-City-Index-2020>, zuletzt geprüft am 16.10.2020.

Bröring, Arne; Schmid, Stefan; Schindhelm, Corina-Kim; Khelil, Abdelmajid; Kabisch, Sebastian; Kramer, Denis et al. (2017): *Enabling IoT Ecosystems through Platform Interoperability*. In: IEEE Softw. 34 (1), S. 54-61. DOI: 10.1109/MS.2017.2.

Brutti, Arianna; Frascella, Angelo; Gessa, Nicola; Sabbata, Piero de; Novelli, Cristiano (2018): *Interoperability in the Smart City: A Semantic Approach for Merging Flexibility with Strictness*. In: IEEE (Hg.): 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). Taormina, Italy, 18.-20.06.2018: IEEE, S. 434-439.

Brutti, Arianna; Sabbata, Piero de; Frascella, Angelo; Gessa, Nicola; Ianniello, Raffaele; Novelli, Cristiano et al. (2019): *Smart City Platform Specification: A Modular Approach to Achieve Interoperability in Smart Cities*. In: Franco Cicirelli, Antonio Guerrieri, Carlo Mastroianni, Giandomenico Spezzano und Andrea Vinci (Hg.): The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems, Bd. 7. Cham: Springer International Publishing (Internet of Things), S. 25-50.

Buchinger, Matthias; Kuhn, Peter; Balta, Dian (2021a): *Towards Interoperability of Data Platforms for Smart Cities*. In: Juan Carlos Augusto (Hg.): Handbook of Smart Cities. Cham, Switzerland: Springer.

Buchinger, Matthias; Kuhn, Peter; Kalogeropoulos, Anastasios; Dian Balta (2021b): *Towards Interoperability of Smart City Data Platforms*. In: Proceedings of the 54nd Hawaii International Conference on System Sciences. 54nd Hawaii International Conference on System Sciences. Grand Wailea, Maui, Hawaii, USA, 05.-08.01.2021.

Chaturvedi, Kanishk; Kolbe, Thomas H. (2018): *InterSensor Service: Establishing Interoperability over Heterogeneous Sensor Observations and Platforms for Smart Cities*. In: IEEE (Hg.): Proceedings of 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2). 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2). Kansas City, MO, USA, USA, 16-19.09.2018: IEEE.

Chaturvedi, Kanishk; Kolbe, Thomas H. (2019): *Towards Establishing Cross-Platform Interoperability for Sensors in Smart Cities*. In: Sensors (Basel, Switzerland) 19 (3). DOI: 10.3390/s19030562.

Cheng, B.; Longo, S.; Cirillo, F.; Bauer, M.; Kovacs, E. (2015): *Building a Big Data Platform for Smart Cities: Experience and Lessons from Santander*. In: IEEE (Hg.): IEEE International Congress on Big Data. International Congress on Big Data. US, New York, NY, S. 592–599.

Cohen, Stephen; Money, William (2017): *Establishing Smart City Technical Standards and Guidance*. In: Rick Barrett, Rick Cummings, Eugene Agichtein und Evgeniy Gabrilovich (Hg.): Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion - WWW '17 Companion. 26th International Conference on World Wide Web Companion. Perth, Australia, 03.04.2017 - 07.04.2017. New York, New York, USA: ACM Press, S. 1161–1166.

Danneels, Lieselot; Viaene, Stijn; van den Bergh, Joachim (2017): *Open data platforms: Discussing alternative knowledge epistemologies*. In: Government Information Quarterly 34 (3), S. 365–378. DOI: 10.1016/j.giq.2017.08.007.

European Commission (2010): *European Interoperability Framework (EIF) for European public services*. Brussels, Belgium.

Faber, Anne; Riemhofer, Maximilian; Rehm, Sven-Volker; Bondel, Gloria (2019): *A Systematic Mapping Study on Business Ecosystem Types*. In: Guillermo Rodriguez-Abitia und Carlos Ferran (Hg.): AMCIS 2019 Proceedings. AMCIS 2019 Conference.

Fahmideh, Mahdi; Zowghi, Didar (2018): *IoT Smart City Architectures an Analytical Evaluation*. In: IEEE (Hg.): Proceedings of 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON). 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON). Vancouver, BC, Canada, 01-03.11.2018: IEEE.

Fahmideh, Mahdi; Zowghi, Didar (2020): *An Exploration of IoT Platform Development*. In: Information Systems 87.

Ferguson, Holly; Vardeman, Charles; Nabrzyski, Jarek (2016): *Linked data platform for building cloud-based smart applications and connecting API access points with data discovery techniques*. In: IEEE (Hg.): Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Washington DC, USA, 05.-08.12.2016: IEEE, S. 3016–3025.

Gläser, J.; & Laudel, G. (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. 4. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag.

Hashem, Ibrahim Abaker Targio; Chang, Victor; Anuar, Nor Badrul; Adewole, Kayode; Yaqoob, Ibrar; Gani, Abdullah et al. (2016): *The role of big data in smart city*. In: International Journal of Information Management 36 (5), S. 748–758.

Hernández, José L.; García, Rubén; Schonowski, Joachim; Atlan, Daniel; Chanson, Guillaume; Ruohomäki, Timo (2020): *Interoperable Open Specifications Framework for the Implementation of Standardized Urban Platforms*. In: *Sensors* (Basel, Switzerland) 20 (8). DOI: 10.3390/s20082402.

Hwang, Jaeyoung; An, Jonggwan; Aziz, Abdullah; Kim, Jaeho; Jeong, Seungmyeong; Song, Jaeseung (2019): *Interworking Models of Smart City with Heterogeneous Internet of Things Standards*. In: *IEEE Communications Magazine* 57 (6), S. 74-79.

ISO 2382:2015, 2015: ISO/IEC 2382:2015 Information technology.

Janssen, Marijn; Matheus, Ricardo; Zuiderwijk, Anneke (2015): *Big and Open Linked Data (BOLD) to Create Smart Cities and Citizens: Insights from Smart Energy and Mobility Cases*. In: Efthimios Tambouris, Marijn Janssen, Hans Jochen Scholl, Maria A. Wimmer, Konstantinos Tarabanis, Mila Gascó et al. (Hg.): *Electronic Government*, Bd. 9248. 14th International Conference on Electronic Government (EGOV). Thessaloniki, Greece, 30.08. - 02.09.2015: Springer International Publishing, S. 79-90.

Kazmi, Aqeel; Serrano, Martin; Soldatos, John (2018): *VITAL-OS: An Open Source IoT Operating System for Smart Cities*. In: *IEEE Communications Standards Magazine* 2 (2), S. 71-77. DOI: 10.1109/MCOMSTD.2018.1700016.

Kolbe, Niklas; Robert, Jérémy; Kubler, Sylvain; Le Traon, Yves (2017): *PROFICIENT - Productivity Tool for Semantic Interoperability in an Open IoT Ecosystem*. In: Tao Gu, Ramamohanarao Kotagiri und Huai Liu (Hg.): *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services. MobiQuitous 2017: Computing, Networking and Services*. Melbourne, VIC, Australia, 07-10.11.2017. New York, NY, USA: ACM, S. 116-125.

Lewis, Grace A. (2012): *The Role of Standards in Cloud-Computing Interoperability*. In: *Software Engineering Insitute*.

Lopes, Frederico; Loss, Stefano; Mendes, Altair; Batista, Thais; Lea, Rodger (2016): *SoS-centric Middleware Services for Interoperability in Smart Cities Systems*. In: ACM (Hg.): *Proceedings of the 2nd International Workshop on Smart - SmartCities '16*. 2nd International Workshop on Smart - SmartCities '16. Trento, Italy, 12. - 16.12.2016. New York, New York, USA: ACM Press, S. 1-6.

Loutas, Nikolaos; Goedertier, Stijn; Peristeras, Vassilios; Szekacs, Szabolcs (2014): *Building Cross-Border Public Services in Europe Through Sharing and Reuse of Interoperability Solutions*. In: Alexandru Ionas (Hg.): *Proceedings of the 14th European Conference on e-Government: ECEG 2014*. ECEG 2014. Brasov, Romania, 12-13.06.2014.

Maheshwari, Devender; Janssen, Marijn (2014): *Reconceptualizing measuring, benchmarking for improving interoperability in smart ecosystems: The effect of ubiquitous data and crowdsourcing*. In: *Government Information Quarterly* 31, S84-S92. DOI: 10.1016/j.giq.2014.01.009.

Mohl, Markus (2020): *Connected Urban Twins - Münchens Smart City Projekt vom Bund gefördert*. Hg. v. Landeshauptstadt München. Online verfügbar unter <https://muenchen.digital/blog/connected-urban-twins-im-modellprojekt-smart-cities/>, zuletzt aktualisiert am 21.09.2020, zuletzt geprüft am 29.09.2020.

München, Landeshauptstadt (2020a): *CUT - Connected Urban Twins*. München, Landeshauptstadt. Online verfügbar unter <https://www.muenchen.de/rathaus/projekte/cut.html>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2020, zuletzt geprüft am 16.10.2020.

München, Landeshauptstadt (2020b): EU-Projekt Smarter Together München. München, Landeshauptstadt. Online verfügbar unter <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Arbeit-und-Wirtschaft/Europa/Smart-Cities/Leuchtturm-Smarter-Together.html>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2020, zuletzt geprüft am 16.10.2020.

Nickerson, Robert C.; Varshney, Upkar; Muntermann, Jan (2013): *A method for taxonomy development and its application in information systems*. In: *European Journal of Information Systems* 22 (3), S. 336–359. DOI: 10.1057/ejis.2012.26.

Ojo, Adegboyega; Curry, Edward; Zeleti, Fatemeh Ahmadi (2015): *A Tale of Open Data Innovations in Five Smart Cities*. In: *Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences*. 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). HI, USA, 05.-08.01.2015: IEEE.

Petersen, Kai; Feldt, Robert; Mujtaba, Shahid; Mattsson, Michael (2008): *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) (EASE), 26-27.06.2008.

SCIS (Hg.) (2020): Smart Cities and Communities Lighthouse projects | Smartcities Information System. EU Smart Cities Information System. Online verfügbar unter <https://smartcities-infosystem.eu/scc-lighthouse-projects>, zuletzt geprüft am 29.09.2020.

Soe, Ralf-Martin (2017): *FINEST Twins platform for cross-border smart city solutions*. In: Charles C. Hinnant und Adegboyega Ojo (Hg.): *Proceedings of the 18th Annual International Conference on Digital Government Research*. 18th Annual International Conference on Digital Government Research. Staten Island NY USA, 07-09.06.2017. New York, NY, USA: ACM, S. 352–357.

Sotres, Pablo; Lanza, Jorge; Sánchez, Luis; Santana, Juan Ramón; López, Carmen; Muñoz, Luis (2019): *Breaking Vendors and City Locks through a Semantic-enabled Global Interoperable Internet-of-Things System: A Smart Parking Case*. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 19 (2). DOI: 10.3390/s19020229.

Tolcha, Yalew k.; Nguyen, Hoang Minh; Byun, Jawook; Kwon, Kiwoong; Han, Jiyong; Yoon, Wondeuk et al. (2018): *Oliot-OpenCity: Open Standard Interoperable Smart City Platform*. In: IEEE (Hg.): *Proceedings of 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2). Kansas City, MO, USA, USA, 16-19.09.2018: IEEE.

United Nations (2018): *The World's Cities in 2018*. Online verfügbar unter https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2021.

Välja, Margus; Ladhe, Tobias (2015): *Towards Smart City Marketplace at the Example of Stockholm*. In: *Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences*. 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). HI, USA, 05.-08.01.2015: IEEE, S. 2375–2384.

van der Klaauw, Theodoor (2019): *IoT Platforms for Cities: a Comparative Survey*. The Academy for Smarter Communities. Online verfügbar unter <https://tasc.world/wp-content/uploads/2019/01/IoT-Platforms-for-Cities-a-Comparative-Survey-January-2019-v1.pdf>, zuletzt geprüft am 01.10.2020.

Weking, Jörg; Stöcker, Maria; Kowalkiewicz, Marek; Böhm, Markus; Krcmar, Helmut (2020): *Leveraging industry 4.0 – A business model pattern framework*. In: *International Journal of Production Economics* 225. DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.107588.

Wirtz, Bernd W.; Müller, Wilhelm M.; Schmidt, Florian (2020): *Public Smart Service Provision in Smart Cities: A Case-Study-Based Approach*. In: *International Journal of Public Administration* 43 (6), S. 499–516. DOI: 10.1080/01900692.2019.1636395.

Zarko, Ivana Podnar; Mueller, Szymon; Plociennik, Marcin; Rajtar, Tomasz; Jacoby, Michael; Pardi, Matteo et al. (2019): *The symbloTe Solution for Semantic and Syntactic Interoperability of Cloud-based IoT Platforms*. In: IEEE (Hg.): *Proceedings of the 2019 Global Internet of Things Summit (GloTS)*. Global Internet of Things Summit (GloTS). Aarhus, Denmark, Denmark, 17-21.06.2019. IEEE.

Zhao, Kexin; Xia, Mu (2014): *Forming Interoperability Through Interorganizational Systems Standards*. In: *Journal of Management Information Systems* 30 (4), S. 269–298.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schlüsselkonzepte für Interoperabilität in Smart Cities	7
Abbildung 2: Klassifikationsschema zur Interoperabilität in Smart Cities: Fünf Faktoren und zugehörige Implementierungsansätze	9
Abbildung 3: Klassifikationsschema zur Interoperabilität in Smart Cities angewandt auf das Beispielprojekt aus Santander	15
Abbildung 4: Klassifikationsschema zur Interoperabilität in Smart Cities angewandt auf die Stadt München	16
Abbildung 5: Horizontale und vertikale Interoperabilität	29
Abbildung 6: Suchprozess Scopus-Datenbank	30
Abbildung 7: Suchprozess ACM, IEEE, ScienceDirect, and Web of Science Datenbanken	30

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Suchwörter	30
Tabelle 2: Hauptkategorien der analysierten Paper	31
Tabelle 3: Interviewte Experten	32

ÜBER DIE AUTOREN

Matthias Buchinger, M. Sc. untersucht im Team Offenes Daten- und Informationsmanagement am fortiss, wie Nachweisbarkeit bei inter-organisationalen Geschäftsprozessen realisiert werden kann, um so die Transparenz und das Vertrauen in die Produktion von Gütern, die Erbringung von Dienstleistungen und beim Austausch von Informationen zu vergrößern. Er studierte Management and Technology, eine Mischung aus BWL und Informatik in München. Am fortiss tätig seit 2019, ist er in mehrere Projekte involviert und leitet mit Kollegen ein praxisnahes Masterseminar zum Thema Analyse und Umsetzung von DLT Use Cases.

Peter Kuhn, Dott. Mag. untersucht im Team Offenes Daten- und Informationsmanagement am fortiss, wie neue Informationstechnologien die Interaktionen zwischen öffentlicher Verwaltung, Gesellschaft und Wirtschaft verändern. Er studierte Maschinenbau und Volkswirtschaftslehre in München und Mailand. Am fortiss tätig seit 2018, leitet er mehrere Projekte und treibt derzeit Themen wie Plattformsätze und offene Schnittstellenbeschreibungen in der öffentlichen Verwaltung voran. Er untersucht Herausforderungen des „E-Government“ anhand von praxisbezogenen Beispielen und entwickelt mit gestaltungsorientierten Methoden IT-Artefakte wie Analyse-Frameworks, Meta-Modelle sowie Referenzarchitekturen.

Dian Balta, M. Sc. leitet das Kompetenzfeld Offenes Daten- und Informationsmanagement am fortiss. Er untersucht wie neue Informationstechnologien die Interaktionen zwischen öffentlicher Verwaltung, Gesellschaft und Wirtschaft verändern. Er studierte Informationswirtschaft am Karlsruher Institut für Technologie. Am fortiss tätig seit 2013, leitet er mehrere Projekte und treibt derzeit Themen wie neuartige IT-Systemarchitekturen und Services. Er analysiert Chancen und Risiken anhand von praxisbezogenen Beispielen und entwickelt mit gestaltungsorientierten Methoden IT-Artefakte wie Analyse-Frameworks, Meta-Modelle sowie Referenzarchitekturen. Dafür setzt er Methoden der qualitativen Datenanalyse ein und entwickelt Prototypen mit agilen Methoden wie Rapid Prototyping und Scrum. Auf dieser Basis leitet der Informationswirt konkrete Handlungsempfehlungen für ein innovatives, prozessorientiertes und standardisiertes Daten- und Informationsmanagement ab. Er ist Mitglied im Ausschuss für Forschung und Projekte des Nationalen E-Government Kompetenzzentrums (NEGZ) und vertritt fortiss bei der GAIA-X ASBL.

ANHANG

I. Wichtige Konzepte

Da besonders die zentralen Konzepte, Smart City, Datenplattform und Interoperabilität in verschiedenen Kontexten in der Literatur thematisiert und dabei oft keine einheitlichen Definitionen genutzt werden, wird im Folgenden eine kurze Einführung zu jedem der drei Begriffe gegeben.

I.I. Smart City

Das Konzept Smart City wird heute sowohl in der wissenschaftlichen Forschung als auch in der Politik und in Städten intensiv diskutiert. Dabei steht besonders die Hoffnung im Vordergrund, dass, wie in der Einleitung beschrieben, durch eine zielgerichtete Digitalisierung bestehende und kommende Herausforderungen in den Städten gelöst werden können. Das grundlegende Ziel einer „intelligenten Stadt“ besteht darin, die Lebensqualität zu verbessern, die Effizienz und den wirtschaftlichen Wert zu steigern sowie eine nachhaltige Umwelt zu schaffen indem Regierungen, Unternehmen und Bürger durch Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) enger miteinander verbunden werden (Brutti et al. 2019; Ahlgren et al. 2016). Dazu soll durch die Kombination von Technologien wie IoT, Big Data, Cloud Computing und Geomatik die Nutzung einer Vielzahl von Daten aus heterogenen Quellen und die Realisierung von Anwendungen ermöglicht werden. (Chaturvedi und Kolbe 2018). Wie in Abbildung 1 dargestellt, sind ein Hauptbestandteil der Smart City-Infrastruktur und die „Grundlagen“ des Smart City-Konzepts verschiedene Datenquellen, welche in Plattformen gespeist werden. Diese wiederum erlauben es, aufbauend auf diesen Datenmengen Anwendungen zu entwickeln, welche sowohl den Bürgern, also auch der Stadtverwaltung und Unternehmen zugutekommen können und dabei zu einer Effizienzsteigerung und einem besseren Umweltschutz führen sollen.

I.II. Datenplattform

Wie oben erwähnt und wie in Abbildung 1 dargestellt, sind Datenplattformen ein zentraler Bestandteil von Smart City-Lösungen. Sie unterstützen das Datenflussmanagement und die Anwendungsentwicklung (van der Klaauw 2019) und ermöglichen es der Stadtverwaltung, den Unternehmen und den Bürgern, unter Verwendung einer enormen Menge verschiedenartiger Daten aus heterogenen Quellen, zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten (Brutti et al. 2019). Dabei werden Smart City-Datenplattformen in der aktuellen Forschung meist als Big Data Plattformen (vgl. z.B. (Cheng et al. 2015; Janssen et al. 2015)) und/oder IoT-Plattformen (vgl. z.B. (van der Klaauw 2019; Chaturvedi und Kolbe 2018)) charakterisiert. Beide Charakterisierungen sind zutreffend, da Smart City auf der einen Seite Überschneidungen mit IoT-Technologien aufweist, wie z.B. die Nutzung von IKT zur Vernetzung verschiedener physischer Objekte wie Sensoren untereinander und mit dem Internet (Ahlgren et al. 2016). Auf der anderen Seite werden große Mengen verschiedener Daten gesammelt, kombiniert und verarbeitet, was auch das Hauptmerkmal einer Big Data Plattform ist (Hashem et al. 2016). Dabei muss die Plattform auch in der Lage sein, mit historischen und Echtzeitdaten sowie mit verschiedenen Datentypen umzugehen (Cheng et al. 2015).

I.III. Interoperabilität

Das Konzept der Interoperabilität wird in verschiedenen Bereichen diskutiert und daher gibt es auch unterschiedliche Definitionen. Die Internationale Organisation für Normung (ISO) (ISO 2382:2015) zum Beispiel definiert Interoperabilität allgemein und mit Schwerpunkt auf dem Informationsaustausch zwischen Einheiten als die Fähigkeit, zwischen verschiedenen Funktionseinheiten in einer Weise zu kommunizieren, Programme auszuführen oder Daten zu übertragen, die vom Benutzer wenig oder keine Kenntnis der spezifischen Eigenschaften dieser Einheiten erfordert. In ihrer Definition von Interoperabilität für den eGovernment-Bereich

schließt die Europäische Kommission (European Commission 2010) dem gegenüber nicht nur das Konzept des Datenaustauschs, sondern auch die gemeinsame Nutzung von Wissen ein und unterstreicht die Bedeutung harmonisierter Geschäftsprozesse. Maheshwari und Janssen (2014) definieren den Begriff Interoperabilität als die Fähigkeit von Einheiten, zusammenzuarbeiten, wobei Aspekte von der technischen bis zur organisatorischen Ebene abgedeckt werden müssen.

Kombiniert man die Definitionen der ISO (ISO 2382:2015), der Europäischen Kommission (European Commission 2010) und von Maheshwari und Janssen (2014), so ist Interoperabilität, sowohl auf technischer als auch auf organisatorischer Ebene, die Fähigkeit von verschiedenartigen Systemkomponenten, IKT-Systemen oder Organisationen miteinander zu kommunizieren, Informationen und Wissen zu übertragen, Programme auszuführen und zusammenzuarbeiten um gegenseitig vorteilhafte und vereinbarte gemeinsame Ziele zu erreichen.

In einem Smart City-Framework unterscheiden Brutti et al. (2018) dabei zwischen horizontaler und vertikaler Interoperabilität (Abbildung 5). Dabei ist mit der horizontalen Interoperabilität die Interoperabilität zwischen Datenplattformen gemeint, während sich die vertikale Interoperabilität auf die Interoperabilität zwischen Plattform und Datennutzer sowie Datenquelle bezieht. Auch Bröring et al. (2017) verwenden diese Unterscheidung, um IoT-Systeme zu diskutieren. Obwohl sie sich danach hauptsächlich auf die vertikale Interoperabilität zwischen Komponenten konzentrieren, betonen sie gleichgroße Bedeutung der horizontalen Interoperabilität für die erfolgreiche Nutzung

von IoT-Ökosystemen, welche jedoch noch nicht etabliert ist.

II. Datenerhebung und Entwicklung des Klassifikationsschemas

Im Rahmen dieser Studie wurde ein multi-methodischer Ansatz gewählt, um die wichtigsten Faktoren, die bei der Erörterung der Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen berücksichtigt werden müssen, sowie bestehende Ansätze für diese Faktoren zu konzeptualisieren. Dabei wurden zum einen eine umfangreiche Literaturrecherche, zum anderen Experteninterviews durchgeführt. Eine genaue Beschreibung des Vorgehens und der Ergebnisse ist im Paper Buchinger et al. (2021b) veröffentlicht.

II.1. Literaturrecherche

Die bereits bestehenden Forschungsergebnisse zu Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen wurden anhand einer strukturierten Literaturrecherche analysiert, welche dem von Petersen et al. (2008) beschriebenen Vorgehen folgte. Als Referenz zu diesem Vorgehen wurde die Publikation von Faber et al. (2019) genutzt. Während der Literaturrecherche wurden die fünf relevantesten Datenbanken für wissenschaftliche Literatur in diesem Themenbereich, Scopus, Association for Computing Machinery (ACM), Electrical and Electronics Engineers (IEEE), ScienceDirect und Web of Science, nach Publikationen zu „Smart City“, „Data Platforms“ und „Interoperability“ durchsucht. Als Suchwörter wurden die in Tabelle 1 gelisteten Suchwörter und Queries genutzt.

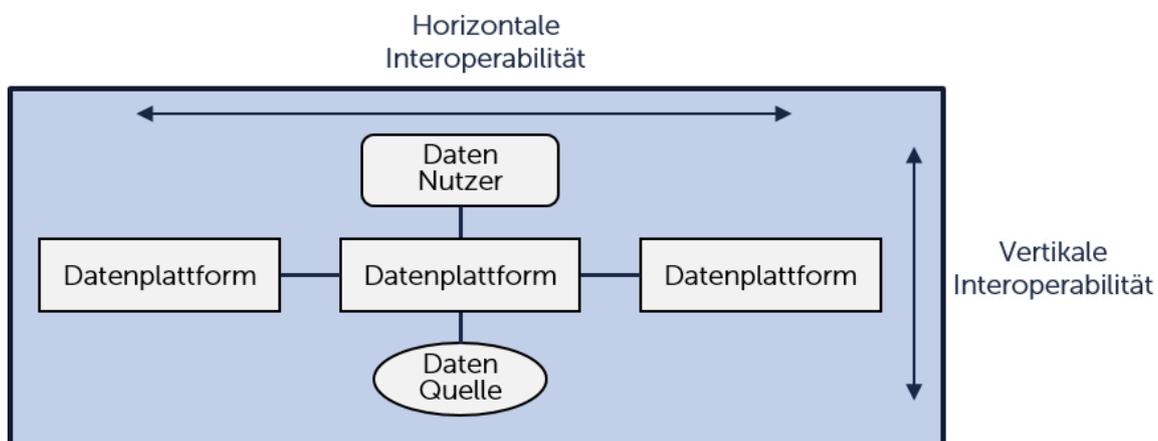


Abbildung 5: Horizontale und vertikale Interoperabilität (Buchinger et al. (2021b))

Suchwörter
"interoperability"
"smart city"
"data platform"
"data platform" AND "standardization"
"smart city" AND "standardization"
"data platform" AND "interoperability"
"smart city" AND "interoperability"
"smart city" AND "data platform"
"smart city" AND "data platform" AND "standardization"
"smart city" AND "data platform" AND "interoperability"

Tabelle 1: Suchwörter (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021b))

Um einen ersten Überblick zu bekommen, wurde zuerst die Datenbank Scopus durchsucht, indem im Titel, Abstrakt und den Key-Wörtern nach allen Suchwörtern einzeln und deren Kombinationen gesucht wurde. Insgesamt wurden dabei 1134 Paper zurückgegeben, welche anschließend in mehreren Schritten analysiert wurden (siehe Abbildung 6).

Anschließend wurde in den verbleibenden vier Datenbanken gesucht, wobei immer mindestens zwei Suchwörter kombiniert wurden, sodass die Anzahl der zurückgegebenen Paper

bereits auf ein analysierbares Maß beschränkt wurde. Bei dieser Suche wurden 503 neue Paper gefunden, welche wieder nach dem gleichen Vorgehen schrittweise analysiert wurden (siehe Abbildung 7).

Aus den insgesamt über 1600 gefundenen Publikationen wurden schlussendlich 28 Paper mit spezifischen Informationen zu relevanten Faktoren und Ansätzen gefunden. Eine Auflistung dieser Paper, sowie eine grobe Kategorisierung nach deren Hauptthemen ist in Tabelle 2 zu finden.

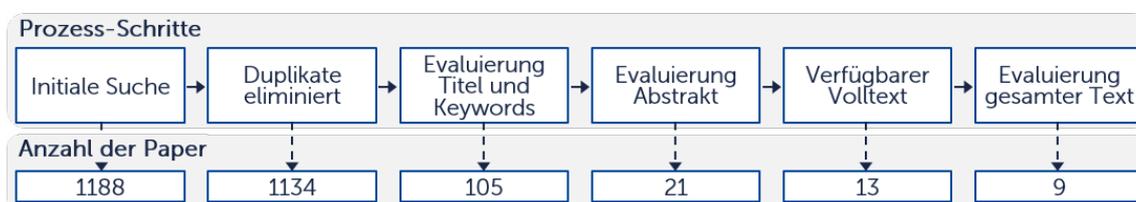


Abbildung 6: Suchprozess Scopus-Datenbank (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021b), Faber et al. (2019), Petersen et al. (2008))

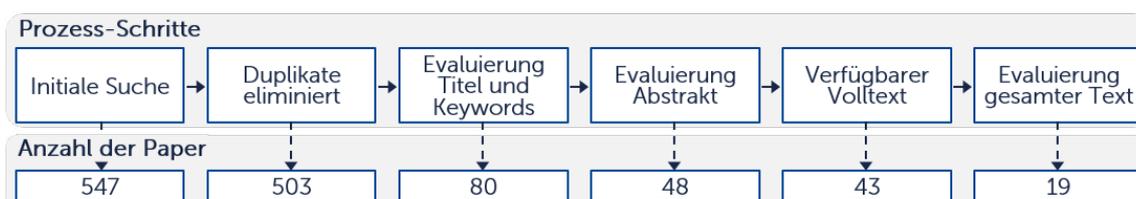


Abbildung 7: Suchprozess ACM, IEEE, ScienceDirect, and Web of Science Datenbanken (Eigene Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021b), Faber et al. (2019), Petersen et al. (2008))

Tabelle 2: Hauptkategorien der analysierten Paper (Buchinger et al. (2021b))

Analysierte Paper	Architektur Prinzipien	Fallstudie	Vergleich von Plattformen	Plattform / Dienst Entwicklung	Bewertungsrahmen	Grundlagen
Bhatt et al. 2017	X					
Brutti et al. 2018	X					
Cohen, Money 2017	X					
Brutti et al. 2019	X			X		
Zarko et al. 2019	X			X		
Wirtz et al. 2020	X	X				X
Lopes et al. 2016		X		X		
Danneels et al. 2017		X			X	
Mareshwari, Janssen 2014		X				X
Sotres et al. 2019		X				
Soe 2017		X				
Hernández et al. 2020		X				
Fahmideh, Zowghi 2018			X		X	
Fahmideh, Zowghi 2020			X			
Chaturvedi, Kolbe 2018				X		
Ferguson et al. 2016				X		
Loutas et al. 2014				X		
Tolcha et al. 2018				X		
Kolbe et al. 2017				X		
An et al. 2019				X		
Välja, Ladhe 2015				X		
Kazmi et al. 2018				X		
Chaturvedi, Kolbe 2019				X		
Hwang et al. 2019					X	
Zhao, Xia 2014						X
Ojo et al. 2015						X
Anthopoulos, Fitsilis 2013						X
Lewis 2012						X

II.II. Interviews

Um auch die relevanten Aspekte zu Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen aus einer Praxisperspektive zu untersuchen, wurden sieben Experten aus verschiedenen Smart Cities und mit unterschiedlichen Positionen interviewt. Die semi-strukturierten, geführten Experteninterviews wurden basierend auf der von Gläser und & Laudel (2010) beschriebenen Methode konzipiert und durchgeführt. Dabei wurden Experten aus drei großen deutschen Städten, die im Bereich Smart City führend sind, und aus einer mittelgroßen deutschen Stadt einbezogen. Die Experten arbeiteten sowohl in strategischen und leitenden Positionen im Bereich Smart City, als auch auf operativer Ebene mit eher technischem Fokus. Ein Überblick aller Interviewpartner ist in Tabelle 3 gegeben.

Durch die Vielfalt der Befragten konnten mehrere Standpunkte zu wichtigen Faktoren für die Interoperabilität der Smart City-Infrastruktur berücksichtigt werden.

II.III. Entwicklung des Klassifikationsschemas

Die in der Literaturrecherche und den Interviews gesammelten Informationen wurden verwendet, um ein Klassifikationsschema zu entwickeln. Dazu wurde die von Nickerson et al. (2013) beschriebene Methode befolgt. Diese ist in erster Linie für die Entwicklung einer Taxonomie, also einem System von Gruppierungen vorgesehen, bei welchem aber jedem Objekt nur jeweils eine Charakteristik pro Dimension zugeordnet werden kann. Da dies bei der finalen Version des in dieser Studie entwickelten Artefakt

Tabelle 3: Interviewte Experten (Eigenen Darstellung basierend auf Buchinger et al. (2021b))

Stadt-Typ	Organisatorische Zuordnung	Rolle
Deutsche Großstadt	Stadtabteilung für Digitalisierung	Organisatorisch & technisch
Deutsche Großstadt	Stadtabteilung für Digitalisierung	Technisch
Mittelgroße deutsche Stadt	Stadtabteilung für Digitalisierung	Organisatorisch
Deutsche Großstadt	Stadtorganisation für Smart City Projekte	Organisatorisch
Deutsche Großstadt	Stadtorganisation für Smart City Projekte	Technisch
Deutsche Großstadt	Abteilung/Betrieb für Geoinformation	Technisch
Deutsche Großstadt	Universität Smart City Projekte	Organisatorisch

jedoch nicht erfüllt ist, wird dieses durch den generelleren, wobei oft auch als Synonym verwendeten Begriff Klassifikationsschema (eine abstrakte Gruppierung von Kategorien, in die Objekte eingeordnet werden können) bezeichnet (Nickerson et al. 2013). Die Anwendung der Methode von Nickerson et al. (2013) durch Weking et al. (2020) wurde als Referenz verwendet.

Die Methode ist ein iterativer Ansatz, beginnend mit der Entwicklung einer Meta-Charakteristik, welche als Grundlage für die Auswahl von Merkmalen in der Taxonomie dient (Nickerson et al. 2013) und der Definition von Endbedingungen. Als Meta-Charakteristik wurden die Komponenten Organisatorisch und Technisch gewählt, welche von Maheshwari und Janssen (2014) als grundlegende Faktoren für Interoperabilität beschrieben werden. Endbedingungen wurden nicht definiert, da der Input für die Entwicklung der Methode mit der Literaturrecherche und den Interviews bereits definiert war.

Ausgehend von der Meta-Charakteristik wurden drei Iterationen der Methodenentwicklung durchgeführt. In allen Iterationen wurde ein empirisch-konzeptioneller Ansatz verwendet, um gemeinsame Merkmale zu identifizieren und in Dimensionen zu gruppieren.

Dabei wurden bei jeder Iteration aus einer großen Menge an Daten, in Form von Zitaten aus Interviews oder Aussagen in der analysierten Literatur, Objekte herausgesucht, welche mögliche Arten oder Eigenschaften von oder in Bezug auf Interoperabilität beschreiben. Diese wurden anschließend zu Charakteristika, also Ansätzen gruppiert. Übergeordnet wurden die

Ansätze in Dimensionen, die beschriebenen Faktoren für Interoperabilität, gruppiert.

In der ersten Iteration wurden die Objekte analysiert, die in den neun Beiträgen von Scopus diskutiert wurden. In der zweiten Iteration wurden die 19 Paper aus den vier anderen wissenschaftlichen Datenbanken analysiert. Mit den Ergebnissen wurde die erste Version des Klassifikationsschemas erweitert. In einer dritten Iteration wurde das Klassifikationsschema durch die Ergebnisse aus der Analyse der Interviews nochmals überarbeitet.

III. Fallstudien

Um die Anwendung des vorgestellten Klassifikationsschemas zu demonstrieren und um dieses zu bewerten, wurden zwei Fallstudien durchgeführt, welche im Folgenden genauer beschrieben sind.

III.I. Smart City-Datenplattform-Projekt in Santander

Die erste Fallstudie stammt aus einer wissenschaftlichen Arbeit, worin ein Projekt zur Entwicklung und Implementierung einer Smart City-Plattform namens CiDAP in der spanischen Stadt Santander zusammengefasst wird. Das Paper wurde von Cheng et al. (2015) veröffentlicht und beschreibt als Hauptergebnis des Projekts eine Systemarchitektur und ein Systemdesign sowie einen Prototyp einer Plattform zur Sammlung und Analyse von live Stadtdate. Da in dem Paper also die Implementierung einer umfangreichen Smart City-Plattform zur

Erfassung und Verwaltung einer divergierenden Datenmenge beschrieben wird, kann das in der Studie vorgestellte Klassifikationsschema perfekt auf dieses Beispiel angewendet werden.

Als Datenquellen für die Plattform wurden die mehr als 15000 verschiedenen Sensoren, die im Stadtgebiet von Santander installiert sind, an die Plattform angeschlossen. Darüber hinaus wurden historische Daten integriert. Innerhalb der Plattform sollten alle Daten gespeichert, verarbeitet und verwaltet werden, um sie für Anwendungen in verschiedenen Geschäftsbereichen nutzbar zu machen. Die integrierten Sensoren unterschieden sich in mehrfacher Hinsicht. Einige waren statisch, andere befanden sich an Fahrzeugen wie Bussen. Alle lieferten Echtzeitinformationen über verschiedene Umweltparameter.

Das Hauptziel der in dem Paper beschriebenen Lösung war der Aufbau einer Datenplattform auf dem Santander Smart City-Testbed. Die Plattform sollte es ermöglichen, sowohl Echtzeit- als auch historische Daten zwischen den Anwendungen auszutauschen. Darüber hinaus sollte sie die Zentralisierung von Verarbeitung- und Analyseaufgaben ermöglichen.

Die zentralen Fragen, welche in dem Paper adressiert werden sind:

- Wie können verschiedene unstrukturierte oder halbstrukturierte Daten effizient gespeichert werden?
- Wie können sowohl historische Daten als auch Echtzeitdaten verarbeitet und aggregierte Ergebnisse skalierbar und inkrementell aktualisiert werden?
- Wie können die Verarbeitungs- und Analysekapazitäten bei großen Datenmengen über flexible APIs anwendungsübergreifend gemeinsam genutzt werden?

III.II. Smart City-Strategie der Stadt München

Die zweite Fallstudie behandelt die Smart City-Strategie der Stadt München. Sie ist eine der 46 von der EU proklamierten Leuchtturmstädte für die Entwicklung intelligenter Stadtlösungen (SCIS 2020) und verfolgt verschiedene Projekte in dieser Richtung, zum Beispiel „Smarter

Together“ und „Connected Urban Twins“ (Mohl 2020).

Smarter Together ist ein europäisch finanziertes Smart City-Projekt, bei dem München mit zwei anderen europäischen Städten zusammenarbeitet. In München konzentriert sich das Projekt auf zwei Stadtregionen mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu senken und gleichzeitig die Effizienz der Energienutzung zu erhöhen sowie den Anteil erneuerbarer Energien auszubauen. Darüber hinaus soll im Laufe des Projekts ein effizienteres Mobilitätskonzept entwickelt werden. Ein Teil des Projekts war zum Beispiel die Installation von intelligenten Ampeln in den zwei Gebieten, die Umwelt-, Wetter- und Verkehrsdaten erfassen. Darüber hinaus wurden Mobilitätsstationen in den Gebieten installiert, die das öffentliche Verkehrsnetz ergänzen und unter anderem E-Bikes und Carsharing-Elektroautos anbieten. Ein weiterer zentraler Bestandteil des Projekts ist die auf der Siemens City Intelligence Plattform basierende Datenplattform, auf der die verschiedenen im Projekt gesammelten Daten unter Berücksichtigung von Datenschutz- und Datensicherheitsbestimmungen gespeichert, analysiert und berechnet werden (München 2020b).

Connected Urban Twins ist ein von der Bundesregierung gefördertes Gemeinschaftsprojekt zwischen München und zwei weiteren deutschen Städten. Ziel ist die Entwicklung eines digital Twins (digitale Abbildung) realer Objekte oder Prozesse in der Stadt, z.B. von Straßen oder Gebäuden, bestehend aus Daten und Algorithmen. Die Twins sollen über Sensoren mit der realen Welt verbunden werden. Zusammengekommen soll so ein interaktives 3D-Stadtmodell und eine kollaborative Stadtdatenplattform entstehen. Beide sollen für Experten und Bürger frei zugänglich sein. Der Hauptnutzen dieses Projekts soll darin bestehen, die digital unterstützte Stadtentwicklung auszuweiten (München 2020a).

Diese und andere Projekte haben dazu geführt, dass München im deutschen Smart City-Ranking 2020 (bitkom 2020) auf Platz zwei rangiert und damit ein perfekter Kandidat für die Anwendung des entwickelten Klassifikationsschemas ist. Um die Anwendbarkeit über Projektgrenzen hinaus zu demonstrieren, wurde das Schema mit zwei Experten diskutiert, die an den gesamten Smart City-Bemühungen Münchens beteiligt sind.

IMPRESSUM

Die Kurzstudie basiert auf einer Initiative des Nationalen E-Government Kompetenzzentrums e. V.

Ansprechpartner

Matthias Buchinger

fortiss gemeinnützige GmbH

Peter Kuhn

fortiss gemeinnützige GmbH

Dian Balta

fortiss gemeinnützige GmbH
balta@fortiss.org

Nationales E-Government Kompetenzzentrum e. V.

Pressehaus / 4102
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin

+49 (0)30 80494747
info@negz.org
negz.org

Gestalterische Umsetzung

made in – Design und Strategieberatung
www.madein.io

BERICHTE DES NEGZ

Folgende Kurzstudien sind in der Reihe „Berichte des NEGZ“ bereits erschienen:

- Nr. 1** Schuppan, T., Köhl, S., Off, T. (2018). Vollzugsorientierte Gesetzgebung durch eine Vollzugssimulationsmaschine, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 2** Ogonek, N., Distel B., Ben Rehouma, M., Hofmann, S., Räckers, M. (2018). Digitalisierungsverständnis von Führungskräften, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 3** Djeflal, C. (2018). Künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 4** Fadavian, B., Franzen-Paustenbach, D., Rehfeld, D., Schmitt, M., Schweikart, D., Djeflal, C. (2019). Data Driven Government, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 5** Balta, D., Hofmann, S., Rehfeld, D., Kuhn, P., Krcmar, H. (2019). Sharing Economy: Potential im öffentlichen Sektor, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 6** Hoepner, P., Welzel, C., Wulff, M. (2019). Identifizierung und Authentifizierung leicht gemacht – die Nutzer ins Zentrum stellen, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 7** Köhl, S., Müller, H. (2019). Sicherheitsanforderungen und -nachweise bei Cloud-Diensten – Grundlagen für öffentliche Auftraggeber, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 8** Houy, C., Gutermuth, O., Fettke, P., Loos, P. (2020). Potentiale Künstlicher Intelligenz zur Unterstützung von Sachbearbeitungsprozessen im Sozialwesen, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 9** Schaffer, S., Reithinger, N., Standt, J., Krebs, R. (2020). Sprachsteuerung von E-Government Diensten in Deutschland, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 10** Houy, C., Gutermuth, O., Fettke, P. (2020). Robotergestützte Prozessautomatisierung für die Digitale Verwaltung, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 11** Ogonek, N., Distel, B., Hofmann, S. (2020). Kompetenzvermittlung im öffentlichen Sektor neu gedacht, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 12** Distel, B., Hofmann, S., Østergaard Madsen, C. (2020). Nationale E-Government-Strategien: Deutschland und Dänemark im Vergleich, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 13** Halsbenning, S., Scholta, H., Distel, B. (2020). Quo vadis, Civis? Entwicklung einer Citizen Journey für eine nachfrageorientierte Dienstleistungsentwicklung im öffentlichen Sektor, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 14** Oschinsky, F., Stelter, A., Kaping, C., Niehaves, B. (2021). Kompetenzoffensive Bad Berleburg Digital (KOBOLD), Berlin. » [DOI](#)



**Nationales E-Government
Kompetenzzentrum e. V.**

Pressehaus/ 4102
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin

+49 (0)30 80494747
info@negz.org
negz.org