

Bachelorarbeit

Standards für den Digitalen Zwilling der Stadt

Verfasser: Tamira Wrabel
Matrikelnummer: 03717037
Betreuer: Dr. Andreas Donaubaue
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. Kolbe
Bearbeitungszeitraum: 01.12.2021 bis 28.04.2022

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die von mir eingereichte Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Datum _____

Unterschrift _____

Gendervermerk

Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Bei jeglichen geschlechtsspezifischen Formulierungen, die nur zum Zweck der besseren Lesbarkeit verwendet werden, sind alle Geschlechter gleichermaßen gemeint.

Kurzfassung

Städte müssen sich angesichts der zunehmenden Digitalisierung anpassen und ihre Weiterentwicklung digital gestalten. Ein Lösungsansatz ist der Urbane Digitale Zwilling (UDZ), der es ermöglicht, Informationen zu bündeln, auszuwerten und weiterzuverarbeiten. Ein wichtiger Aspekt dabei sind Standards, da diese die Begriffe, Qualitätsanforderungen und Schnittstellen für die Technologien definieren. Um den Städten bei der Entwicklung eines solchen UDZ einen Rahmen und eine Hilfestellung zu bieten, wurde das fünfjährige Kooperationsprojekt „Connected Urban Twins – Urbane Datenplattformen und Digitaler Zwilling für die Integrierte Stadtentwicklung“ (CUT) gestartet.

In der Literatur gibt es bisher keine Sammlung der für den Urbanen Digitalen Zwilling relevanten Standards. Daher ist ein Zweck dieser Arbeit eine Zusammenstellung der für den Urbanen Digitalen Zwilling bzw. für die Urbane Datenplattform (UDP) relevanten Standards zu schaffen. Außerdem soll mittels einer Umfrage, welche an Städte des Deutschen Städtetages versendet wird, herausgefunden werden, welche Standards beim UDZ bzw. UDP bereits genutzt werden oder zumindest bekannt sind. Die Umfrage wurde durch den Vorsitzenden des Arbeitskreises Geoinformatik des Deutschen Städtetages und Mitarbeiter im Förderprojekt Connected Urban Twins an einen ausgewählten E-Mail-Verteiler versendet. Durch diesen Verteiler können gezielt relevante Personen in der Verwaltung von deutschen Städten angesprochen werden. Ein weiterer Output der Umfrage soll die Darstellung des Ist-Zustands beim Umgang mit der Implementierung eines UDZ oder einer UDP sein.

Die Umfrage hat gezeigt, dass im Bereich Referenzarchitektur und Datenplattformen die DIN SPEC 91357 als am wichtigsten für den UDZ eingeschätzt wird, bei dem Internet of Things (IoT) und Sensordaten ist es der SensorThings API-Standard. Im Bereich der standardisierten Informationsmodelle und Datenaustauschformate wurde der Standard GML direkt vor CityGML als am relevantesten bewertet. Bei den Standards für die räumlichen Visualisierungen und Geodaten-APIs sind WFS und WMS/WMTS von den Teilnehmern als am wichtigsten eingestuft worden. Bei der Gruppe der Metadatenkataloge sind die beiden Standards fast gleich auf, der Catalog Service for Web ist knapp vor dem DCAT-Standard. Bei der Frage zu den Terminologien und Leitfäden sind die ISO 37106 und die DIN SPEC 91387 am bekanntesten. Zu den Standards kommentierten Teilnehmer unter anderem, dass ihnen ein Leitfaden mit Best Practice-Beispielen und deren Übertragbarkeit auf ihre Kommune, sowie eine Empfehlung bezüglich der Standards, helfen würde. Die Daten, die am relevantesten für den UDZ eingeordnet wurden, sind Luftbilder, Straßenkarten, weitere Geodaten und semantische 3D-Stadtmodelle. Die Relevanz von Open Data beim UDZ wurde überwiegend als sehr hoch oder hoch eingeschätzt.

Zum Schluss teilten die Teilnehmer ihre Erfahrungen mit dem UDZ und der UDP mit, dabei ergab sich ein einheitliches Bild. Die Teilnehmer gaben unter anderem an, dass fehlende Ressourcen und Knowhow Hürden bei der Umsetzung darstellen. Das Potential des UDZ wird in der Möglichkeit der schnelleren und effizienteren Umsetzung der Digitalisierung und der Verbesserung von Bürgerservices, Stadtplanung und Beteiligungsprozessen gesehen.

Abstract

Cities need to adapt in the face of increasing digitalisation and shape their further development digitally. One solution approach is the Urban Digital Twin (german: Urbaner Digitaler Zwilling UDZ), which makes it possible to bundle, evaluate and further process information. Standards are an important aspect here, as they define the terms, quality requirements and interfaces for the technologies. In order to provide cities with a framework and assistance in developing such a UDZ, the five-year cooperation project "Connected Urban Twins - Urban Data Platforms and Digital Twin for Integrated Urban Development" (CUT) was launched.

So far, there is no collection of standards in the literature that are relevant for the Urban Digital Twin. Therefore, one aim of this work is to create a compilation of standards relevant for the Urban Digital Twin or for the Urban Data Platform (UDP). In addition, a survey will be sent to the German cities of the German Association of Cities to find out which standards for the UDZ or the UDP are already used or at least known. The survey will be sent to a selected e-mail distribution list by the chair of the Geoinformatics Working Group of the German Association of Cities and staff of the Connected Urban Twin funding project. Relevant persons in the administration of German cities can be specifically addressed via this distribution list. Another result of the survey is the presentation of the current state of affairs in dealing with the implementation of a UDZ or a UDP.

The survey revealed that in the area of reference architecture and data platforms, DIN SPEC 91357 is considered most important for the UDZ, and for the Internet of Things (IoT) and sensor data, it is the SensorThings API standard. In the area of standardised information models and data exchange formats, the GML standard was rated as most relevant directly ahead of CityGML. In the standards for spatial visualisations and geodata APIs, WFS and WMS/WMTS were rated as most important by the participants. In the group of metadata catalogues, the two standards are almost equal, the Catalog Service for Web is just ahead of the DCAT standard. When asked about terminologies and guides, ISO 37106 and DIN SPEC 91387 are the most popular. On standards, participants indicated, among other things, that a guide with best practice examples and their transferability to their municipality as well as a recommendation on standards would help them. The data that were rated as most relevant for the UDZ are aerial photographs, street maps, other geodata and semantic 3D city models. The relevance of Open Data in the UDZ was predominantly rated as very high or high.

Finally, the participants exchanged their experiences with the UDZ and the UDP, whereby a uniform picture emerged. Among other things, the participants stated that a lack of resources and know-how were obstacles to implementation. The potential of the UDZ is seen in the possibility of a faster and more efficient implementation of digitalisation and the improvement of citizen services, urban planning and participation processes.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG	II
GENDERVERMERK	III
KURZFASSUNG	IV
ABSTRACT.....	V
INHALTSVERZEICHNIS	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	X
1 EINLEITUNG.....	11
1.1 MOTIVATION UND ZIELSETZUNG	11
1.2 AUFBAU DER ARBEIT	12
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....	13
2.1 URBANER DIGITALER ZWILLING DER STADT – DEFINITION UND BESTANDTEILE.....	13
2.2 DIGITALER ZWILLING DER INDUSTRIE.....	14
2.3 URBANE DATENPLATTFORMEN	14
2.4 STANDARDISIERUNGSORGANISATIONEN.....	15
2.4.1 DIN	15
2.4.2 ISO.....	15
2.4.3 OGC	15
2.4.4 IEEE.....	15
2.4.5 ETSI.....	15
2.4.6 W3C.....	16
2.4.7 OASIS.....	16
2.4.8 Web3D.....	16
2.4.9 IETF.....	16
2.4.10 VDI.....	16
2.4.11 buildingSMART.....	16
2.4.12 oneM2M.....	17
2.4.13 OPC.....	17
2.4.14 Khronos Group	17
2.4.15 Connectivity Standards Alliance	17
2.5 STANDARDS DES URBANEN DIGITALEN ZWILLINGS.....	18
2.5.1 Referenzarchitekturen und Datenplattformen.....	18
2.5.2 Internet of Things und Sensordaten	21
2.5.3 Standardisierte Informationsmodelle und Datenaustauschformate.....	25
2.5.4 Räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs.....	28
2.5.5 Metadatenkataloge	30
2.5.6 Terminologien und Leitfäden	31
3 UMFRAGE: VORGEHEN, AUFBAU UND AUSWERTUNG	34
3.1 METHODISCHES VORGEHEN.....	34
3.2 AUFBAU UND INHALT DER UMFRAGE	34
3.3 DATENERHEBUNG UND AUSWERTUNG	35
3.3.1 Fragen zur Person und Stadt (Frage 1-3).....	35
3.3.2 Allgemeine Fragen zum Urbanen Digitalen Zwilling und zur Urbanen Datenplattform	38
3.3.3 Aktueller Stand in Bezug zum Urbanen Digitalen Zwilling	39
3.3.4 Standards beim UDZ (Frage 18-22).....	47
3.3.5 Datenmanagement beim Urbanen Digitalen Zwilling.....	54

3.3.6	<i>Weitere optionale Fragen und Feedback</i>	56
4	SCHLUSSBETRACHTUNG: FAZIT UND AUSBLICK	59
5	LITERATURVERZEICHNIS	61
	ANLAGEN	67

Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Modelling
bSI	buildingSMART International
CoAP	Constrained Application Protocol
CS/W	Catalogue Service for Web
CSA	Connectivity Standards Alliance
CUT	Connected Urban Twins
DCAT	Data Catalog Vocabulary
DCAT-AP	Data Catalogue Application Profile
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DXF	Drawing Exchange Format
EN	Europäische Norm
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GML	Geography Markup Language
I3S	Indexed 3D Scene Layers
ICT	information and communication technology
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IFC	Industry Foundation Classes
imHLA	integrierten multifunktionalen Humble Lampposts
IoC	Intelligent Operations Center
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
KML	Keyhole Markup Language
M2M	Machine-to-Machine-Communication
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NASA	National Aeronautics and Space Administration
O&M	Observations and Measurements
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OGC	Open Geospatial Consortium
OPC	Open Platform Communication
OPC UA	Open Platform Communication Unified Architecture
VIII	

ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
OUP	Offene Urbane Plattform
OWL	Web Ontology Language
RFD	Resource Description Framework
SCDP	Smart City Digital Platform
SensorML	Sensor Model Language
SOS	Sensor Observation Service
UDP	Urbane Datenplattform
UDZ	Urbaner Digitaler Zwilling
UP	Urbane Plattform
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
W3C	World Wide Web Consortium
Web3D	Web3D Consortium
WFS	Web Feature Service Interface Standard
WLAN	Wireless Local Area Network
WMS	Web Map Service Interface Standard
WMTS	Web Map Tile Service
X3D	Extensible 3D

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umfrageauswertung Frage 1 – Verwaltungsbereich der Teilnehmer (n=39).....	35
Abbildung 2: Umfrageauswertung Frage 2 – Aufgabenbereich der Teilnehmer (n=39).....	36
Abbildung 3: Umfrageauswertung Frage 3 – Anzahl der Städte nach Einwohnerzahlen in Prozent (n=37).....	36
Abbildung 4: Umfrageauswertung Frage 3 – Geographische Darstellung der Umfrageteilnehmer (Verortung über zweistellige Postleitzahlen).....	37
Abbildung 5: Umfrageauswertung Frage 4 und 5 – Definitionen des UDZ und UDP (n=39).....	38
Abbildung 6: Umfrageauswertung Frage 6 – Digitalstrategie: sortiert nach Anzahl der Antworten (n=39).....	40
Abbildung 7: Umfrageauswertung Frage 6 – Digitalstrategie: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße	40
Abbildung 8: Umfrageauswertung Frage 8 – Urbane Datenplattform (n=39).....	41
Abbildung 9: Umfrageauswertung Frage 10 – Urbaner Digitaler Zwilling (n=39).....	41
Abbildung 10: Umfrageauswertung Frage 8 – Urbane Datenplattform: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße	42
Abbildung 11: Umfrageauswertung Frage 10 – Urbaner Digitaler Zwilling: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße.....	42
Abbildung 12: Umfrageauswertung Frage 13 – Fachliche Zuständigkeit (n=34)	44
Abbildung 13: Umfrageauswertung Frage 14 – Betreiber der IT-Infrastruktur (n=37).....	44
Abbildung 14: Umfrageauswertung Frage 15 – Nutzung des UDZ bzw. der UDP (n=179).....	45
Abbildung 15: Umfrageauswertung Frage 16 – Anwendungsfälle des UDZ bzw. der UDP (n=214)...	45
Abbildung 16: Umfrageauswertung Frage 17 – Elemente des UDZ (in Prozent).....	46
Abbildung 17: Umfrageauswertung Frage 18 – Referenzarchitektur und Datenplattformen.....	47
Abbildung 18: Umfrageauswertung Frage 18 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik.....	48
Abbildung 19: Umfrageauswertung Frage 19 – IoT und Sensordaten.....	48
Abbildung 20: Umfrageauswertung Frage 19 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik.....	49
Abbildung 21: Umfrageauswertung Frage 20 - standardisierten Informationsmodellen und Datenaustauschformaten	49
Abbildung 22: Umfrageauswertung Frage 20 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik.....	50
Abbildung 23: Umfrageauswertung Frage 21 – räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs	50
Abbildung 24: Umfrageauswertung Frage 21 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik.....	51
Abbildung 25: Umfrageauswertung Frage 22 – Metadatenkataloge.....	51
Abbildung 26: Umfrageauswertung Frage 22 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik.....	52
Abbildung 27: Umfrageauswertung Frage 23 – Terminologien und Leitfäden (n=73).....	52
Abbildung 28: Umfrageauswertung Frage 23 – Terminologien und Leitfäden (n=19).....	53
Abbildung 29: Umfrageauswertung Frage 25 – Daten des UDZ	54
Abbildung 30: Umfrageauswertung Frage 25 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik (n=19)	54
Abbildung 31: Umfrageauswertung Frage 26 – Relevanz von Open Data (n=28).....	55
Abbildung 32: Umfrageauswertung Frage28 – Zukunft des UDZ (n=40).....	57

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Im Hinblick auf die zunehmende Digitalisierung in allen Bereichen müssen auch Städte und Kommunen in Deutschland ihre Strategien in der städtischen Entwicklung anpassen. Die Stadtentwicklung der Zukunft soll digital gestaltet werden, dies bringt jedoch große Herausforderungen mit sich. Ein zentraler Aspekt, der die Städte bei ihrer digitalen Transformation unterstützen kann, sind Normen und Standards. Diese ermöglichen das Begriffe, Qualitätsanforderungen und Schnittstellen für die Technologien, die für die Digitalisierung notwendig sind, genau definiert und erläutert werden (Deutsches Institut für Normung e. V. 2021).

Eine Technologie, die für die Herausforderungen einer solche Digitalisierung der Städte einen Lösungsansatz bietet, ist der Urbane Digitale Zwilling (UDZ). Mit dem UDZ ist es möglich, digitale Informationen zu bündeln, auszuwerten und weiterzuverarbeiten. Auf den Grundlagen von Simulationen, die mit dem UDZ erstellt wurden und auf gesammelten Daten basieren, ist es möglich zum Beispiel Maßnahmen zur baulichen Veränderung im Stadtbild darzustellen. Diese Simulationen sind beim UDZ für Bürger einsehbar und können dann als Basis für die Bürgerbeteiligung genutzt werden. Der UDZ ermöglicht schnellere und fundiertere Entscheidungen (Schmoll 2020).

Um den Städten bei der Entwicklung eines solchen UDZ einen Rahmen und eine Hilfestellung zu bieten, wurde das fünfjährige Kooperationsprojekt „Connected Urban Twins – Urbane Datenplattformen und Digitaler Zwilling für die Integrierte Stadtentwicklung“ (CUT¹) gestartet. In diesem soll das interdisziplinäre Projektteam aus den drei Partnerstädten Hamburg, München und Leipzig, gemeinsame Standards für die Entwicklung Digitaler Zwillinge für Städte schaffen. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) gefördert. Als Ziel soll ein Baukastensystem für den Einsatz Digitaler Zwillinge in Städten entstehen. Dafür wurde das Projekt in fünf fachliche Teilprojekte untergliedert, Urbane Datenplattform und Digitaler Zwilling, Innovative Anwendungsfälle der Stadtentwicklung, Beteiligung der Stadtgesellschaft, transformative experimentelle Stadtforschung sowie Replikation und Wissenstransfer. Im Rahmen des CUT-Projektes wurde auch diese Bachelorarbeit ausgeschrieben. Sie hat das Ziel, eine Übersicht über aktuell von Städten im Bereich Digitale Zwillinge / Urbane Datenplattformen national wie international eingesetzte Standards zu schaffen (CUT 2022).

In der Literatur gibt es bisher keine Sammlung der für den UDZ relevanten Standards. Daher ist ein weiteres Ziel dieser Arbeit, eine Zusammenstellung der für den Urbanen Digitalen Zwilling bzw. für die Urbane Datenplattform (UDP) relevanten Standards zu schaffen. Diese soll als eine Art Katalog dienen, um einen Überblick über die möglichen Standards zu geben. Dadurch können sich interessierte Städte ein Bild über alle verfügbaren Standards in dem Bereich machen und anschließend gezielt den für ihre Stadt relevanten Standard vertieft recherchieren. Außerdem soll mittels einer Umfrage, welche an Städte des Deutschen Städtetages versendet wird, herausgefunden werden, welche Standards beim UDZ bzw. UDP bereits genutzt werden oder zumindest bekannt sind. Die Umfrage wird durch den Vorsitzenden des Arbeitskreises Geoinformatik (Deutscher Städtetag) und Mitarbeiter im Förderprojekt *Connected Urban Twin* an einen ausgewählten E-Mail-Verteiler versendet. Durch diesen Verteiler können gezielt relevante Personen in der Verwaltung von deutschen Städten angesprochen werden. Ein weiterer Output der Umfrage soll die Darstellung des Ist-Zustands beim Umgang mit der Implementierung eines UDZ oder einer UDP sein.

¹ Website des Projektes: <https://connectedurbantwins.de/>

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in zwei übergeordnete Themengebiete unterteilt. Zuerst wird auf die theoretischen Grundlagen eingegangen, anschließend wird das methodische Vorgehen sowie die Auswertung der Umfrage erläutert, dabei werden die Ergebnisse ausgewertet und eingeordnet. Das Kernstück der Arbeit ist die Umfrage, um diese einordnen zu können werden vorher die Standards eingeführt und der Zusammenhang erläutert.

Bei den theoretischen Grundlagen werden verschiedene Definition des „Urbanen Digitale Zwillings“ und des „Digitalen Zwillings der Industrie“ betrachtet, sowie die „Urbane Datenplattform“ erläutert. Außerdem wird auf die unterschiedlichen Standardisierungsorganisationen eingegangen. Den Hauptteil dieses Abschnitts bilden die Erläuterungen der für den UDZ relevanten Standards; diese sind nach den Bereichen des UDZ gegliedert.

Der zweite Abschnitt befasst sich mit der Umfrage. Hierbei wird auf die Entstehung, die Leitfragen der Umfrage und das methodische Vorgehen eingegangen. Außerdem werden die Ergebnisse der Umfrage präsentiert, ausgewertet und interpretiert.

Im Schluss wird ein Ausblick geben und mögliche nächste Schritte auf Basis der Arbeit betrachtet.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen für das Verständnis von Standards beim Urbanen Digitalen Zwilling definiert. Zu Beginn werden die Begriffe „Digitaler Zwilling der Stadt“, „Digitaler Zwilling der Industrie“ und „Urbane Datenplattform“ erläutert. Anschließend werden die relevanten Standardisierungsorganisationen beschrieben. Auf dieser Basis werden dann die für die Umfrage und den UDZ relevanten Standards in ihrer Funktion und ihrem Anwendungsgebiet erläutert.

2.1 Urbaner digitaler Zwilling der Stadt – Definition und Bestandteile

In der Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen zum Digitalen Zwilling der Stadt, daher wird hier nur eine Übersicht einiger relevanter Definitionen gegeben und es werden insbesondere die Unterschiede hervorgehoben. Diese Sammlung der Definitionen soll eine Orientierung bieten.

Die Unterschiede fangen bereits bei der Bezeichnung des Digitalen Zwillings an. In der Literatur werden die Bezeichnungen „Urbaner Digitaler Zwilling (CUT-Projekt)“, „Digitaler Zwilling (Ketzler et al. 2020)“, „Geobasierter Digitaler Zwilling (Deigele et al. 2020)“ und weitere verwendet.

Eine der zentraleren Definitionen für den Digitalen Zwilling basieren auf den die vom Centre for Digital Built Britain entwickelten Gemini Prinzipien, demnach es vier Dimensionen gibt. In diesen kann ein digitaler Zwilling für verschiedene Verwendungszwecke in der Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft verwendet werden. Außerdem ist dieser nicht räumlich eingeschränkt, d.h. ein digitaler Zwilling kann nur ein Gebäude umfassen oder aber auch eine ganze Stadt oder ein ganzes Land. Des Weiteren ist es möglich einen Digitalen Zwilling sowohl in Echtzeit als auch zeitverzögert sowie statisch oder dynamisch zu betreiben. Zuletzt wird festgelegt, dass ein Digitaler Zwilling verschiedene Modellierungsansätze verfolgen kann (Ketzler et al. 2020).

Nach Batty (2018) wurde der Digitale Zwilling ursprünglich als Spiegelbild eines physischen Prozesses definiert. Dies hat sich mittlerweile aber gelockert, nun ist der Digitale Zwilling vielmehr eine Charakterisierung von Modellen, die parallel zu Echtzeit-Prozessen funktionieren.

Die folgende Definition ist aus einem Zwischenstand der aktuell im Projekt CUT von den Städten München, Leipzig und Hamburg gemeinsam entwickelten Begriffsdefinition entnommen und beschreibt den **Urbanen Digitalen Zwilling**. Diese findet später auch Verwendung in der Umfrage.

„Ein Urbaner Digitaler Zwilling (UDZ) bezeichnet ein Konzept zur Organisation und Nutzbarmachung der vielfältigen Daten über die Stadt, ihrer physischen Bestandteile und logischen Strukturen sowie der beteiligten Akteure und ihrer Prozesse; also alle digitalen Ressourcen (umfassen verschiedenste Arten von Daten, aber auch Funktionalitäten wie Analysen, Simulationen und Visualisierungen) einer Kommune. Dabei spielen technische, organisatorische und rechtliche Aspekte eine Rolle. Ein instanziiertes UDZ (konkret zur Erfüllung einer speziellen Aufgabe erstelltes UDZ) ist eine zweckmäßige Zusammenstellung von digitalen Ressourcen einer Kommune. Dabei werden alle für seinen Zweck erforderlichen Aspekte der realen Welt digital repräsentiert und für Anwendungen und Nutzer zugreifbar, analysierbar und visualisierbar gemacht.“

Aus den verschiedenen Definitionen wird deutlich, dass immer wieder unterschiedliche Schwerpunkte beim Definieren des UDZ gesetzt werden. Daher ist es wichtig, dass baldmöglichst eine allgemeingültige Definition in Form eines Standards veröffentlicht wird,

die als Basis für die Implementierung von UDZ in Deutschland dient. Diese würde die Interoperabilität gewährleisten und eine gemeinsame Kommunikationsgrundlage ermöglichen.

Im Folgenden werden die inhaltliche Themenfelder mit Bezug zur Standardisierung des Urbanen Digitalen Zwillinges immer wieder eine Rolle spielen. Diese werden im Rahmen dieser Arbeit folgendermaßen zusammengefasst: Referenzarchitekturen und Datenplattformen, IoT (Internet of Things) und Sensordaten, standardisierte Informationsmodelle und Datenaustauschformate, räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs, Metadatenkataloge sowie Terminologien und Leitfäden.

2.2 Digitaler Zwilling der Industrie

Das Konzept des Digitalen Zwillinges fand zuerst in der Industrie Anwendung, nachdem es erstmals von Michael Grieves und John Vickers bei der NASA definiert wurde. Insbesondere in der Luft- und Raumfahrt, der Fertigungstechnik sowie der Automobilindustrie wird der Digitale Zwilling verwendet. Er bietet den Vorteil der Simulationsfähigkeit, durch ihn wird es möglich, ein physisches „Asset“ abzubilden und den gesamten Lebenszyklus des Produktes zu simulieren (Papyshev und Yarime 2021).

Bei der Wandlung der Industrie hin zur Industrie 4.0 geht es um die Veränderung zu einer durchgängigen Digitalisierung von Fertigungsprozessen. Dieser Wandel wird durch die Entwicklung von Softwaresystemen für Industrieanlagen und Wissen aus dem IT-Bereich möglich. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei der Digitale Zwilling. Der Digitale Zwilling der Industrie 4.0 beschreibt dabei alle für die Produktion relevanten „Assets“. Solche „Assets“ können herzustellende Produkte, Werkstücke oder Geräte sein. Dadurch ist es möglich Daten, die in der physischen Welt erzeugt wurden, für Experimente in der virtuellen Welt zu nutzen. Die daraus gewonnen Erkenntnisse können dann wieder zurück übertragen werden und zur Verbesserung von Produkten oder Anlagen führen (Schnicke und Kuhn 2020).

Die Vorteile des Digitalen Zwillinges sind also, dass es Unternehmen möglich ist, ein digitales Abbild ihrer Produkte über den gesamten Lebenszyklus zu erstellen und damit z.B. die Gefahr eines Defektes zu minimieren. Dies sorgt dafür, dass neue Produkte schneller marktreif sind und Abläufe verbessert werden. Außerdem ermöglicht der digitale Zwilling einen höheren Grad an Genauigkeit (Parrott und Warshaw 2017).

2.3 Urbane Datenplattformen

Unter dem Begriff „Urbane Datenplattform“ (UDP) werden zentrale Datenplattformen zusammengefasst, die städtische Daten integrieren, jedoch diese nicht speichern. Die Datenplattform dient als System, über das auf die jeweiligen Daten zugegriffen werden kann und somit unterschiedliche Datenquellen zusammengeführt werden können. Bei einer „Offenen Urbanen Plattform“ (OUP) sind explizit nur solche Plattformen gemeint, die auf dem Open-Source-Prinzip basieren. Die OUP verwenden ausschließlich offene Software und Schnittstellen (Deutscher Städtetag 2021).

Die Offene Urbane Plattform (OUP) ist bereits normiert durch das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) in der DIN SPEC 91357. Demnach ist eine OUP ein:

„System, das die Nutzung von städtischen Daten und die intelligente Überwachung und Steuerung von Infrastrukturen und Vermögenswerten in Städten erleichtert und neue und verbesserte Dienste (sowohl für öffentliche als auch für private Zwecke und Organisationen) ermöglicht.“ (DIN SPEC 91357, 2017)

Das Ziel einer Urbanen Datenplattform ist die souveräne Datennutzung. Das bedeutet zum Beispiel, dass innerhalb der Stadtverwaltung die unterschiedlichen Abteilungen sehen können, welche Daten die jeweils anderen erheben (Deutscher Städtetag 2021).

2.4 Standardisierungsorganisationen

Weltweit sind verschiedene Standardisierungsorganisationen aktiv die alle unterschiedliche Normungskriterien haben. Es gibt internationale und nationale Normierungsorganisationen. In Deutschland ist für dem Bereich Normierung für den UDZ insbesondere das Deutsche Institut für Normung (DIN) tätig. Auf internationaler Ebene hat die ISO (International Organization for Standardization) eine zentrale Bedeutung (Lange 2020). Auf ihrer Website hat die DIN eine Übersicht der für den UDZ relevanten Komitees und Organisationen auf internationaler und nationaler Ebene erstellt (Deutsches Institut für Normung e. V. 2022b).

2.4.1 DIN

Das Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) ist ein gemeinnütziger Verein, der sich unter anderem durch Mitgliedsbeiträge und den Verkauf von Normen finanziert. Der DIN e.V. ist die nationale Normierungsorganisation Deutschlands und besteht aus rund 36.000 Experten aus unterschiedlichen Bereichen. Auf dem Weg der Entstehung einer Norm ist es jedem Bürger möglich, einen Normungsantrag zu stellen, dieser wird dann auf Bedarf überprüft. Anschließend wird der Inhalt der Norm in Expertengruppen erarbeitet, wobei immer ein Konsens entstehen muss. Danach wird der Entwurf einer öffentlichen Diskussion zugeführt. Daraus resultierende Kommentare werden in den Entwurf eingearbeitet. Zuletzt wird die Norm veröffentlicht und alle fünf Jahre auf Aktualität überprüft. Im Gegensatz dazu bietet die DIN SPEC eine Abkürzung, um Standards aus der Forschung auf dem Markt zu etablieren. Der genaue Inhalt wird dann in wenigen Monaten in einer Arbeitsgruppe aus mindestens drei Parteien erarbeitet. Anschließend wird die finale Version veröffentlicht und später besteht noch die Möglichkeit einer Erweiterung zu einer DIN-Norm (Deutsches Institut für Normung e. V. 2022a).

2.4.2 ISO

Die Internationale Organisation für Normung ISO (International Organization for Standardization) hat ihren Sitz im Schweizer Genf und erarbeitet weltweit angewandte und gültige internationale Normen. Die Organisation ist ein Zusammenschluss aus nationalen Normungsorganisationen, und entwickelt in technischen Komitees internationale Normen. Die technischen Komitees bestehen aus einer Gruppe von Experten, die von ISO-Mitglieder vorgeschlagen werden und Vertreter aus der Industrie, Nichtregierungsorganisationen, Regierungen und anderen Interessengruppen sein können. Jedes Technische Komitee beschäftigt sich mit einem Themenfeld, wie zum Beispiel Energiemanagement oder Smart Cities (International Organization for Standardization 2020).

2.4.3 OGC

Das Open Geospatial Consortium (OGC) ist ein internationales Konsortium, das offene Geodatenstandards definiert. Das Konsortium besteht aus mehr als 500 Unternehmen, Regierungsbehörden, Forschungseinrichtungen und Universitäten. Das Ziel des OGC ist es, Geodaten und -dienste zugänglich, auffindbar, interoperabel und wiederverwendbar zu gestalten (Open Geospatial Consortium 2022).

2.4.4 IEEE

Das IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ist eine Organisation, die sich für technologische Innovationen einsetzt. Die Mitglieder sind Ingenieure, Wissenschaftler und Fachleute aus den Bereichen Elektro- und Computerwissenschaften. Ein Teil ihrer Arbeit ist die Entwicklung von Standards für die Bereiche Telekommunikation, Informationstechnologien und Energieerzeugung (IEEE Standards Association 2022a).

2.4.5 ETSI

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ist eine gemeinnützige europäische Normungsorganisation, die Normen für die Bereiche Telekommunikation, Rundfunk und weitere elektronische Kommunikationsnetze und -dienste entwickelt. Die Organisation ist eine von Dreien, die von der EU offiziell als Europäische

Normungsorganisation anerkannt sind und dessen entwickelte Normen als Europäische Normen (EN) anerkannt werden (ETSI 2022a).

2.4.6 W3C

Das World Wide Web Consortium (W3C) ist eine internationale Gemeinschaft, die das Ziel hat, das World Wide Web weiter und zu seinem vollen Potential zu entwickeln. Um dieses Ziel zu erreichen, entwickelt das Konsortium Protokolle und Richtlinien, die das Wachstum gewährleisten. Die Gestaltungsprinzipien von W3C sind „ein Web für alle und auf allen“, das bedeutet, dass es jedem möglich sein soll sein Wissen zu teilen oder abzurufen, unabhängig von den Voraussetzungen wie z.B. Hardware oder Software und dass die Informationen auf allen internetfähigen Geräten abrufbar sind. Außerdem ist W3C Teil der Vereinbarung „OpenStand: the modern paradigm for standards“ um die Entwicklung von Standards zu verbessern und offen zu gestalten (W3C 2021).

2.4.7 OASIS

OASIS Open (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) ist ein weltweit agierendes Normungsgremium, das Projekte für Cybersicherheit, Blockchain, IoT, Notfallmanagement, Cloud Computing und rechtlichen Datenaustausch bei der Standardisierung und rechtlichen Anerkennung der Standards unterstützt. Die vier Programme, die OASIS anbietet, sind technische Ausschüsse für die Entwicklung von Spezifikationen, offene Projekte für die Entwicklung von Open-Source-Code und Standards, Stiftung-als-Dienstleistung für die Gründung einer unabhängigen Stiftung und Vertretung der USA durch technische Beratungsgruppen bei der ISO (OASIS 2022).

2.4.8 Web3D

Das Web3D Konsortium ist eine internationale und gemeinnützige Organisation zur Entwicklung von Industriestandards (SDO). Die Organisation ist durch ihre Mitglieder finanziert. Das Konsortium fördert insbesondere den Einsatz von X3D-Standards, die die gemeinsame Nutzung von interaktiven 3D-Grafiken im Internet ermöglichen (Web3D Consortium 2022).

2.4.9 IETF

Die Internet Engineering Task Force (IETF) ist ein offenes Gremium für Internet Standards. Durch die Zusammenarbeit von Netzentwicklern, -betreibern, -anbietern und -forschern soll der reibungslose Betrieb des Internets sichergestellt werden. In der internationalen Gemeinschaft wird die Internet-Architektur stetig weiterentwickelt. Die wichtigsten Grundprinzipien sind dabei der offene Prozess, die technische Kompetenz, der freiwillige Kern, ein grober Konsens und ein laufender Code, sowie das Eigentum am Protokoll (Internet Engineering Task Force (IETF) 2004).

2.4.10 VDI

Der Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) entwickelt die sogenannten VDI-Richtlinienwerke, diese sind richtungsweisende Regelwerke, die für Qualitätsstandards in der Industrie sorgen. Die Richtlinien sind praxisorientiert aufgebaut und werden von Ingenieuren entwickelt. Dabei ist das Ziel einfach umzusetzende technische Prozess- und Problemlösungen anzubieten (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2022).

2.4.11 buildingSMART

buildingSMART ist Teil der übergeordneten Organisation buildingSMART International, und engagiert sich für eine offene digitale Arbeitsweise im Bauwesen. Mit den entwickelten offenen Standards soll die Kooperation aller am Lebenszyklus eines Bauwerks beteiligten Personen effizienter gestaltet werden. Die Unternehmen profitieren von den internationalen Standards für digitalen Datenaustausch, da dadurch Risiken, Kosten und Zeitaufwand minimiert werden können (buildingSMART 2022).

2.4.12 oneM2M

oneM2M ist eine globale Organisation, die das Ziel hat, dass Maschine-zu-Maschine-Kommunikation weltweit möglichst effektiv funktioniert; dafür entwickeln sie technische Spezifikationen. Die Organisation wurde von 7 führenden Organisationen im Bereich „information and communications technology“ (ICT) gegründet; beteiligt ist unter anderem auch das europäische Institut ETSI (ETSI 2022b).

2.4.13 OPC

Die OPC Foundation hat den OPC-Standard (OPC = Open Platform Communications) entwickelt und ist für dessen Weiterentwicklung und Erhaltung zuständig. Der Interoperabilitätsstandard ist plattformunabhängig und ermöglicht sicheren und zuverlässigen Datenaustausch zwischen Geräten von unterschiedlichen Herstellern. Durch eine Reihe von Spezifikationen definiert der Standard einerseits die Schnittstelle zwischen Clients und Servern andererseits die zwischen Servern und Servern. Um der Einführung von dienstorientierten Architekturen in Fertigungssystemen gerecht zu werden, wurde die OPC UA-Spezifikation entwickelt (OPC Foundation 2022b).

2.4.14 Khronos Group

Die Khronos Group ist ein offenes, gemeinnütziges Konsortium, das lizenzfreie Standards für 3D-Grafik, Erstellung und Bereitstellung von 3D-Assets, AR und VR, parallele Programmierung, Bildbeschleunigung und maschinelles Lernen definiert. Das Konsortium betreibt Normierung in den fünf Bereichen 3D-Grafiken, 3D-Assets, Portable XR, Parallel Computation und Safety Critical APIs. Die Mitglieder kommen aus den branchenführenden Unternehmen und haben die Möglichkeit, bei der Entwicklung der Standards mitzuwirken und diese frühzeitig zu testen (Khronos Group 2022).

2.4.15 Connectivity Standards Alliance

Die Connectivity Standards Alliance (CSA) - vormals ZigBee Alliance - entwickelt offene Standards für das Internet of Things, das allen Objekten eine sichere Verbindung und Interaktion ermöglicht. Die drei grundlegenden Themenfelder der CSA sind das Entwickeln, das Zertifizieren und das Fördern. Durch die Zertifizierung erhalten Produkte eine Gütesiegel, das die Einhaltung von Vorschriften validiert. Die Allianz setzt sich dafür ein, Vorteile offener Standards zu fördern und Hindernisse beim Zugang und der Akzeptanz von IoT-Technologien zu verringern (Connectivity Standards Alliance 2022a).

2.5 Standards des Urbanen Digitalen Zwillings

Eine Norm oder ein „De-jure-Standard“ ist ein technisches Regelwerk, das durch ein Normungsinstitut anerkannt wurde und nicht herstellereinspezifisch ist. Bei der DIN wird der Normungsprozess in der DIN 820 definiert (Lange 2020).

Normen müssen im Konsens erarbeitet werden und technisch ausgereift sein und veröffentlicht werden (Hartlieb et al. 2016). Wichtige Grundsätze bei der Normungsarbeit sind Freiwilligkeit, Öffentlichkeit, Konsens und Einheitlichkeit.

Industriestandards oder De-facto-Standards wurden im Gegensatz dazu nicht durch Normengremien verabschiedet, sondern haben sich am Markt so etabliert, dass sie diesen dominieren. Beispiel für solche herstellereinspezifischen Standards sind Datenformate von Microsoft Office oder das Drawing Exchange Format (DXF) von Autodesk (Lange 2020).

Der Nutzen von Normen ist, dass sie Produktkonformität und Qualität sicherstellen (Hartlieb et al. 2016). Im Folgenden werden die Standards in Gruppen der Bestandteile des UDZ zusammengefasst und genauer erläutert. Dabei wird auf die genauen Funktionen, Einsatzbereiche und die Relevanz der Standards eingegangen.

2.5.1 Referenzarchitekturen und Datenplattformen

Eine Referenzarchitektur bietet einen herstellereinspezifischen Rahmen oder Ansatz, auf dessen Grundlage ein eigener Digitaler Zwilling oder eine Datenplattform aufgebaut werden kann. Es wird besonderer Wert auf Interoperabilität und Verbesserung der Implementierung gelegt. Eine Datenplattform bietet die Möglichkeit, Daten zu verwalten. Im Bereich Referenzarchitekturen und Datenplattformen gibt es sechs relevante Standards, die sich mit dem Aufbau eines solchen Systems beschäftigen. Diese sind die DIN SPEC 91357, die ISO/IEC DIS 24039, die FIWARE NGSI-LD, die ISO/TR 37152, die CSA ISO/IEC 30145-3 und die IEEE P2850. Im Folgenden werden diese Standards, in Bezug auf Zielgruppe, Inhalt, Anwendungsbereich und Verwendungszweck genauer beschrieben.

DIN SPEC 91357²

Die DIN SPEC 91357 ist eine vom DIN e.V. veröffentlichte Norm, die das Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP) definiert. Als Zielgruppen werden Entscheidungsträger, Planer, Hersteller und Betreiber genannt. In der Norm werden unter anderem Begriffe und Definitionen aufgelistet, um einen einheitlichen Sprachgebrauch herzustellen. Außerdem werden, um Daten auf die Plattform hoch- und herunterladen zu können, offene Schnittstellen (APIs) definiert. Um offene Daten überhaupt nutzen zu können, klärt diese DIN SPEC die Lizenzierungsmodelle ab. Die Norm bietet zudem einen Überblick über relevante Normen und Standards im Bereich Offene Urbane Plattformen. Das System der Urbanen Plattform dient der Nutzermachung und dem Austausch städtischer Daten. Mit der Urbanen Plattform UP ist eine intelligente Steuerung, Überwachung und Kombination von Daten aus Komponenten, wie z.B. IoT-Systemen, Infrastrukturanlagen und Gebäuden möglich. Die Offene Urbane Plattform baut auf der Urbanen Plattform auf, hat aber die Einschränkung, dass nur offene Standards und Schnittstellen verwendet werden dürfen, um die Plattform möglichst kompatibel zu gestalten (DIN SPEC 91357, 2017).

ISO/IEC DIS 24039:2021-08-Entwurf³

Die ISO/IEC DIS 24039:2021-08-Entwurf mit dem Titel „Information Technology – Smart city digital platform reference architecture – Data and service“ wurde von der ISO veröffentlicht. In diesem Standard wird die Architektur einer digitalen Plattform für intelligente Städte eine sogenannte Smart City Digital Platform (SCDP) beschrieben. Der Fokus bei einer SCDP liegt auf dem Zugang zu Daten und Diensten für die Anwendungen von Smart Cities. In dem

² <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91357/281077528>

³ <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/iso-iec-dis-24039/345140167>

Dokument werden die grundlegenden Anforderungen an die Daten und die Plattform beschrieben. Diese sind in die Themenfelder Grundsätze der Gestaltung, Referenzarchitektur, technische Unterstützung, Ressourcenmanagement sowie das Interface einer Smart City Digital Platform (SCDP) gegliedert. Dabei werden unter anderem die Bedingungen aufgelistet, die bei der Datensammlung, -verarbeitung, und -speicherung erfüllt werden sollten. Ebenso werden die Grundlagen bei der Datenverwaltung, der Entkopplung von Diensten, dem Domänenmodell, der Offenlegung von Fähigkeiten und der Schnittstelle zur Sammlung und Lieferung festgelegt (ISO/IEC DIS 24039, 2021).

ISO/TR 37152:2016-08⁴

Die ISO/TR 37152:2016-08 mit dem Titel „Smart community infrastructures — Common framework for development and operation“ wurde von der ISO veröffentlicht. Die Norm soll ein Rahmenwerk für die Entwicklung und den Betrieb von Smart Citys darstellen. Das Ziel dieses Standards ist die Harmonisierung aller Prozesse im Lebenszyklus einer Smart-Community-Infrastruktur und umfasst dabei unter anderem die Infrastrukturen Energie, Wasser, Verkehr, Abfallwirtschaft; dies soll auch die Interaktion zwischen den Infrastrukturen verbessern. Als Zielgruppe werden alle Akteure genannt, die im Lebenszyklus mitwirken. In der Norm werden mögliche Probleme und Lösungen bei der Entwicklung und dem Betrieb intelligenter kommunaler Infrastrukturen als Fallbeispiele aufgeführt. Die betrachteten Fallbeispiele sind Probleme, die aufgrund des „Systems der Systeme“, des langen Lebenszyklus und der Beteiligung verschiedener Interessengruppen auftreten (ISO/TR 37152, 2016).

CSA ISO/IEC 30145-3:2021-03-01⁵

Die CSA ISO/IEC 30145-3:2021-03-01 „Information technology — Smart City ICT reference framework — Part 3: Smart city engineering framework“ ist der dritte Teil der Norm, die dem Chief Information Officer (CIO) und anderen Planern einer Stadt bei der Implementierung einer Smart City unterstützen soll. Dieser Technische Rahmen umfasst das Betriebs- und Wartungssystem, Identifizierungssystem, Positionierungssystem, Datenerfassungssystem, Rechen- und Speichersystem, Netzwerk-Kommunikationssystem sowie das Unterstützungssystem für Daten und Dienste. Besonders ausführlich werden die Anforderungen an die Ausstattung für die sensorische und menschliche Datenerfassung beschrieben. Damit wird den Stakeholdern aufgezeigt, welche grundlegenden Anforderungen ihr System erfüllen sollte, um eine einwandfreie Funktion zu ermöglichen (ISO/IEC 30145-3, 2020).

IEEE P2850⁶

Der IEEE P2850 ist ein von der IEEE Standards Association veröffentlichter Standard, der einen Rahmen für die Architektur eines Betriebssystems einer Smart City erläutert. In dem Standard wird die Architektur dieses Betriebssystems als eine Zusammensetzung aus einer einheitlichen Vernetzungsschicht, einer Datenverwaltungsschicht und einem Gateway-Modul zur Gewährleistung des Datenschutzes beschrieben. Das Ziel der IEEE P2850 ist es, eine institutionenübergreifende Modellierung, eine offene KI-Algorithmus-Schicht, ein Kontoverwaltungssystem sowie ein spezielles Datenverwaltungssystem zu ermöglichen. Dadurch soll eine interoperable, städtische Infrastruktur geschaffen werden. Außerdem wird in der Norm ein Prozess definiert, mit dem Daten unabhängig von ihrer Quelle erfasst und analysiert werden können (IEEE P2850, 2019).

ETSI GS CIM 009 – NGS-LD API⁷

ETSI hat in Zusammenarbeit mit FIWARE zwei Standards entwickelt, die essenziell für den UDZ sind. Zum einen ist das die NGS-API, um Zugriff auf die Daten des UDZs zu erhalten,

⁴ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/iso-tr-37152/258459848>

⁵ <https://www.iso.org/standard/76371.html>

⁶ <https://standards.ieee.org/ieee/2850/7723/>

⁷ https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/009/01.01.01_60/gs_cim009v010101p.pdf

zum anderen das NGSI Informationsmodell, um die Attribute und Semantik im Zusammenhang mit dem UDZ zu beschreiben. FIWARE bietet auf Basis der ETSI GS CIM 006 und 009 Standards eines Smart-City-Gesamtkonzepts an, mit dem Städte ihren Digitalen Zwilling realisieren können. Basierend auf der NGSI-LD Spezifikation bietet das FIWARE Ökosystem⁸ noch weitere Open Source Komponenten an, um die Infrastruktur des Digitalen Zwillings zu implementieren (Bauer et al. 2021).

Der „ETSI GS CIM 009 – NGSI-LD API“ Standard beschreibt die Spezifikation der Context Information Management API (NGSI-LD), welche es dem Nutzer ermöglicht, mehreren Akteuren Informationen in verschiedenen Situationen und aus verschiedenen Quellen bereitzustellen, zu nutzen und zu abonnieren (ETSI GS CIM 009, 2019).

⁸ <https://marketplace.fiware.org/pages/platforms>

2.5.2 Internet of Things und Sensordaten

Das Internet of Things (IoT) verbindet technische Geräte wie z.B. Sensoren über ein Netzwerk wie z.B. das Internet; damit können gesammelte Daten einfach und schnell über das Internet weitergegeben werden. Um diese Verbindung herzustellen und den Austausch zu ermöglichen, sind einige Standards notwendig, die den Rahmen festlegen (Roman 2013).

Im Folgenden werden die wichtigsten Standards kurz beschrieben. Für eine funktionierende Arbeit mit Sensoren und Sensordaten ist oft nicht nur ein einziger Standard entscheidend, sondern vielmehr eine sinnvolle Kombination aus verschiedenen Standards, da diese jeweils unterschiedliche Schnittstellen und Teilgebiete abdecken.

Constrained Application Protocol (CoAP)⁹

Das Constrained Application Protocol (CoAP) ist ein von der Internet Engineering Task Force (IETF) veröffentlichter Standard. Dieser Standard wurde speziell für die sog. Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) im Internet of Things (IoT) entwickelt. Das Einsatzgebiet ist der Datenaustausch zwischen Geräten mit geringer Leistungsfähigkeit. Das CoAP basiert auf der REST-Architektur (Representational State Transfer) und ermöglicht für die Integration ins Web eine Schnittstelle zu HTTP. Das Protokoll ermöglicht den eins zu eins Austausch. In diesem Standard werden wichtige Begriffe definiert und die technische Funktionsweise erläutert (CoAP, 2014).

OPC Unified Architecture (UA)

Die OPC Unified Architecture (UA) ist ein von der OPC Foundation entwickelter offener Kommunikationsstandard. Der OPC UA Standard basiert auf der OPC Classic und wurde um einige Funktionen wie z.B. Plattformunabhängigkeit, sichere Kommunikation, Erweiterbarkeit und umfassende Informationsmodellierung erweitert. Der Standard ermöglicht den sicheren Informationsaustausch unter anderem von Geräten innerhalb von Maschinen und zwischen Maschinen. Außerdem ist mit jeder Software Plattform verwendbar (OPC Foundation 2022a).

Mittlerweile wurde die OPC UA auf insgesamt 14 Teilspezifikationen erweitert, die jeweils verschiedene Teilbereiche umfassen und in der Normenreihe IEC 62541 beschrieben werden. Der DIN e.V. hat zu dem Standard die Norm DIN CLC/TR 62541-1 / DIN SPEC 43541-1 „Teil 1: Übersicht und Konzept“ verfasst, in der wichtige Begriffe, Abkürzungen, Entwurfsziele, Anwendungsfälle sowie der Aufbau der OPC UA und der Aufbau der Normenreihe IEC 62541 erläutert werden (DIN CLC/TR 62541-1, 2011).

DIN SPEC 91347¹⁰

Die DIN SPEC 91347 ist eine vom DIN e.V. veröffentlichte Norm, welche die integrierten multifunktionalen Humble Lampposts (imHLA) als Zusammensetzung aus einzelnen Funktionsbausteinen beschreibt. Funktionsbausteine sind einzelne technische Einheiten wie zum Beispiel Umweltsensoren, Kommunikationsmodule oder Leuchten-Controller. Der Standards soll unter anderem die Vergleichbarkeit zwischen bereits bestehenden Lichtmasten herstellen und die Integration der Funktionsbausteine definieren. Dabei bezieht sie sich auf die kommunal verwaltete Straßenbeleuchtung im öffentlichen Raum, dies kann aber auch auf private Anwendungen übertragen werden. In der DIN wird ein Begriffskatalog zur sprachlichen Vereinheitlichung, mögliche Anwendungsbereiche der Norm sowie verschiedene Use Cases, Nutzungskonzepte und die logische Architektur von imHLA definiert (DIN SPEC 91347, 2018).

⁹ <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>

¹⁰ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91347/286057133>

IEEE P1951.1 ¹¹

Der IEEE P1951.1 „Standard for Smart City Component Systems Discovery and Semantic Exchange of Objectives“ ist ein von der IEEE Standards Association veröffentlichter Standard. Der Standard dient dazu einen Prozess zu definieren, der die eingesetzten Smart-City-Komponenten erkennt und einen Klassifizierungsmechanismus vorschlägt, mit dem die Komponenten im System auf Basis der Daten eingeteilt werden können. Beispiele für solche Komponentensysteme sind das IoT-System, das E-Government-System, das Geo-spatial-System und das Kollaborationssystem. Außerdem beschreibt diese Norm ein gemeinsames Identitätsschema für Entitäten sowie die Rollen der städtischen Kommandozentrale (IEEE P1951.1, 2020).

Sensor Observation Service SOS ¹²

Der Sensor Observation Service (SOS) ist ebenfalls ein vom OGC entwickelter offener Standard. Dieser Standard ermöglicht es über eine Webdienst-Schnittstelle die Echtzeit-Abfrage von Sensordaten sowie das Hinzufügen und Entfernung von Sensoren. Zudem können Beobachtungen und Sensor-Metadaten abgefragt werden und beobachtete Merkmale dargestellt werden. Der Standard ist bei solchen Sensordaten anwendbar, die auf interoperable Weise verwaltet werden müssen. In dem Implementierungsstandard werden die dafür notwendigen Operationen definiert. (OGC SOS, 2012).

Sensor Model Language (SensorML) ¹³

Die Sensor Model Language (SensorML) ist ein vom OGC entwickelter offener Standard, dessen Hauptziel es ist, die im Anschluss an eine Messung entstehenden Prozesse und Bestandteile der Verarbeitung zu definieren. In dem Standard werden Modelle und XML-Kodierungen spezifiziert, die den Kern von SensorML darstellen. Die relevantesten Anwendungszwecke von SensorML sind unter anderem die Bereitstellung von Beschreibungen von Sensoren und Sensorsystemen für die Bestandsverwaltung, von Sensor- und Prozessinformationen zur Unterstützung von Ressourcen und Beobachtungen, von Leistungsmerkmalen sowie einer ausführbaren Prozesskette für die Ableitung neuer Datenprodukte bei Bedarf. Außerdem kann der Standard für die Unterstützung bei der Verarbeitung und Analyse von Sensorbeobachtungen sowie bei der Geolokalisierung von Beobachtungswerten (Messdaten) verwendet werden (OGC SensorML, 2007).

Observations and Measurements O&M ¹⁴

Der offene Observations and Measurements (O&M, Beobachtungen und Messungen) Standard wurde vom OGC entwickelt und auch als ISO/DIS 19156 veröffentlicht. In diesem Standard wird die XML-Implementierung des konzeptionellen Modells definiert, mit der die Stichprobenmerkmale von Beobachtungen beschrieben werden können. Dies ermöglicht den Austausch von Informationen und Merkmalen, die bei Beobachtungen entstanden sind. Außerdem ist dieser Voraussetzung für den OGC Sensor Observation Service (SOS) Interface Standard, da bei diesem mittels des O&M Datenmodells und -formats kodiert wird (OGC O&M, 2011).

SensorThings API ¹⁵

Die SensorThings API ist ein von dem Open Geospatial Consortium (OGC) für ressourcenbeschränkte IoT-Geräte entwickelter, offener und plattformunabhängiger Standard. Dieser Standard ermöglicht den verschiedenen IoT-Systemen Daten, die ausgetauscht wurden, zu interpretieren und zu verwenden. SensorThings API wurde speziell für Web-Entwickler entworfen und basiert auf dem REST-Prinzip. Durch die Kodierung der Daten mit JSON sind komplexe Abfragen möglich und die Schnittstelle zu MQTT ermöglicht

¹¹ <https://standards.ieee.org/ieee/1951.1/10177/>

¹² <https://www.ogc.org/standards/sos>

¹³ <https://www.ogc.org/standards/sensorml>

¹⁴ <https://www.ogc.org/standards/om>

¹⁵ <https://www.ogc.org/standards/sensorthings>

das Abonnieren von Sensordaten. Die zwei Hauptfunktionen werden vom Sensing-Teil und dem Tasking-Teil gehandhabt. Der erste Teil bietet eine Standardmethode zum Verwalten und Abrufen von Beobachtungen und Metadaten aus heterogenen IoT-Sensorsystemen an, ähnlich dem SOS-Standard. Der zweite Teil wird in einem separaten Dokument beschrieben und soll künftig als Arbeitsaktivität fungieren. (OGC SensorThings API, 2021).

MQTT¹⁶

Der MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ist ein von OASIS entwickelter Nachrichtenprotokoll, das verschiedenen IoT-Systeme den Informationsaustausch ermöglicht. Das offene Protokoll, das auf einem Publish/Subscribe-System basiert, ist auf leichte Implementierung ausgelegt. Als Einsatzgebiete sind besonders eingeschränkte Umgebungen mit knapper Netzwerkbandbreite angedacht. Der Standard ermöglicht die Kommunikation zwischen Maschine und Maschine (M2M) und insbesondere IoT-Geräten. Der MQTT unterscheidet drei Dienstqualitäten bei der Nachrichtenübermittlung. Es gibt den Modus „At most once“, für Umgebungssensoren, bei denen einzelne Messwerte nicht ins Gewicht fallen, da es zu Verlusten kommen kann. Beim Modus „At least once“ können Duplikate eintreffen und bei „Exactly once“ wird die Nachricht genau einmal zugestellt. Mit dem MQTT-Protokoll ist es also möglich, Sensordaten zu abonnieren und zu veröffentlichen. Der Standard wird in einer Vielzahl von Branchen eingesetzt und kann Millionen IoT-Geräte miteinander verbinden (MQTT 5.0, 2019).

oneM2M¹⁷

oneM2M ist ein globaler Standard, der von der gleichnamigen Organisation entwickelt wurde. Das Ziel des Standards ist es, die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) weltweit möglichst effizient zu gestalten. Dazu wurde der Standard so gestaltet, dass es jeder IoT-Anwendung möglich ist, jedes IoT-Gerät zu erkennen und damit zu interagieren. Als Einsatzgebiet ist die Verwendung in intelligenten Gebäuden, intelligenten Städten und intelligenten Fabriken sowie in unterschiedlichsten Branchen möglich (oneM2M 2022).

IEEE-2413¹⁸

Der IEEE 2413 – „Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)“ ist ein von der IEEE Standards Association veröffentlichter Standard, der eine Rahmenarchitektur für das Internet of Things (IoT) definiert. In diesem Standard werden grundlegende Vorgehensweisen und Begriffe beschrieben, sowie eine Sammlung von Architekturstandpunkten veröffentlicht. Der Standard richtet sich an IoT-Systembeteiligte aus verschiedenen Bereichen, wie z.B. Verkehr und Gesundheitswesen (IEEE 2413, 2019).

IEEE P2413.1¹⁹

Der IEEE P2413.1 – „Standard for a Reference Architecture for Smart City (RASC)“ ist ein von der IEEE Standards Association veröffentlichter Standard, der eine Referenzarchitektur für den Aufbau einer Smart City definiert. Der Standard basiert auf dem obigen IEEE 2413 Standard. Die Referenzarchitektur bestehend aus einem Smart City Intelligent Operations Center (IoC), IoT-Geräten, sowie verschiedenen vertikalen IoT-Anwendungen, die in der Norm erläutert werden. Außerdem wird in dem Standard die Architektur einer Smart City in vier Schichten unterteilt: der Geräteschicht, der Kommunikationsnetzwerkschicht, der IoT-Plattformschicht und der Anwendungsschicht. Als Zielgruppe werden Behörden, Unternehmen und Verbraucher genannt. Insbesondere für die Zusammenarbeit zwischen Behörden und Anwendern soll das in dem Standard definierte IoC eine Grundlage für Entscheidungsfindung auf Basis von Big Data ermöglichen (IEEE 2413.1, 2018).

¹⁶ <https://mqtt.org/mqtt-specification/>

¹⁷ <https://www.onem2m.org/>

¹⁸ <https://standards.ieee.org/ieee/2413/6226/>

¹⁹ <https://standards.ieee.org/ieee/2413.1/7331/>

ZigBee²⁰

Der ZigBee Standard wurde von der Connectivity Standards Alliance entwickelt, und beschreibt ein Heimvernetzungs-Funkprotokoll. Der Standard ermöglicht es Nutzern, ohne hohen Aufwand oder Technikverständnis Geräte drahtlos zu verbinden und zu steuern. Anwendungsgebiete für ZigBee sind smarte Gebäude, Smart-Home-Lösungen, Embedded-Geräte und IoT-Geräte. Besonders vorteilhaft ist der minimale Energieverbrauch und die Möglichkeit, geringe Datenmengen zu übertragen (Connectivity Standards Alliance 2022b).

²⁰ <https://csa-iot.org/developer-resource/specifications-download-request/>

2.5.3 Standardisierte Informationsmodelle und Datenaustauschformate

Die sogenannten standardisierten Informationsmodelle und Datenaustauschformate sind entscheidend bei der Arbeit mit Daten und Modellen. Sie ermöglichen den herstellerunabhängigen Austausch von Informationen. Es gibt für verschiedene Verwendungszwecke unterschiedliche Modelle und dementsprechend auch verschiedene Standards. Je nach Einsatzgebiet sind also bestimmte Standards von Nutzen. Für die Darstellung von 3D-Stadtmodellen gibt es zum Beispiel den Standard CityGML und für den Austausch von Informationsmodellen im Bauwesen den IFC Standard. Im Folgenden werden die wichtigsten Standards in diesem Bereich kurz beschrieben.

CityGML²¹

Der CityGML Standard wurde von dem Open Geospatial Consortium (OGC) entwickelt und stellt eine wichtige Grundlage für Darstellung, Speicherung und Austausch von digitalen 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen dar. CityGML ist ein Anwendungsschema der Geography Markup Language GML, die komplexe und georeferenzierte 3D-Vektordaten darstellen kann. Der Standard kann in verschiedenen Anwendungsbereichen von Smart Cities und digitalen Zwillingen genutzt werden, wie z.B. für Stadt- und Landschaftsplanung, Architekturdesign, Tourismus- und Freizeitaktivitäten, 3D-Kataster, Umweltsimulationen, Katastrophenmanagement sowie Fahrzeug- und Fußgängernavigation. Zu den Merkmalen von CityGML gehört die Unterteilung aller Objekte in fünf genau definierte aufeinanderfolgende Detailstufen (Levels of Detail, LOD), anhand ihrer Semantik, 3D-Geometrie, 3D-Topologie, Aussehen und zeitlichen Veränderung. In der aktuellen Version CityGML 3.0 wird nicht wie bei den vorherigen ein GML-Austauschformat standardisiert, sondern ein Informationsmodell. Dadurch wird es möglich verschiedene Technologien wie z.B. GML zu implementieren (OGC CityGML 3.0, 2021).

Industry Foundation Classes IFC (ISO 16739-1:2018)²²

Der Standard Industry Foundation Classes IFC ist ein offener Standard, der von buildingSMART entwickelt wurde und auch ISO-zertifiziert ist (ISO 16739-1:2018). Die Norm ermöglicht eine herstellerneutrale Beschreibung und den Austausch von Informationsmodellen oder Gebäudemodellen. Der Standard ist ein wichtiger Bestandteil im Building Information Modelling und in der Bau- und Facility-Management-Branche. In der IFC wird ein Datenschema, Begriffe, Konzepte, Datenspezifizierungselemente sowie eine Struktur für das Dateiformat zu Datenaustausch definiert. Das Datenschemata kann als EXPRESS-Schema-Spezifikation oder als XML-Schema-Spezifikation dargestellt werden. (IFC 4.1, 2018).

DIN SPEC 91367²³

Die DIN SPEC 91367 „Urbane Mobilitätsdatensammlung für Echtzeitapplikationen“ ist eine vom DIN e.V. veröffentlichte Norm, die eine Leitlinie für den Umgang mit Mobilitätsdatensammlern für Echtzeitapplikationen gibt. Als Zielgruppe werden Mobilitätsanbieter, Mobilitätsdienstleister, gewerbliche Verkehrsbetriebe, Verkehrsunternehmen, Kommunen und der ÖPNV genannt. Die Norm deckt die Bereiche Verkehrsmanagementsysteme, öffentlicher Verkehr, Logistik, Infrastruktur, Floating Car Data und andere Mobilitätsmanagement-Systeme dieser Art ab und beschreibt die Handhabung von Datenmodellen, Datenzugriffen und Datenschnittstellen für diese Bereiche. In der DIN SPEC werden Begriffe und Grundlagen erläutert, verschiedene Anwendungsfälle für die unterschiedlichen Bereiche beschrieben sowie die Organisation, Rollen und Verantwortungen aufgezeigt (DIN SPEC 91367, 2019).

²¹ <https://www.ogc.org/standards/citygml>

²² <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>

²³ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91367/303381685>

LAS (ASPRS) ²⁴

Die LAS Spezifikation wurde von der American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS) entwickelt und unter anderem vom OGC veröffentlicht. LAS stellt ein offenes Datenformat bereit, mit dem es LIDAR-Hardware- und Software-Tools ermöglicht wird, Daten in einem gemeinsamen Format auszugeben. Dabei werden die X-, Y- und Z-Punktdaten erzeugt, indem die GPS-, IMU- und Laserimpuls-Entfernungsdaten kombiniert werden. Die LAS-Datei sind dazu gedacht, LIDAR- (oder andere) Punktwolken-Datensätze zu enthalten (LAS 1.4, 2018).

Geography Markup Language GML ²⁵

Die Geography Markup Language GML ist eine von der OGC veröffentlichte XML-Grammatik zur Darstellung geografischer Objekte (sogenannte „Features“). In der Norm wird die Modellierungssprache für geografische Objekte festgelegt; gleichzeitig dient sie auch als offenes Austauschformat für Geodaten im Internet. Anwendungsspezifische Datenmodelle, sogenannte Anwendungsschemata (z.B. CityGML siehe oben), werden mit Hilfe der Grammatik beschrieben (GML 3.3.0, 2012).

IEEE P2872 ²⁶

Der IEEE P2872 „Standard for Interoperable and Secure Wireless Local Area Network (WLAN) Infrastructure and Architecture“ wurde von der IEEE Standards Association veröffentlicht und beschreibt die Architektur für eine interoperable und sichere öffentliche WLAN-Netzinfrastruktur (IEEE Standards Association 2022b).

Linked Data (JSON-LD ²⁷, RDF)

Als Linked Data wird die Sammlung und Speicherung miteinander verknüpfter Datensätze bezeichnet. Die Umgebung, in der man Daten abfragen kann, wird durch verschiedene Semantic-Web-Technologien (RDF, OWL, SKOS, SPARQL usw.) ermöglicht. Um Informationen über Ressourcen im Internet darzustellen das Resource Description Framework (RDF), ein auf Graphen basierendes Datenmodell, entwickelt worden. Eine spezielle Syntax, die auf der Grammatik des RDF basiert, ist unter anderem das JSON-LD; mit diesem besteht die Möglichkeit, Generalized RDF Datasets zu serialisieren (W3C 2014).

Semantic Web (OWL ²⁸, RDF)

Das Semantic Web ist das Ziel des W3C und meint ein Web der verknüpften Daten, mit dem es möglich ist, Datenspeicher im Web zu erstellen, Vokabulare aufzubauen und Regeln für die Datenverarbeitung zu schreiben. Dies funktioniert unter anderem durch Technologien wie OWL und RDF. Im Semantic Web werden „Begriffe“ (terms, Konzepte und Beziehungen) durch Vokabular klassifiziert; das Vokabular kann komplex oder einfach sein und stellt den Grundbaustein des Semantic Webs dar (W3C 2015).

Die OWL (Web Ontology Language) ist eine Sprache, die eine maschinelle Interpretierbarkeit von Web-Inhalten durch zusätzliches Vokabular und formale Semantik ermöglicht. Ein OWL-Dokument ist eine sogenannte Ontologie, die veröffentlicht werden kann und auf solche verweisen oder referenzieren kann. Die aktuelle Version ist OWL2 (W3C 2013).

ETSI GS CIM 006 – Information Model ²⁹

Der „ETSI GS CIM 006 – Information Model“ Standard beschreibt die Attribute und Semantik im Zusammenhang mit einem Informationsmodell. In diesem Standard werden die Eigenschaftsgraphen auf Basis von RDF/RDFS/OWL mit leeren Knoten vergegenständlicht,

²⁴ <https://www.ogc.org/standards/LAS>

²⁵ <https://www.ogc.org/standards/gml>

²⁶ <https://standards.ieee.org/ieee/2872/10175/>

²⁷ <https://www.w3.org/TR/json-ld11/>

²⁸ <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

²⁹ https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/006/01.01.01_60/gs_CIM006v010101p.pdf

die auf eine JSON-LD-Serialisierung abzielen. Außerdem werden einige zentrale domänenübergreifende Ontologie-Klassen definiert. Dieses Informationsmodell soll die Grundlage für Datendarstellung in diversen Anwendungen darstellen. Es ist kompatibel mit der NGSI-LD-API (ETSI GS CIM 006, 2019).

2.5.4 Räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs

Im Bereich räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs ist die Verwendung von Standards entscheidend. Sie ermöglichen die herstellerunabhängige Darstellung und Verwendung von 2D- und 3D-Daten. Im Folgenden werden die wichtigsten Standards in diesem Bereich kurz beschrieben.

KML³⁰

Der Standard KML (Keyhole Markup Language) ist eine XML-Sprache, die von Google beim Open Geospatial Consortium (OGC) eingereicht wurde, um zum OGC-Implementierungsstandard weiterentwickelt zu werden. Die Sprache beschreibt geografische Visualisierungen mit der Fähigkeit grafische Daten darzustellen und der Möglichkeit zu navigieren. Außerdem ermöglicht der Standard das Beschriften von Karten und Bildern. Mögliche Anwendungsfelder für KML sind zum Beispiel das Kennzeichnen von Orten auf der Erdoberfläche, das Definieren von Bild-Overlays und eindeutigen Ansichten sowie das Festlegen von Position und die Ausrichtung von texturierten 3D-Objekten (OGC KML 2.3, 2015).

3D Tiles³¹

Der Standard 3D Tiles ist ein vom OGC veröffentlichter Standard, der für renderbare Inhalte eine hierarchische Datenstruktur sowie die Definition von Kachelformaten enthält. Die Anwendungsfelder für 3D Tiles sind das Streaming und Rendering von umfangreichen 3D-Geoinhalten wie Photogrammetrie, 3D-Gebäude, BIM/CAD, Instanced Features und Punktwolken. Es werden jedoch keine expliziten Regeln für die Visualisierung der Inhalte vorgegeben. In dem Standard werden das Batched 3D Model, das Instanziierte 3D-Modell und die Punktwolke als Kachelformate definiert (3D Tiles, 2018).

Indexed 3D Scene Layers (I3S)³²

Der Standard „Indexed 3D Scene Layers (I3S)“ ist ein vom OGC veröffentlichter Standard, der für das Streamen von großen 3D-Datensätzen ausgelegt ist. Ein einzelner I3S-Datensatz wird als Scene Layer bezeichnet. Darin kann eine beliebig große Menge heterogen verteilter geografischer 3D-Daten gespeichert werden. Über die Scene Layer ist der Zugang zu den Daten und deren Visualisierung möglich. Dieser ist eine Kombination aus Layertyp und Profil. Im Layertyp wird die Art der gespeicherten Geodaten beschrieben und das Layerprofil enthält I3S-Implementierungsspezifische Details. In dem Standard werden die Layertypen 3D Objects (3D-Objekte), Integrated Meshes (Integrierte Netze), Point Features (Punktmerkmale) und Point Clouds (Punktwolken) spezifiziert (OGC I3S, 2020).

X3D³³ - ISO 19775-1

Der Standard X3D (Extensible 3D) wurde von dem Web3D-Konsortium entwickelt und durch die International Standards Organization (ISO) zertifiziert. Der Standard besteht aus netzwerkfähigen 3D-Grafiken und zeitbasierten, interaktiven 3D-Multimedia-Informationen, die ein Softwaresystem bilden. In der zugehörigen ISO werden die Architektur und die einzelnen Komponenten, wie z.B. Netzwerk, Rendering, und Layout, genau beschrieben (Web3D 2013). Mit einer X3D-Anwendung ist es z.B. möglich, ein Welt-Koordinatensystem für alle Objekte festzulegen, Hyperlinks anzugeben oder Verhalten von Objekten zu definieren (Web3D 2013).

glTF³⁴

Der Standard glTF wurde von der Khronos-Group entwickelt und ist ein offenes 3D-Asset-Übertragungs-Format, das die interoperable Nutzung von 3D-Daten ermöglicht. Dieser

³⁰ <https://www.ogc.org/standards/kml>

³¹ <https://www.ogc.org/standards/3DTiles>

³² <https://www.ogc.org/standards/i3s>

³³ <https://www.web3d.org/standards/number/19775-1>

³⁴ <https://www.khronos.org/registry/glTF/>

Standard eignet sich für Anwendungen, bei denen eine schnelle Übertragung und ein schnelles Laden von 3D-Inhalten notwendig ist, da gITF die Größe und Laufzeitverarbeitung minimiert. Die Hauptziele von gITF sind eine kompakte Dateigröße, Laufzeitunabhängigkeit, Erweiterbarkeit und die Vollständige 3D-Szenendarstellung (The Khronos® 3D Formats Working Group 2021).

3D Portrayal Service ³⁵

Der 3D Portrayal Service ist ein vom Open Geospatial Consortium (OGC) veröffentlichter Standard, der die Art und Weise definiert, wie 3D-Inhalte geliefert werden müssen, um interoperabel dargestellt werden zu können. Beim 3D Portrayal Service wird eine Schnittstelle standardisiert, die als Ziel hat die semantische Interoperabilität von 3D-Geodaten-Darstellungsdiensten zu gewährleisten. Dafür muss diese die Lieferung und das Rendering von 3D-Szenen unterstützen (OGC 3D Portrayal Service, 2017).

GeoAPI-Implementierungsstandard ³⁶

Der GeoAPI-Implementierungsstandard ist ein vom OGC veröffentlichter Standard der auf Basis einer GeoAPI-Bibliothek eine Java-Anwendungsprogrammierschnittstelle (API) definiert. Mit dieser können geographische Informationen verändert werden. In diesem Standard wird die GeoAPI-Bibliothek erläutert, bei dem die API über den Bibliothekscode implementiert und über den Client-Code aufgerufen wird. Mit dem Standard soll die Erstellung von Softwarebibliotheken erleichtert werden sowie der Programmieraufwand bei Nutzung von OGC-Modellen reduziert werden (OGC GeoAPI, 2021).

Web Map Service WMS³⁷ / **Web Map Tile Service WMTS** ³⁸

Der Web Map Service Interface Standard (WMS) wurde vom OGC veröffentlicht und bietet die Möglichkeit, mittels WMS-Abfragen georegistrierte Kartenbilder aus geografischen Informationen zu erhalten. Dies funktioniert über eine HTTP-Schnittstelle, die auf verschiedene Geodatenbanken zugreift und bei der man die Möglichkeit hat, Schichten von mehreren Servern zu kombinieren. In der Spezifikation werden die drei Operationen liefern von Metadaten auf Dienstebene, einer Karte mit geographischen und dimensional Parametern oder von Informationen über Karten-Merkmale (OGC WMS, 2006).

Der WMTS Standard teilt viele Konzepte mit dem WMS Standard, der sich besonders für dynamische und benutzerdefinierte Karten eignet. Jedoch bietet der WMTS nicht die Möglichkeit des flexiblen Renderns, stattdessen ist er auf Skalierbarkeit spezialisiert. Der WMTS Standard ermöglicht die Bereitstellung statischer Basiskarten, die auf diskrete Kacheln beschränkt sind. Durch den festen Kachelsatz ist es möglich den Standard in einen Webserver zu integrieren und für Standardnetzmechanismen der Skalierbarkeit zu verwenden (OGC WMTS, 2010).

Web Feature Service WFS ³⁹

Der Web Feature Service Interface Standard (WFS) wurde vom OGC veröffentlicht und ist eine Schnittstelle, mit der geographische Informationen abgefragt werden können. In diesem Standard werden elf Abfrageoperationen unterschieden. Der WFS spezifiziert Such-, Abfrage-, Sperr- und Transaktionsoperationen sowie Operationen zur Verwaltung gespeicherter, parametrisierter Abfrageausdrücke. Die Abfrage ermöglichen den Abruf von Merkmalen und den Werten der Merkmalseigenschaften (OGC WFS, 2014).

³⁵ <https://www.ogc.org/standards/3dp>

³⁶ <https://www.ogc.org/standards/geoapi>

³⁷ <https://www.ogc.org/standards/wms>

³⁸ <https://www.ogc.org/standards/wmts>

³⁹ <https://www.ogc.org/standards/wfs>

2.5.5 Metadatenkataloge

Metadatenkataloge sammeln datenbeschreibende Informationen (Metadaten) und können von Menschen und Software durchsucht werden. Durch einen Katalogdienst ist es möglich, Ressourcen auffindbar zu gestalten (Deigele et al. 2020). Im Folgenden werden die für diesen Bereich relevanten Standards beschrieben.

Catalogue Service for Web CS/W⁴⁰

Der OGC Standard Catalogue Service for Web (CS/W) stellt eine Art Sammlung von Metadaten (datenbeschreibende Informationen) dar, die es ermöglicht, Ressourcen für einen bestimmten Personenkreis auffindbar zu machen. Der Standard richtet sich insbesondere an Softwareentwickler, die diese Kataloge implementieren. Der Katalog Service ermöglicht es Mensch und Maschine gleichermaßen, Abfragen zu stellen, um die Daten zu durchsuchen. CS/W eignet sich für das Veröffentlichen und Durchsuchen der Metadaten sowie der Auswertung und Weiterverarbeitung der gewonnenen Informationen. Der Standard definiert die Schnittstelle und setzt den Rahmen, der es den Verwendern ermöglicht, eigene Definitionen und Bindungen für den Zugriff auf den Metadatenkatalog festzulegen. Zudem unterstützen CS/W die Verwendung einer von vielen identifizierten Abfragesprachen (OGC CS, 2007).

Data Catalog Vocabulary (DCAT)⁴¹

Der DCAT (Data Catalog Vocabulary) ist ein vom W3C entwickelter Standard und ein RDF-Vokabular. Mit diesem Standard soll die Interoperabilität zwischen Datenkatalogen im Web verbessert werden. In diesem Standard wird das Schema definiert und Anwendungsbeispiele erläutert. Mit dem Standard kann die Auffindbarkeit von Datensätzen und Datendiensten verbessert werden, da diese mittels des Standardmodells und -vokabulars beschrieben werden können. Der Standard unterstützt auch bei der Zusammenführung und Nutzung von Metadaten aus verschiedenen Katalogen und bietet einen dezentralisierten Ansatz für die Veröffentlichung (DCAT-3, 2022).

DCAT-AP.de⁴²

Der Standard DCAT-AP.de (Data Catalogue Application Profile) für Datenportale ist ein formaler Austauschstandard, der den Datenaustausch zwischen dem Datenportal GovData und anderen Datenportalen ermöglicht. Dieser wurde von der GovData Fachgruppe beschlossen und basiert auf dem europäischen Metadatenstandard DCAT-AP. Der GovData-Portalverbund definiert drei Bausteine für den Austausch von Metadaten; diese sind die Spezifikation, das URI-Konzept und das Konventionenhandbuch. In der Spezifikation werden Terminologien und Definitionen erläutert, ein Überblick über das DCAT-AP.de Modell gegeben sowie relevante Klassen und das Vokabular definiert. Die beiden anderen Teilbereiche legen die Namensgebung der URIs und die Regeln zur Handhabung fest. Das Ziel des Standard ist es eine zentrale Plattform mit offenem Zugang zu bieten, die es ermöglicht, allen Nutzungsgruppen wie Anwendungsentwicklern, Journalisten und Gesellschaft, offene Daten zu nutzen (DCAT-AP.de, 2022).

⁴⁰ <https://www.ogc.org/standards/cat>

⁴¹ <https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-3/>

⁴² <https://www.dcat-ap.de/def/>

2.5.6 Terminologien und Leitfäden

In dieser Gruppe werden alle Standards, die sich mit allgemeinen Terminologien und Leitfäden befassen, zusammengefasst. Mit diesen Terminologien soll das Fundament für die Gestaltung von Smart Cities gelegt werden, da ein gemeinsames Sprachverständnis die Grundlage für Zusammenarbeit darstellt.

DIN SPEC 91340⁴³

Die DIN SPEC 91340 befasst sich mit der Terminologie der intelligenten individuellen urbanen Mobilität. In dieser DIN werden Begriffsterminologien für das Themenfeld der intelligenten individuellen urbanen Mobilität aufgeführt, die zuvor im Arbeitskreis erarbeitet wurden. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf Sinnhaftigkeit, Korrektheit und Allgemeingültigkeit gelegt. Dieser Standard soll die Basis für künftige Planungsschritte sein (DIN SPEC 91340, 2016).

DIN SPEC 91387⁴⁴

Die DIN SPEC 91387 „Kommunen und digitale Transformation – Übersicht der Handlungsfelder“ bietet Kommunen eine Zusammenstellung der grundlegenden Begriffe und Definitionen für den Bereich Smart Cities, die für die digitale Transformation der Städte notwendig sind. Die Norm ermöglicht es den Kommunen, eine Standortbestimmung für die kommunalen Handlungsfelder digitale Infrastruktur, digitale Verwaltung, Mobilität, Bauen und Wohnen, Energie, Umwelt, Bildung, Gesundheit und Wirtschaft vorzunehmen (DIN SPEC 91387, 2020).

DIN SPEC 91397⁴⁵

Die DIN SPEC 91397 ist ein Leitfaden für die Implementierung von digitalen Systemen des Quartiersmanagements. Der Standard richtet sich an den Personenkreis, der sich mit der Ausschreibung und Ausführung, aber auch Anwendung und Angebot eines Quartiersprojektes befasst. Das Ziel dieser Norm ist es, das Zusammenspiel bereits bestehender Normen zu koordinieren und die Anforderungen an die digitalen Systeme des Quartiersmanagement festzulegen. In der Norm werden Anwendungsbereiche, Anforderungen und Grundlagen definiert. Außerdem erläutert die Norm unter anderem die Lebenszyklusphasen, die Rollen und Verantwortlichkeiten, die organisatorischen Aspekte, die Datenmodelle für das Datenmanagement, die technische Architektur sowie verschiedene Betreiber- und Geschäftsmodelle für das Quartier. Zudem werden Anwendungsbeispiele ausgeführt (DIN SPEC 91397, 2022).

DIN SPEC 91282⁴⁶

In der DIN SPEC 91282 „Terminologie für das Securitymanagement von Verkehrsinfrastrukturen“ sind Fachbegriffe zu dem Themenfeld definiert, um ein gemeinsames Sprachverständnis sicherzustellen. Die Begriffe werden in ihrer Bedeutung bestimmt und von ähnlichen Begriffen abgegrenzt. Das Themenfeld des Securitymanagements umfasst Planung, Steuerung, Kontrolle und Verbesserung von unter anderem Personen, Unternehmen und technischen Systemen (DIN SPEC 91282, 2012).

ISO 37100:2016-12⁴⁷

In der ISO 37100 „Sustainable cities and communities - Vocabulary“ werden die Begriffe, die im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung in Gemeinden und intelligenter kommunaler Infrastruktur stehen, definiert. Das für die Norm verantwortliche Komitee ist das Technical Committee ISO/TC 268, Sustainable cities and communities (ISO 37100, 2016).

⁴³ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91340/261331623>

⁴⁴ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91387/326373721>

⁴⁵ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91397/350481352>

⁴⁶ <https://www.beuth.de/en/technical-rule/din-spec-91282/155762898>

⁴⁷ <https://www.beuth.de/de/norm/bs-iso-37100/268316130>

ISO 37101:2016-07 ⁴⁸

In der ISO 37101 „Sustainable development in communities - Management system for sustainable development - Requirements with guidance for use“ werden die Anforderungen an ein Managementsystem für eine nachhaltige Entwicklung in Gemeinden festgelegt. Dieses System soll es ermöglichen, die Nachhaltigkeit zu verwalten und die Intelligenz und Widerstandsfähigkeit zu fördern. Das Ziel der Norm ist es, Gemeinden unabhängig von ihrer Größe zu helfen, widerstandsfähiger, intelligenter und nachhaltiger zu werden. Die Norm umfasst die Bereiche Kontext von Organisation, Führung, Planung, Unterstützung, Betrieb, Leistungsbewertung und Verbesserung (ISO 37101, 2016).

ISO 37104:2019-04 ⁴⁹

Bei der ISO 37104 „Sustainable cities and communities — Transforming our cities — Guidance for practical local implementation of ISO 37101“ handelt es sich um einen Leitfaden für die Implementation der ISO 37101. Der Standard ist eine Anleitung für die Einführung und Aufrechterhaltung eines Managementsystems für nachhaltige Entwicklung. Außerdem schafft es einen methodischen Rahmen für die systematische Bewertung der nachhaltigen Entwicklung (ISO 37104, 2019).

ISO 37105:2019-11 ⁵⁰

In der ISO 37105 „Sustainable cities and communities — Descriptive framework for cities and communities“ wird ein Beschreibungsrahmen definiert. In diesem Standard werden die grundlegenden Strukturen, Ontologien und Beziehungen spezifiziert. Die Anforderungen an den Rahmen sind, dass dieser zeitlos, skalierbar, generisch und akulturell ist (ISO 37105, 2019).

ISO 37106:2021-10 ⁵¹

Bei der ISO 37106 „Sustainable cities and communities — Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities“ handelt es sich um einen Leitfaden für die Führungskräfte von Städten und Kommunen, der diese bei der Entwicklung eines digitalen, bürgernahen Betriebssystems unterstützen soll. Mit diesem Standard soll es den Städten ermöglicht werden ihre eigene Vision einer nachhaltigen Stadt umzusetzen indem die grundlegende Prozesse in den Kapiteln Liefergrundsätze, wichtige städteübergreifende Lieferprozesse, Rahmen für die Realisierung des Nutzens und wesentliche Risiken erläutert werden (ISO 37106, 2021).

ISO/TS 37107:2019-12 ⁵²

In der ISO 37107 „Sustainable cities and communities — Maturity model for smart sustainable communities“ wird ein Reifegradmodell für intelligente, nachhaltige Gemeinden (MMSSC) beschrieben. Dieses dient den Städten zur Selbsteinschätzung und dem Vergleich mit anderen Städten, über ihren Fortschritt in der nachhaltigen und intelligenten Entwicklung und der Implementierung bewährter Praktiken (ISO 37107, 2019).

ISO 37122:2019-05 ⁵³

In der ISO 37122 „Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities“ werden die grundlegenden Definitionen und Methoden für die Indikatoren einer Smart City aus Bereichen wie z.B. Wirtschaft, Bildung, Energie, Umwelt und Klimawandel, Finanzen, Verwaltung, Gesundheit, Wohnen, Bevölkerung, Sicherheit, Abfallwirtschaft, Sport und Kultur, Telekommunikation, Verkehr, Stadtplanung, Abwasser festgelegt (ISO 37122, 2019).

⁴⁸ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-37101/258016422>

⁴⁹ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-37104/307774855>

⁵⁰ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-37105/317189517>

⁵¹ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-37106/347518921>

⁵² <https://www.beuth.de/de/vornorm/iso-ts-37107/317795531>

⁵³ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-37122/308791231>

ISO 37155-1:2020-01 ⁵⁴

Bei der ISO 37155 „Framework for integration and operation of smart community infrastructures — Part 1: Recommendations for considering opportunities and challenges from interactions in smart community infrastructures from relevant aspects through the life cycle“ wird ein Rahmen für Interaktionen zwischen intelligenten Infrastrukturen erläutert. Als potenzielle Anwendungsfälle eignen sich sowohl Neubauprojekte als auch die Umwandlung bestehender Infrastrukturen in vernetzte Systeme (ISO 37155, 2020).

ISO/IEC 10746-2:2009-12 ⁵⁵

In der ISO 10746 „Information technology — Open distributed processing — Reference model: Foundations“ wird das Konzept der Modellierung und die Grundsätze der Konformität von offener verteilter Verarbeitung (ODP = Open Distributed Processing) erläutert (ISO/IEC 10746-2, 2009).

IEEE P1950.1 ⁵⁶

Bei der IEEE P1950.1 „Standard for Communications Architectural Functional Framework for Smart Cities“ handelt es um einen Standard, der den architektonischen und funktionalen Rahmen für Smart Cities festlegt. Der Fokus dieser Norm liegt auf dem Kommunikationssystem und den Schlüsselkomponenten für Smart-City-Ökosysteme. Einige dieser Komponenten sind z.B. Netzzugang, Dienstbereitstellung, Netz- und Dienstverwaltung sowie Netzerweiterungen (IEEE P1950.1, 2020).

IEEE P2784 ⁵⁷

Der IEEE P2784 „Guide for the Technology and Process Framework for Planning a Smart City“ ist ein Leitfaden für Technologien und Prozesse, die bei der Planung und Entwicklung von Smart Cities beachtet werden müssen (IEEE P2784, 2017).

VDI 2552 ⁵⁸

Die VDI 2552 ist eine Richtlinienreihe zum Thema „Building Information Modeling (BIM)“, in der gemeinsame Grundlagen, die für die Zusammenarbeit notwendig sind, definiert werden. In diesen Richtlinien werden unter anderem Grundlagen, Begriffe, Anforderungen, Datenmanagement, Prozesse und Qualifikationen festgelegt. Das Ziel ist es, allen BIM-Prozess-Beteiligten einen strukturierten Ansatz für die BIM-Implementierung zu bieten (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2021).

ETSI TR 103 455 ⁵⁹

Der ETSI TR 103 455 „Human Factors (HF); Smart cities and communities; Standardization for citizens and consumers“ ist ein technischer Bericht, der sich mit verschiedenen Themengebieten im Bereich Smart City beschäftigt. Die Themengebiete sind aus verschiedenen bürgernahen Fragen entstanden und umfassen Aspekte wie Zugänglichkeit, Benutzerfreundlichkeit, Interoperabilität, Datenschutz und Sicherheit. Außerdem befasst sich der Bericht damit, wie Dienste für Bürger gestaltet werden sollten, um den Nutzen für die Gemeinschaft zu maximieren. In dem Dokument wird unter anderem jeder Themenbereich mit den wichtigsten Anliegen der Bürger dargestellt sowie alle dazu relevanten Normen aufgelistet (ETSI TR 103 455, 2020).

⁵⁴ <https://www.beuth.de/en/standard/iso-37155-1/319051088>

⁵⁵ <https://www.beuth.de/de/norm/iso-iec-10746-2/134160637>

⁵⁶ <https://standards.ieee.org/ieee/1950.1/10176/>

⁵⁷ <https://standards.ieee.org/ieee/2784/7138/>

⁵⁸ <https://www.beuth.de/de/regelwerke/vdi/richtlinienreihe-vdi-2552>

⁵⁹ https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103400_103499/103455/01.01.01_60/tr_103455v010101p.pdf

3 Umfrage: Vorgehen, Aufbau und Auswertung

3.1 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wurde neben der Literaturrecherche eine Online-Umfrage durchgeführt. Zuerst wurde alle Standards, die für den UDZ relevant sind in Gruppen eingeteilt. Das Ziel der Umfrage war dann, herauszufinden, inwieweit sich die Städte in Deutschland bereits mit dem Thema Urbaner Digitaler Zwilling auseinandergesetzt haben und welche der aufgelisteten Standards die Teilnehmer bei der Implementierung für relevant einschätzen.

Die Umfrage wurde durch den Vorsitzenden des Arbeitskreises Geoinformation (Deutscher Städtetag) und Mitarbeiter im Förderprojekt *Connected Urban Twin* an einen ausgewählten E-Mail-Verteiler versendet. Der Aufruf zur Umfrage wurde an insgesamt 217 Personen geschickt davon waren 171 Personen aus den Modellprojekten Smart Cities und 46 Personen aus den Gremien des Deutschen Städtetages. Durch diesen Verteiler konnten gezielt relevante Personen, die in der Verwaltung von deutschen Städten tätig sind, angesprochen werden. Durch die Online-Umfrage ist es möglich, gezielt den aktuellen Wissens- und Arbeitstand der unterschiedlichen Städte in Deutschland abzufragen.

3.2 Aufbau und Inhalt der Umfrage

Die Umfrage wurde in enger Abstimmung mit Herrn Prof. Dr. Kolbe, Herrn Dr. Donaubauer (TU München) sowie Herr Mohl und Frau Moshrefzadeh (Stadt München) erstellt. Die Befragung erfolgte in Form eines Online-Fragebogens über das Online-Tool LamaPoll. Der vollständige Fragebogen, befindet sich im Anhang.

Die Fragen wurden in mehrere Fragenblöcke unterteilt, um möglichst gezielt zum Thema Standards hinzuführen. Zum Einstieg wurden Fragen zur Person gestellt, um die Ergebnisse anschließend besser einordnen zu können. Als erstes wurde daher die Frage nach dem Verwaltungsbereich gewählt, um festzustellen, welchen fachlichen Hintergrund die Teilnehmer haben. Darauffolgend wurde nach dem Aufgabenfeld gefragt, konkret unterteilt nach Führungs- oder Fachkraft, um herauszufinden, wie viel Verantwortung die Personen haben und welche Aussagekraft hinsichtlich Entscheidungskompetenz ihre Antworten demnach voraussichtlich hat. Um die Antworten auch geografisch einzuordnen, sollten die Teilnehmer auf freiwilliger Basis, ihre Postleitzahl angeben.

Im nächsten Fragenblock ging es darum die allgemeinen Definitionen der Begriffe „Urbaner Digitaler Zwilling“ und „Urbane Datenplattform“ darzustellen. Dazu wurde jeweils eine Definition vorgegeben und die Teilnehmer sollten Feedback geben, ob sie diesen Definitionen zustimmen würden und falls nicht etwas ergänzen oder eine eigene Definition angeben.

Im dritten Fragenblock wurde der konkrete Stand der jeweiligen Stadt in Bezug auf den Urbanen Digitalen Zwilling abgefragt. Je nach Stand gab es die Möglichkeit, den Link zum UDZ oder der UDP zu hinterlegen. Zudem wurde nach der fachlichen Zuständigkeit und dem Betreiber gefragt. Außerdem ging es in dem Fragenblock auch darum, herauszufinden, von welchen Zielgruppen der UDZ oder die UDP genutzt werden soll und für welche Anwendungsfälle diese gedacht sind. Hierbei wurden mögliche Antworten vorgegeben und auch ein Feld für weitere Ergänzungen erstellt.

Im vierten Fragenblock befinden sich der Hauptteil der Umfrage mit den Fragen zu den Standards für den Urbanen Digitalen Zwilling. Hierzu wurde zuerst nach der Relevanz der einzelnen Bestandteile des UDZ gefragt. Anschließend sollte die Relevanz der Standards von den jeweiligen Elementen bewertet werden. Außerdem gab es bei jeder Frage auch die Möglichkeit eigene Standards einzufügen. Die Standards folgender Elemente wurden abgefragt: Referenzarchitekturen und Datenplattformen, IoT (Internet of Things) und Sensordaten, standardisierte Informationsmodell und Datenaustauschformate, räumliche

Visualisierungen und Geodaten-APIs, Metadatenkataloge sowie Terminologien bzw. Leitfäden.

Im fünften Fragenblock wurden noch zwei Fragen zum Datenmanagement beim Urbanen Digitalen Zwilling gestellt. Bei der ersten Frage sollte die Relevanz ausgewählter Daten eingeschätzt werden. Anschließend wurde mittels eines Freitextfeldes die Haltung zu Open Data beim UDZ bzw. bei der UDP abgefragt.

Im letzten Fragenblock wurde den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, weiteres optionales Feedback zu den Fragen und ihren Erfahrungen in Bezug auf den Urbanen Digitalen Zwilling zu geben.

3.3 Datenerhebung und Auswertung

Die Online-Umfrage fand zwischen dem 25.02.2022 und dem 15.03.2022 statt. Die Umfrage wurde 131-mal aufgerufen, insgesamt schlossen 39 Personen die Umfrage ab. Die Umfrageergebnisse wurden für die Auswertung in Diagrammen visualisiert. Die vollständige Auswertung mit allen detaillierten Antworten ist im Anhang.

Bei der folgenden Analyse der Daten werden nur diejenigen Teilnehmer betrachtet, die die Umfrage abgeschlossen haben. In der Abbruchstatistik wird deutlich, dass der Großteil der Teilnehmer bereits bei Seite 2 – Allgemeine Fragen zu Person und Stadt, abbrachen. Des Weiteren brachen jeweils 17 Teilnehmer bei Seite 4 und 5 ab.

3.3.1 Fragen zur Person und Stadt (Frage 1-3)

Im ersten Fragenblock wurden der Verwaltungsbereich, das Aufgabenfeld und die Herkunft der Teilnehmer abgefragt. Diese ermöglichten eine geographische und inhaltliche Einordnung und Gewichtung der Antworten.

Verwaltungsbereich und Aufgabenfelder der Teilnehmer (Frage 1&2)

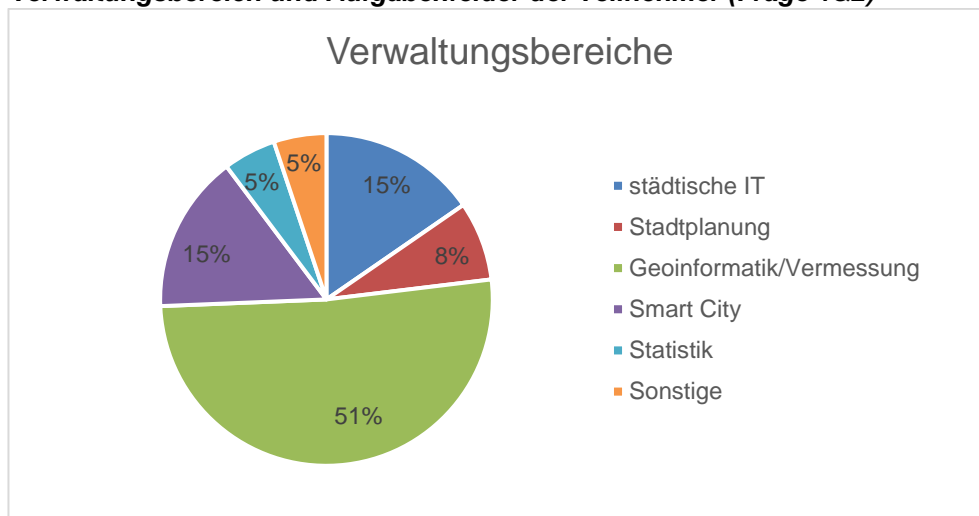


Abbildung 1: Umfrageauswertung Frage 1 – Verwaltungsbereich der Teilnehmer (n=39)

Bei der ersten Frage wurden die Teilnehmer gefragt aus welchem Verwaltungsbereich sie kommen. Zur Auswahl standen die Optionen „Stadtplanung“, „städtische IT“, Geoinformatik / Vermessung“ oder „Sonstiges“. Da bei der Auswertung auffiel, dass einige Teilnehmer bei „Sonstiges“ vermehrt „Smart City“ und „Statistik“ angaben, wurden diese beiden Kategorien noch mit angelegt. Über die Hälfte (51%) der Teilnehmer kommt aus dem Bereich der Geoinformatik / Vermessung, des Weiteren kommt noch ein Teil (15%) jeweils aus den Bereichen Smart City und städtische IT. Unter dem Feld „Sonstige“ wurden die Bereiche Wirtschaftsförderung und Sozialplanung angegeben. Der hohe Anteil an Teilnehmern aus dem Bereich Geoinformatik / Vermessung könnte auf die Verteilung der Umfrage durch den Arbeitskreis Geoinformatik zurückzuführen sein.

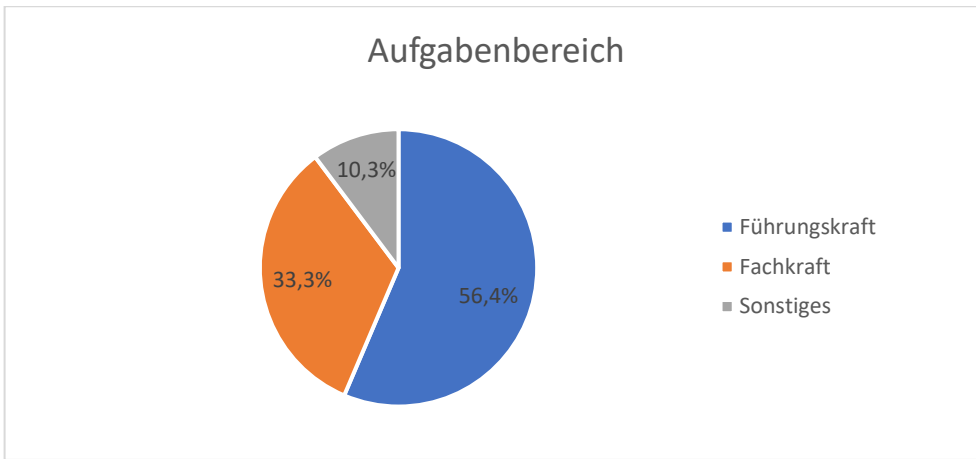


Abbildung 2: Umfrageauswertung Frage 2 – Aufgabenbereich der Teilnehmer (n=39)

Die zweite Frage fragte die Teilnehmer, ob ihr Aufgabenfeld im Bereich „Führungskraft“, „Fachkraft“, „Sachbearbeiter“ oder „Sonstiges“ ist. Über die Hälfte der Teilnehmer (56%) gaben an, dass sie Führungskräfte sind und rund ein Drittel gaben an Fachkräfte zu sein. Durch den hohen Anteil an Führungskräften ist der Rückschluss möglich, dass die Fragen von Personen beantwortet worden sind, die einen gewissen Überblick über die Abteilung haben und daher den Stand ihrer Stadt gut einschätzen können.

Herkunft der Teilnehmer (Frage 3)

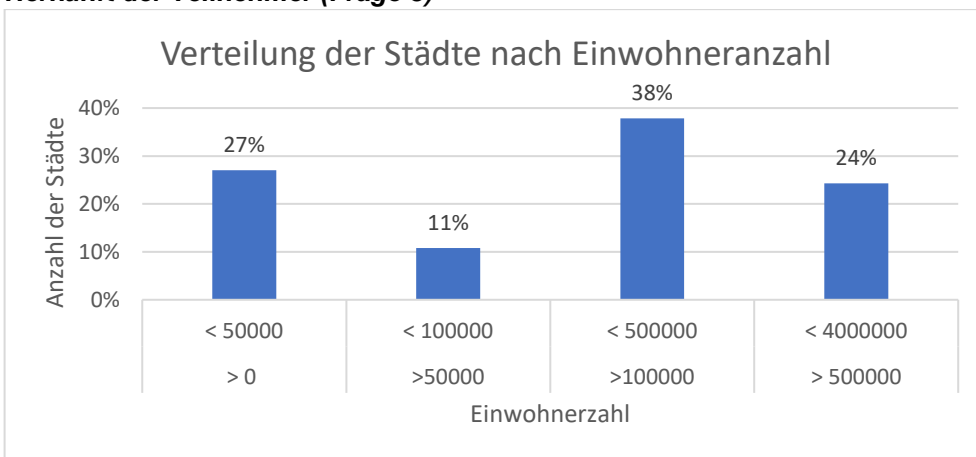


Abbildung 3: Umfrageauswertung Frage 3 – Anzahl der Städte nach Einwohnerzahlen in Prozent (n=37)

Bei der dritten Frage wurden die Teilnehmer gebeten die Postleitzahl der Stadt anzugeben, für die sie arbeiten. Dabei kam heraus, dass alle Teilnehmer aus Deutschland sind. Der Großteil (38%) stammt aus Städten mit Einwohnerzahlen im Bereich von größer 100.000 und kleiner 500.000 Einwohner. Des Weiteren kam rund ein Fünftel der Teilnehmer aus einer Stadt mit über 500.000 Einwohner. Die kleineren Städte waren mit unter 50.000 Einwohner mit rund 27% am zweitmeisten vertreten. Daher ergab sich bei der Auswertung die Frage, ob bei den Antworten ein Unterschied zwischen Großen und kleinen Städten erkennbar ist, etwa in dem Fortschritt bei der Implementierung eines UDZ oder einer UDP. Für den Vergleich wurden die Städte nach ihrer Einwohnerzahl in zwei Gruppen unterteilt: kleine Städte mit einer Bevölkerungszahl kleiner 100.000 Einwohner und große Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern.

In der Grafik auf der nächsten Seite ist die geographische Verteilung der Postleitzahlen der Teilnehmer zu sehen. Es wird deutlich, dass die teilnehmenden Städte über das ganze Land verteilt sind.

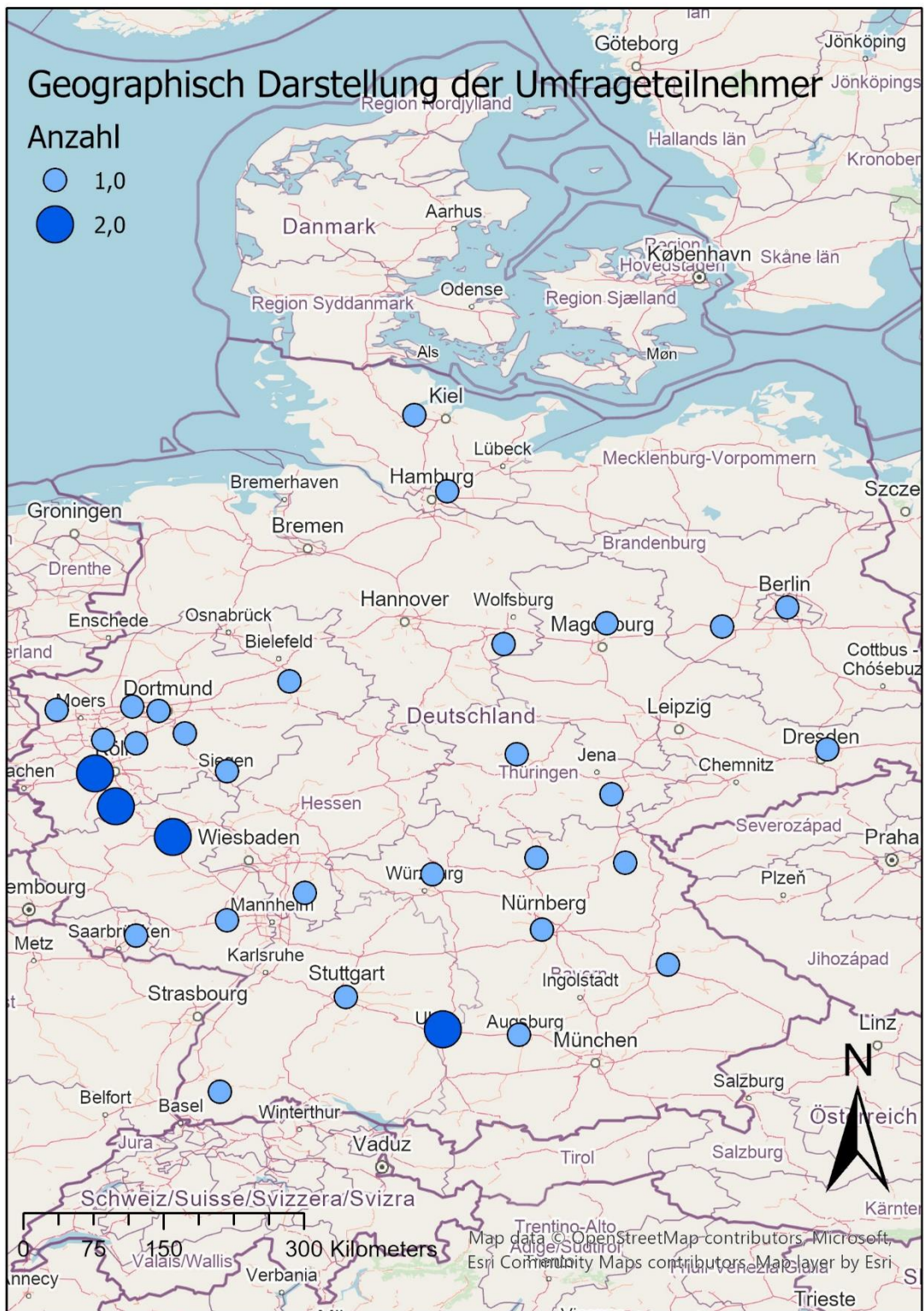


Abbildung 4: Umfrageauswertung Frage 3 – Geographische Darstellung der Umfrageteilnehmer (Verortung über zweistellige Postleitzahlen)

3.3.2 Allgemeine Fragen zum Urbanen Digitalen Zwilling und zur Urbanen Datenplattform

Im nächsten Fragenblock wurden die grundlegenden Definitionen zum Urbanen Digitalen Zwilling und der Urbanen Datenplattform abgesteckt.

Definition des Urbanen Digitalen Zwillings und der Urbanen Datenplattform (Frage 4 und 5)

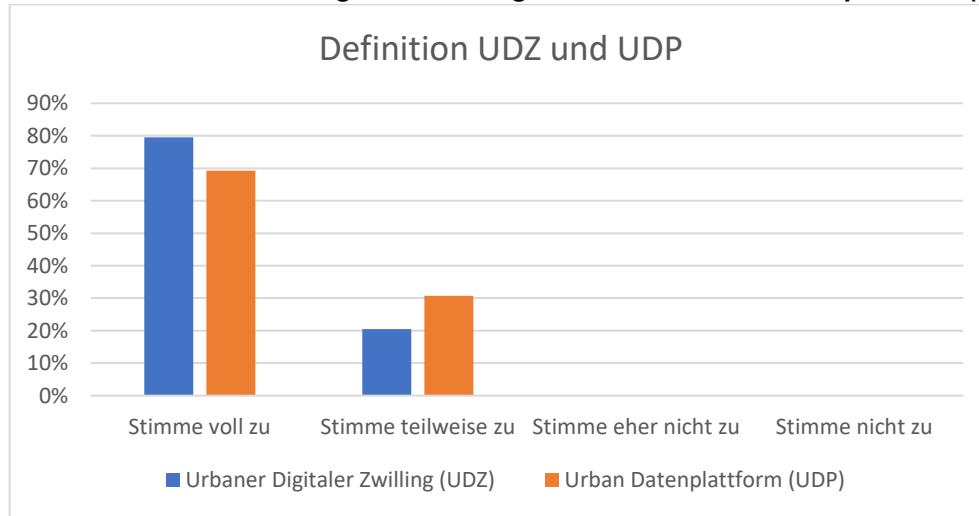


Abbildung 5: Umfrageauswertung Frage 4 und 5 – Definitionen des UDZ und UDP (n=39)

Die folgende Definition zum Begriff **Urbaner Digitaler Zwilling** wurde in der Umfrage gestellt: „Ein **Urbaner Digitaler Zwilling (UDZ)** bezeichnet ein Konzept zur Organisation und Nutzbarmachung der vielfältigen Daten über die Stadt, ihrer physischen Bestandteile und logischen Strukturen sowie der beteiligten Akteure und ihrer Prozesse; also alle digitalen Ressourcen (umfassen verschiedenste Arten von Daten, aber auch Funktionalitäten wie Analysen, Simulationen und Visualisierungen) einer Kommune. Dabei spielen technische, organisatorische und rechtliche Aspekte eine Rolle.“ Bei der Frage 4, stimmten 79% zur Definition des Urbanen Digitalen Zwillings voll zu und 21% teilweise zu.

Zu der Definition des Urbanen Digitalen Zwillings wurden folgende Anmerkungen gemacht:

Ein Teilnehmer merkte an, dass es nach seinem Verständnis vielmehr um alle Ressourcen der Stadt geht und nicht nur die digitalen. Ein anderer würde die Definition um einen Bezug zum 3D-Stadtmodell ergänzen sowie einer klaren Abgrenzung dessen vom UDZ. Als Feedback kam außerdem, dass die Definition gut sei, aber für die Kommunikation zu komplex. Ein weiterer Teilnehmer definierte den UDZ als ein umfassendes Konzept um die komplexen, vernetzten und dynamischen Zusammenhänge sichtbar und nutzbar zu machen. Der UDZ ist ein System aus Systemen das anforderungsbezogen mehr oder weniger Details einbindet und so ein gesamtheitliches Konzept darstellt, dass die Entscheidungsfindung unterstützen kann und auch Potentiale bis hin zur direkten Steuerung besitzt. Ein anderer Teilnehmer gab an, ein Geobasiszwilling sei die Grundlage jeder Instanz eines Urbanen Digitalen Zwillings. Aus diesen sehr unterschiedlichen Anmerkungen wird deutlich, dass ein unterschiedliches Verständnis bezüglich des UDZ besteht, weshalb es umso wichtiger ist eine klare Definition zu entwickeln, um eine gemeinsame Basis für die Entwicklung der Urbanen Digitalen Zwillinge zu schaffen. Für diese bietet die obige Ausführung eine gute Grundlage, was anhand der hohen Zustimmungswerte und keinerlei grundsätzlicher Ablehnung deutlich wird.

In der Umfrage wurde folgender Auszug aus der DIN SPEC 91357 zur Abstimmung gestellt: **Urbane Datenplattform:** „System, das die Nutzung von städtischen Daten und die intelligente Überwachung und Steuerung von Infrastrukturen und Vermögenswerten in Städten erleichtert und neue und verbesserte Dienste (sowohl für öffentliche als auch für

private *Zwecke* *und*
Organisationen) ermöglicht“ (DIN SPEC 91357, 2017). Bei der Definition der Urbanen Datenplattform stimmen 69% voll zu und 31% teilweise zu.

Die hohen Zustimmungswerte von fast 70% zeigen, dass die DIN 91357 bereits gut angenommen wurde; dennoch gab es einige Anmerkungen, die im Folgenden zusammengefasst wurden.

Einige Kommentare bezogen sich auf die städtischen Daten; hier wurde angemerkt, dass es nicht nur um die Nutzbarmachung städtischer Daten gehen sollte, sondern ebenso Schnittstellen zu nicht kommunalen Daten geschaffen und auch Daten von Wirtschaft & Wissenschaft angezapft werden sollten. Außerdem bemerkte ein Teilnehmer, dass der Begriff „städtische Daten“ in die falsche Richtung führen könne und besser „den Stadtraum betreffende Daten“ oder „die Stadt betreffende Daten“ heißen sollte. Ebenso sei die Reduktion auf "Infrastrukturen und Vermögen" zu kurzgefasst. Ein weiterer Teilnehmer definierte die UDP als Plattform, die den großen Bestand an städtischen Daten und Daten zu einer Stadt transparent sichtbar macht und der flexiblen, interoperablen und anforderungsbasierten Bereitstellung der Daten dient. Des Weiteren wurde ergänzt, dass eine UDP auch eine Verknüpfung von Daten aus unterschiedlichen Teilsystemen einer Stadt zum Schaffen von Synergien (z.B. aus den Bereichen Mobilität und Versorgungswirtschaft) darstellt.

3.3.3 Aktueller Stand in Bezug zum Urbanen Digitalen Zwilling

Im nächsten Fragenblock ging es darum, den aktuellen Stand der jeweiligen Stadt in Bezug auf den Urbanen Digitalen Zwilling und die Urbanen Datenplattform abzubilden. Dabei sollte ein Eindruck von der momentanen Situation in den Städten gewonnen werden. Als Antwortmöglichkeiten wurde „nicht in Planung“, „in Diskussion“, „in Vorbereitung“, „in Umsetzung“ bis hin zu „verabschiedet / in Betrieb“ angeboten. Außerdem wurden die Antworten bei den Fragen auch im Zusammenhang mit der Stadtgröße nach Einwohnerzahlen ausgewertet.

Digitalstrategie (Frage 6)

Bei dieser ersten Frage ging es darum herauszufinden, wie viele der befragten Städte sich bereits mit dem Thema auseinandersetzen und auf welchem Stand die Mehrheit der befragten deutschen Städte ist. Im folgenden Diagramm in Abbildung 6 wird deutlich, dass sich der Hauptteil der befragten Städte bereits mit dem Thema auseinandergesetzt hat oder dies gerade machen; lediglich bei 3% der Teilnehmer ist eine Digitalstrategie nicht in Planung. Ebenso wird deutlich, dass fast ein Drittel (28%) der Teilnehmenden bereits eine Digitalstrategie verabschiedet hat. Der größte Teil (38%) der Teilnehmer befindet sich noch in Vorbereitung.

Anschließend kann dieses Diagramm dann mit Abbildung 7 verglichen werden, welche die Antworten nach Städten mit einer Einwohnerzahl größer und kleiner 100.000 unterteilt. Dabei wird deutlich, dass bereits 35% der größeren Städte eine Digitalstrategie verabschiedet haben, aber nur 14% der kleineren Städte. Bei dem Status „in Vorbereitung“ ist es jedoch umgekehrt, dort haben schon 50% der kleinen Städte und nur 35% der großen Städte eine Digitalstrategie. Dies lässt den Rückschluss zu, dass womöglich die großen Städte in der Entwicklung einer Digitalstrategie schon weiter fortgeschritten sind. Dies könnte daran liegen, dass größere Städte oftmals mehr Ressourcen haben und neue Entwicklungen schneller adaptieren können. Die Relation ist aber nur bedingt aussagekräftig da evtl. kleine Städte, die keine Digitalstrategie oder ähnliches besitzen die Umfrage gar nicht abgeschlossen haben und daher mehr Antworten von großen Städten vorhanden sind.

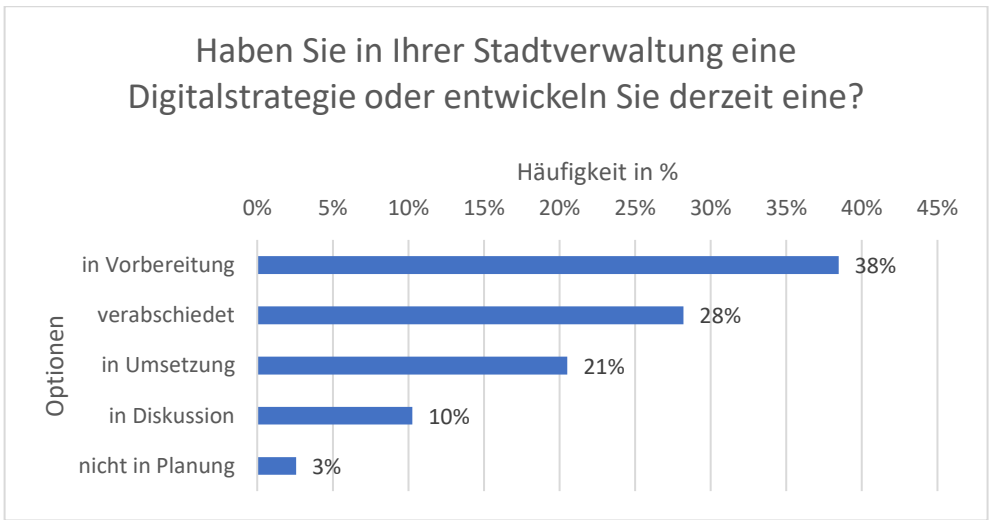


Abbildung 6: Umfrageauswertung Frage 6 – Digitalstrategie: sortiert nach Anzahl der Antworten (n=39)

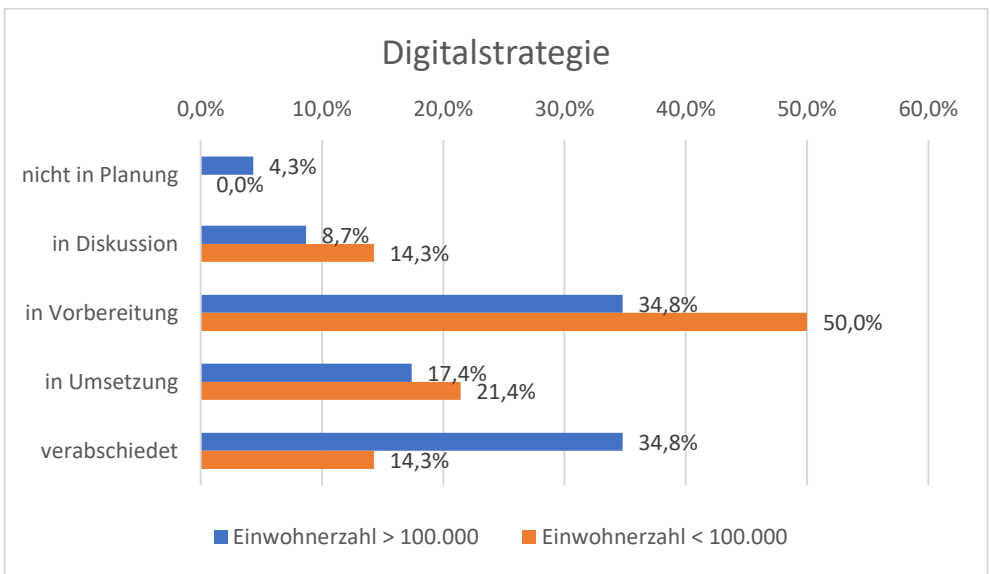


Abbildung 7: Umfrageauswertung Frage 6 – Digitalstrategie: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße

Außerdem gab es einige Anmerkungen im Kommentarfeld, im Folgenden befindet sich eine Zusammenfassung der relevantesten Bemerkungen zur Digitalstrategie. Alle Anmerkungen können im Detail im Anhang nachgelesen werden. In einer Stadt wird eine Smart City Strategie entwickelt; daneben existieren außerdem eine e-Government-Strategie, eine IT-Strategie sowie eine Stadtentwicklungsstrategie mit einem Kapitel zur Digitalisierung. Ein anderer Teilnehmer gab an die erste Version der Digitalstrategie bereits verabschiedet zu haben und diese nun dynamisch weiterzuentwickeln, da noch mehr Grundlagen und Anforderungen aus Sicht der Fachbereiche benötigt werden. In einer weiteren Stadt gibt es eine digitale Dachstrategie der Stadt und zunehmend einzelne digitale Fachstrategien von einzelnen Dienststellen. Aus dem unterschiedlichen Feedback wird deutlich, dass jede Stadt ihren individuellen Weg sucht.

Urbane Datenplattform und Urbaner Digitaler Zwilling (Frage 8-11)

Diese und die nächste Frage zielten darauf ab herauszufinden, wie genau die Umsetzung der Digitalstrategie aussieht. Dazu wird im Folgenden der Stand bei der Urbanen Datenplattform mit dem des Urbanen Digitalen Zwillings verglichen. Bei der Urbanen Datenplattform gaben 15% der Teilnehmer an, dass ihre UDP bereits „in Betrieb“ sei; beim Urbanen Digitalen Zwillings hingegen nur 5% der Teilnehmer. Eine weitere deutliche Abweichung ist bei „in Diskussion“ zu finden, beim UDZ gaben 41% an noch in Diskussion

zu sein bei der UDP lediglich 28%; dies entspricht einem Unterscheid von 13%-Punkten. Alle anderen Auswahlmöglichkeiten sind nahezu gleich verteilt. Dieses Ergebnis lässt den Rückschluss zu, dass die teilnehmenden Städte in der Entwicklung einer Datenplattform bereits weiter fortgeschritten sind als bei der Entwicklung eines UDZ. Dies könnte daran liegen, dass die UDP eine Art Vorstufe zum UDZ ist und bereits weiter fortgeschritten ist. Die UDP wurde auch zuerst entwickelt und erforscht, der UDZ ist im Vergleich dazu eine neuere Entwicklung.

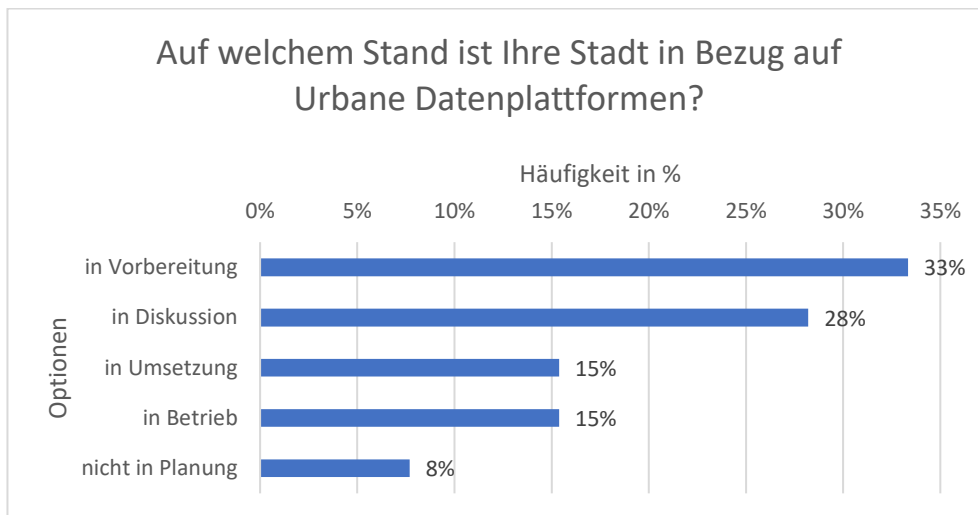


Abbildung 8: Umfrageauswertung Frage 8 – Urbane Datenplattform (n=39)

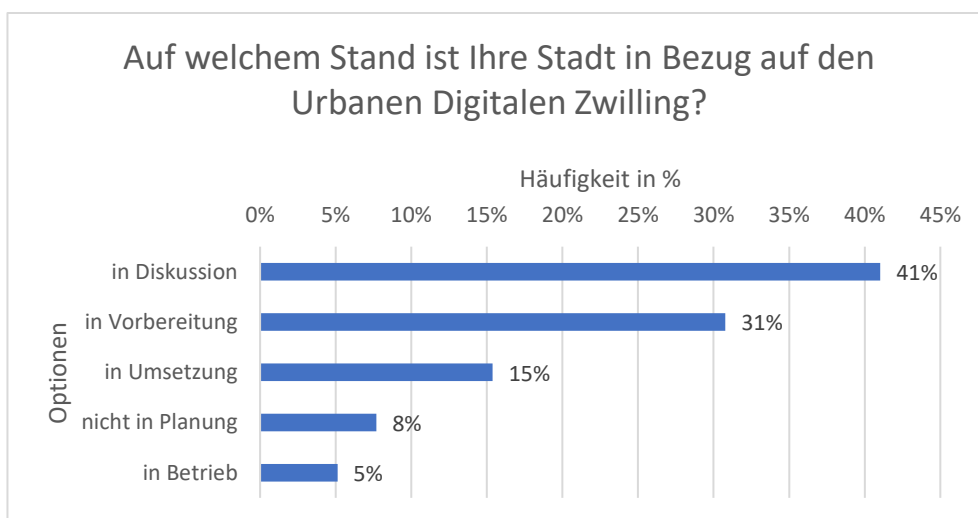


Abbildung 9: Umfrageauswertung Frage 10 – Urbaner Digitaler Zwilling (n=39)

Anschließend können diese Diagramme mit Abbildung 10 und Abbildung 11 verglichen werden, welche die Antworten nach Städten mit einer Einwohnerzahl größer und kleiner 100.000 Einwohnern unterteilt. Bei der UDP ist ein Unterschied bei „in Vorbereitung“ und „in Betrieb“ zu erkennen. Während bei 50% der kleineren Städte angegeben „in Vorbereitung“ zu sein und 0% „in Betrieb“, gaben nur rund 30% von den größeren Städten an „in Vorbereitung“ zu sein, dafür auch 20% von den großen im Betrieb. Dies deutet darauf hin, dass ein Teil der großen Städte im Bereich UDP schon weiter als die kleineren Städte ist. Beim UDZ zeichnet sich ein ähnliches Bild ab, nur, dass sich der Großteil dort insgesamt sowohl bei den großen als auch bei den kleineren Städten, noch „in Diskussion“ befindet.

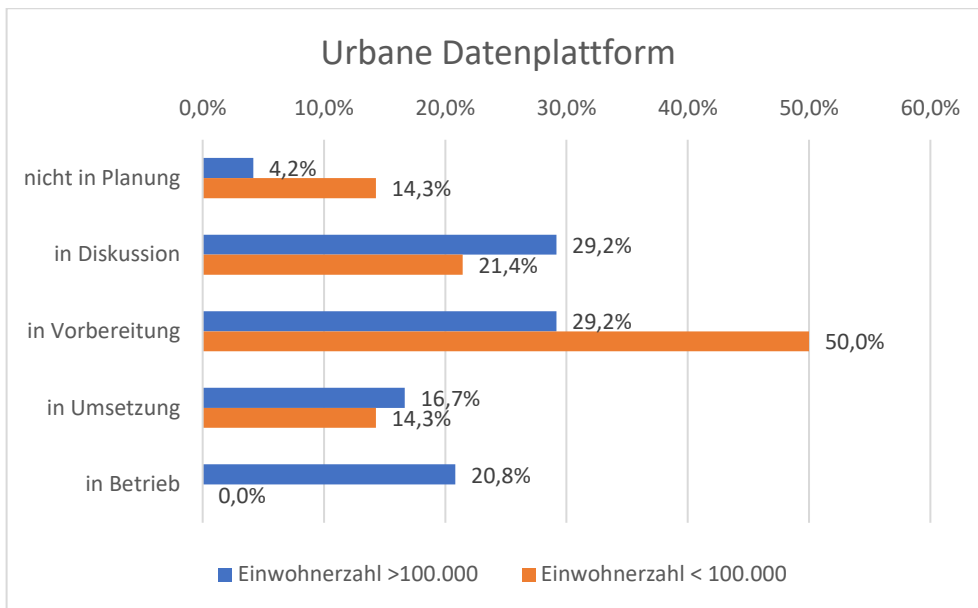


Abbildung 10: Umfrageauswertung Frage 8 – Urbane Datenplattform: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße

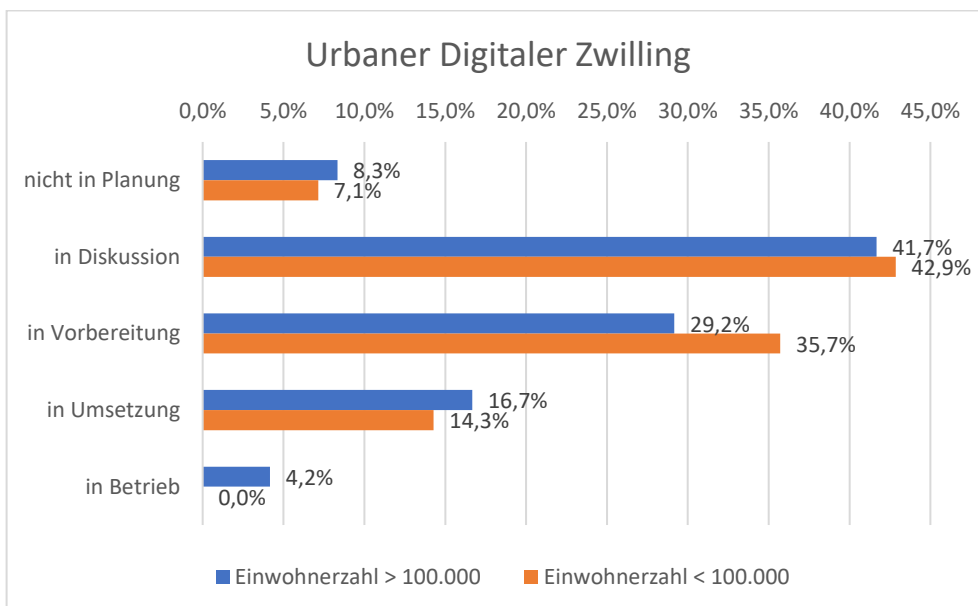


Abbildung 11: Umfrageauswertung Frage 10 – Urbaner Digitaler Zwilling: Vergleich der Antworten nach Stadtgröße

Im Folgenden steht eine Zusammenstellung einer Auswahl an Anmerkungen aus dem Kommentarfeld zur Urbanen Datenplattform, bei dem die Teilnehmer Kommentare zu ihrem aktuellen Stand abgeben konnten:

- UDP ist notwendige Komponente und muss aufgebaut werden, außerdem auch weitere Komponenten, wie eine IoT-Plattform
- Weiterentwicklungen existierender Systeme wie das GeoPortal
- UDP muss noch mit weiteren Daten gespeist und für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden
- Viele Datensätze müssen noch zu Open Data umgewandelt werden
- GDI (Geodateninfrastruktur) stellt bereits ein Ansatz einer UDP bereit
- Smart AUF ist zu klein für den Aufbau und Betrieb einer UDP, ggfs. wird ein Mandant in einer UDP für Fall spezifische Anwendungen eingerichtet
- bestehende GDI auf ESRI-Basis

Im Folgenden steht eine Zusammenstellung einer Auswahl an Anmerkungen aus dem Kommentarfeld zum aktuellen Stand bei Urbanen Digitalen Zwilling:

- ein digitaler Energie-Zwilling für ein Quartier wird 2022 aufgebaut
- Sammlung potenzieller Nutzungsmöglichkeiten in der Kommune
- Ein Digitales 3D-Stadtmodell ist vorhanden, aber die Verknüpfung mit diversen anderen Fachinformationen wird diskutiert und einige Anwendungen (z.B.: Zu Starkregenereignissen 'Wildabfließendes Wasser in urbanen Räumen - WAWUR') sind schon im Betrieb
- Ein Digitaler Zwilling im Kontext Mobilität ist in Umsetzung, außerdem werden weitere fachlich orientierte Zwillinge diskutiert
- Zielkonzeption Urbanes Datenmanagement in Arbeit und Fallstudie zum strategischen Umgang mit Daten durch PD
- Die Ausschreibung eines UDZ wurde durchgeführt, zusätzlich befindet sich ein Basismodells als Pilotprojekt in der Strategieweise Modellprojekte Smart Cities im Aufbau
- Ziel des UDZ im Anwendungsfall nachhaltige Stadtentwicklung
- Aktuell in Diskussion in der Verwaltungsspitze. Ein 3D-Stadtmodell - als Basis für den Digitalen Zwilling liegt relativ umfassend vor (stadtweites texturiertes LoD2, Datenhaltung, Fortführung, Visualisierungskomponente u.a.) und wird weiterentwickelt. Zusätzlich werden verschiedene Daten gesammelt (LuBi, Laserscan, Straßenbefahrungen ...).

Links zu UDP und UDZ (Frage 12)

Bei Frage 12 wurde um einen Link zur UDP und dem UDZ gebeten, um ein Bild von den bereits verwendeten UDP/UDZ zu erhalten. Im Folgenden sind die Links mit einer kurzen Einschätzung aufgelistet:

- <http://www.urbandataplattform.hamburg/> - sehr aufwändige und große Datenplattform mit vielen Daten die auch über ein Geoportal(<https://geoportal-hamburg.de/geo-online/>) grafisch dargestellt und abgerufen werden können
- <https://3d.bonn.de/> - hier befindet sich ein 3D-Stadtmodell, jedoch ohne die Möglichkeit Daten abzurufen; es besteht die Möglichkeit „interessante Orte“ anzuzeigen
- <https://stadtplan.dresden.de/> - aufwändiger 2D-Stadtplan mit der Möglichkeit Daten aus verschiedenen Themenfeldern abzurufen, sowie verschiedene Grundkarten auszuwählen unter anderem auch historische Karten
- <https://opendata.dresden.de/> - Datensätze sortiert nach verschiedenen Kategorien; die Daten können auch in dem 2D-Stadtplan angezeigt werden
- <https://www.stuttgart.de/leben/bauen/geoportal/ugdp/urbane-geodatenplattform.php> - Link zum Strategieerklärung; es besteht die Möglichkeit Open Data herunterzuladen; hier befindet sich ein 3D-Stadtmodell, jedoch ohne die Möglichkeit Daten abzurufen, es besteht die Möglichkeit „interessante Orte“ anzuzeigen, außerdem 3D-Stadtmodell ähnlich dem der Stadt Bonn (<https://3d.stuttgart.de/>)

Fachliche Zuständigkeit (Frage 13)

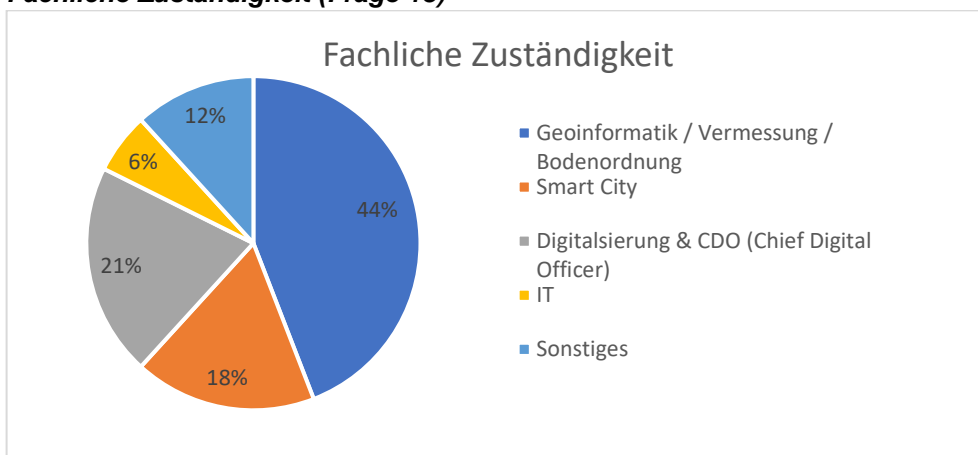


Abbildung 12: Umfrageauswertung Frage 13 – Fachliche Zuständigkeit (n=34)

Bei dieser Frage wurde abgefragt, welche Abteilung für den Urbanen Digitalen Zwilling (UDZ) oder die Urbane Datenplattform (UDP) in der jeweiligen Stadt fachlich zuständig bzw. dafür zukünftig eingeplant ist. Die Antwort konnte wieder in einem Freitextfeld geben werden, weshalb hier die ähnlichen Antworten zusammengefasst wurden, um eine grobe Verteilung zu sehen. Dabei wird deutlich, dass bei dem Großteil (44%) der Teilnehmer die fachliche Zuständigkeit im Bereich Geoinformatik / Vermessung / Bodenordnung liegt. Dahinter sind die Abteilungen Digitalisierung & CDO (Chief Digital Officer) (21%) und Smart City (18%) am häufigsten genannt. Zudem liegt die Zuständigkeit bei einem kleineren Teil (6%) bei der IT und einige gaben an, dass diese noch nicht festgelegt wurde. Die fachliche Zuständigkeit ist also ähnlich verteilt wie die von den Teilnehmern angegebenen Verwaltungsbereichen. Bei dieser Frage könnte der hohe Anteil aus dem Bereich Geoinformatik auch daran liegen, dass die Umfrage generell eher an die Personen aus diesem Bereich verteilt wurde.

Betreiber der IT-Infrastruktur (Frage 14)

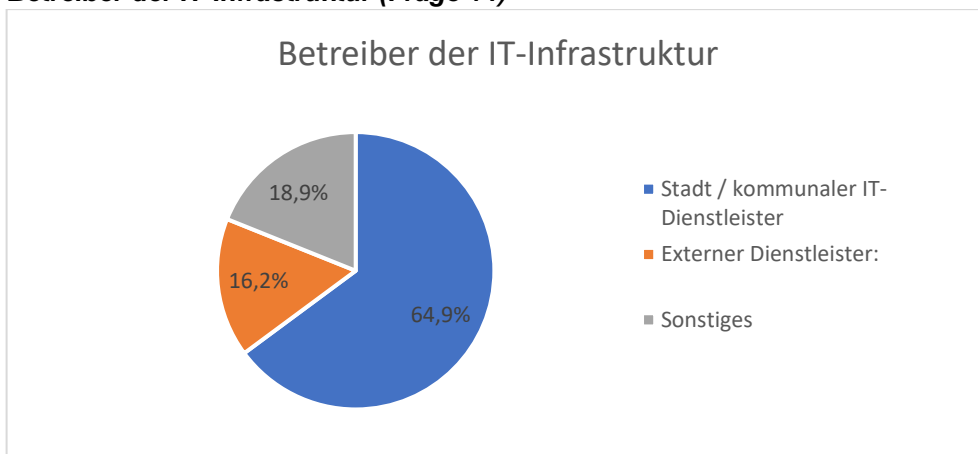


Abbildung 13: Umfrageauswertung Frage 14 – Betreiber der IT-Infrastruktur (n=37)

Bei Frage 14 wurde gefragt, wer die IT-Infrastruktur des Urbanen Digitalen Zwillings bzw. der Urbanen Datenplattform betreibt. Hierbei gab es die Wahl zwischen Stadt / kommunaler IT-Dienstleister, externer Dienstleister oder Sonstiges. Die Frage war vom Typ „Mehrfach-Auswahl“, wobei 32 Teilnehmer 37 Antworten gaben. Bei dem größten Teil (65%) der Teilnehmer wird der UDZ bzw. UDP bei der Stadt bzw. einem kommunalem IT-Dienstleister betrieben. Bei einem externen Dienstleister betreiben ungefähr 16% der Teilnehmer ihre IT-Infrastruktur, dabei werden als Betreiber Cyclomedia, Geoplex GIS GmbH und VCS genannt. Die restlichen Teilnehmer (19%) wählten „Sonstiges“ und fügten in dem

Kommentarfeld hinzu, dass dies noch in Bearbeitung ist und noch nicht abschließend festgelegt wurde.

Nutzung des UDZ bzw. der UDP (Frage 15)

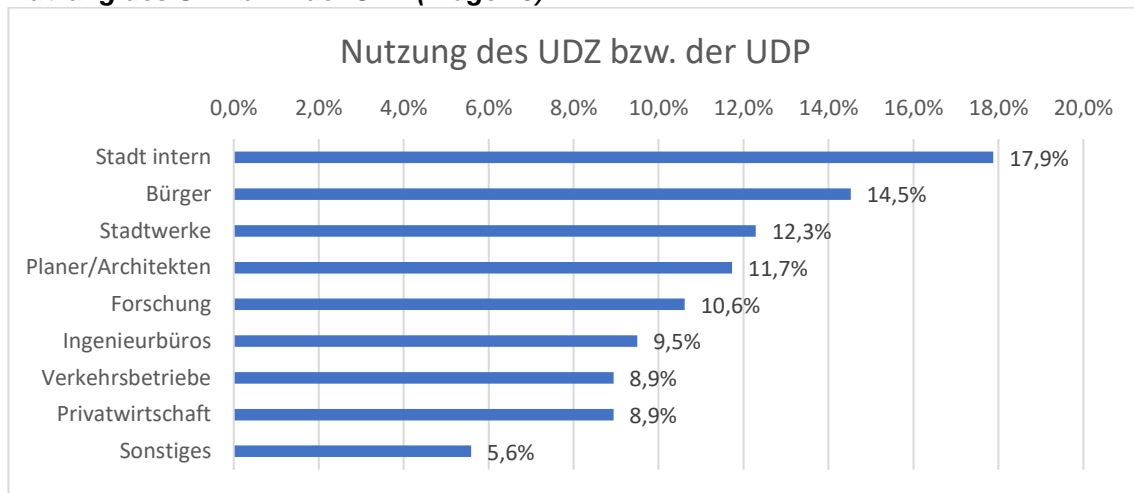


Abbildung 14: Umfrageauswertung Frage 15 – Nutzung des UDZ bzw. der UDP (n=179)

Diese Frage zielte darauf ab herauszufinden für welche Nutzergruppen der Urbane Digitale Zwilling bzw. die Urbane Datenplattform geplant ist. Die Frage wurde im Multiple-Choice-Verfahren gestaltet, das heißt die Teilnehmer konnten mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen. An der Frage nahmen 35 von 39 Teilnehmern teil und es gab insgesamt 179 Antworten. Die Teilnehmer wählten am häufigsten (17,9%) die Stadt interne Nutzung. Dahinter liegt die Verwendung für Bürger, Stadtwerke, Planer/Architekten und Forschung. Als weniger relevante Nutzer werden die Verkehrsbetriebe, die Privatwirtschaft und Ingenieurbüros eingestuft. Bei „Sonstiges“ gaben die Teilnehmer häufig an, dass dies noch in Diskussion ist. Außerdem wurden noch Unternehmen der Geo-Branche als mögliche Nutzungsgruppe genannt.

Anwendungsfälle des UDZ bzw. der UDP (Frage 16)

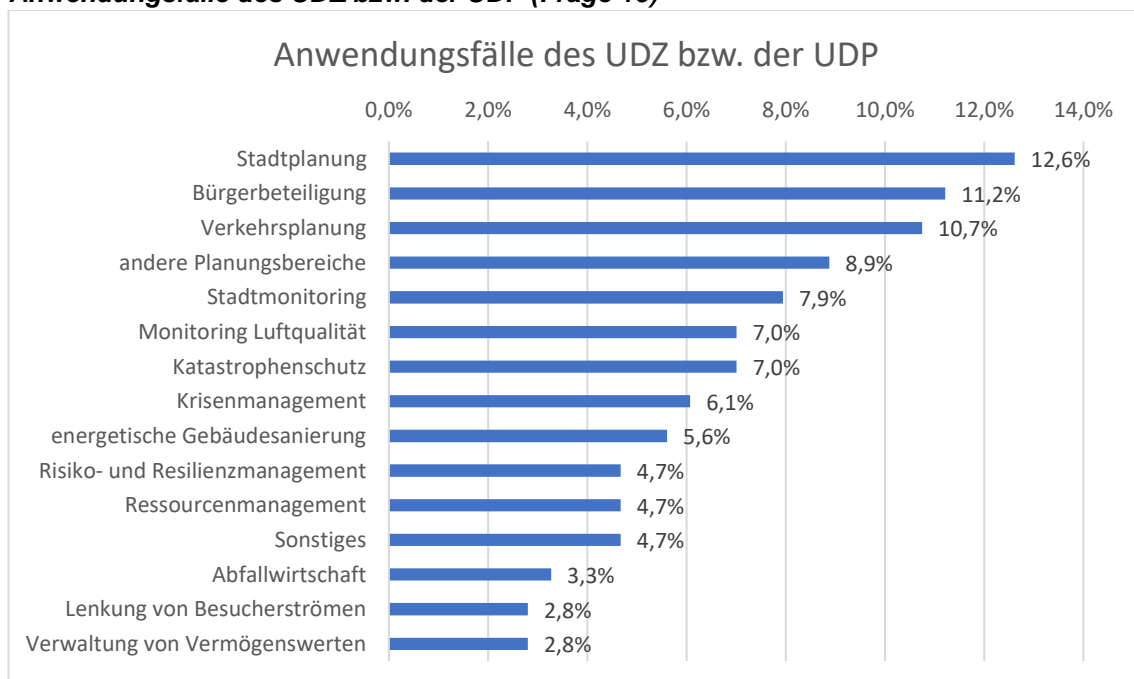


Abbildung 15: Umfrageauswertung Frage 16 – Anwendungsfälle des UDZ bzw. der UDP (n=214)

Aufbauend auf die vorherige Frage, fragte diese nun die Anwendungsfälle ab, für die der Urbane Digitale Zwilling bzw. die Urbanen Datenplattform verwendet werden soll oder die Verwendung geplant ist. Die Frage wurde im Multiple-Choice-Verfahren gestaltet, das heißt die Teilnehmer konnten mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen. An der Frage nahmen 33 von 39 Teilnehmern teil und es gab insgesamt 214 Antworten. In den meisten Fällen (12,6%) sollen die UDP oder der UDZ für die Stadtplanung genutzt werden. Weitere häufig genannte Anwendungsfälle wurden Bürgerbeteiligung und Verkehrsplanung aber auch andere Planungsbereiche, Stadtmonitoring, Monitoring der Luftqualität und Katastrophenschutz sind oft angegeben. Am seltensten wird der UDZ bzw. die UDP jedoch für die Lenkung von Besucherströmen, Verwaltung von Vermögenswerten und Abfallwirtschaft eingesetzt oder ist dafür vorgesehen. Als weitere Anwendungsfälle wurden im Freitextfeld die CO2-Bilanzierung, Flächenmanagement, Ökokonten, Daseinsvorsorge, Stadtentwicklung, Energie und Vermessung genannt. Des Weiteren wurde angegeben, dass erst mit weniger gestartet wird und sukzessive mehr dazu kommen sollen.

Elemente des UDZ (Frage 17)

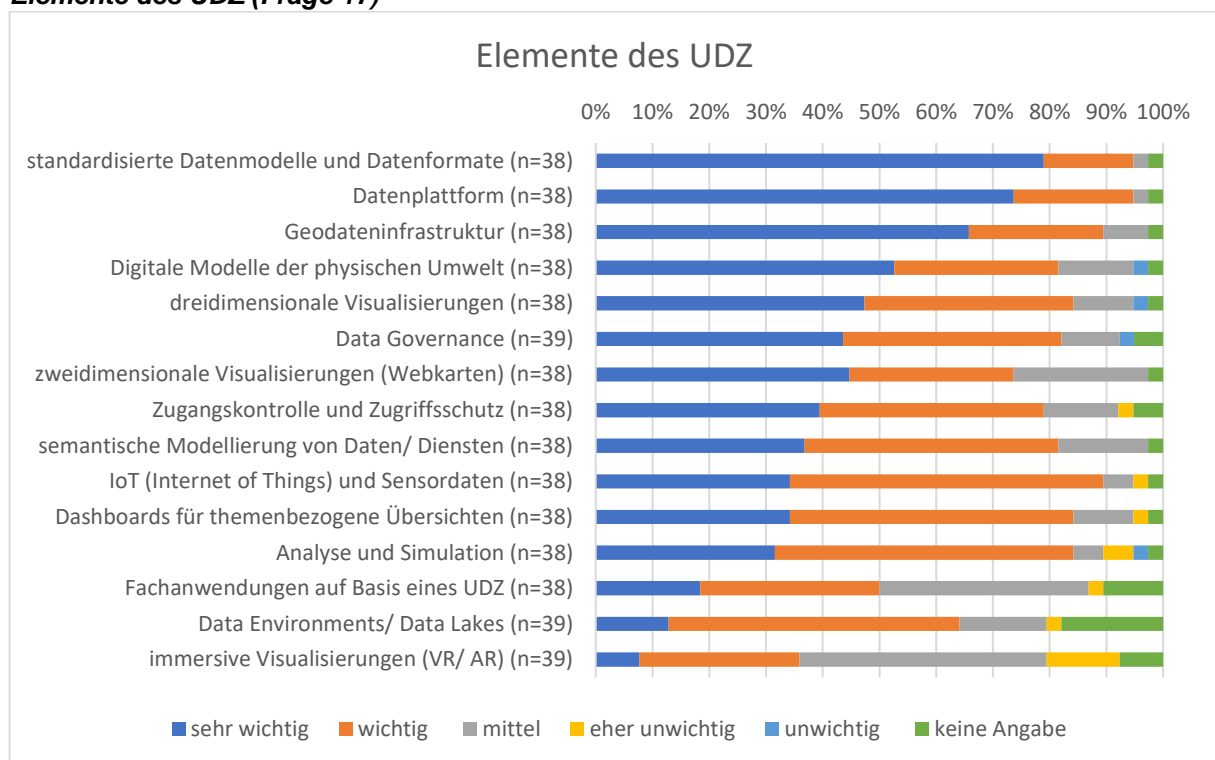


Abbildung 16: Umfrageauswertung Frage 17 – Elemente des UDZ (in Prozent)

Für diese Frage wurden die Elemente des UDZ in Kategorien zusammengefasst, mit dem Ziel herauszufinden, welche Elemente die Teilnehmer als essenziell einschätzen. Hierzu bestand die Möglichkeit, die einzelnen Kategorien auf einer Skala von „sehr wichtig“ bis „unwichtig“ zu bewerten oder „keine Angabe“ zu wählen. Da das Feld „keine Angabe“ jedoch eine getrennte Spalte war bestand die Möglichkeit die Relevanz einzuschätzen und gleichzeitig „keine Angabe“ zu wählen. Die Elemente standardisierte Datenmodelle und Datenformate (79%), Datenplattformen (74%) sowie Geodatenstrukturen (66%) wurden vom Großteil der Teilnehmer als „sehr wichtig“ eingestuft. Demnach sind diese Elemente am relevantesten für den UDZ. Aber auch die anderen Elemente wurden mit über 50% als „sehr wichtig“ oder „wichtig“ eingestuft. Dies lässt darauf schließen, dass für eine guten und nutzbaren UDZ alle Elemente eine Rolle spielen, mit Ausnahme der immersiven Visualisierung (VR / AR), da diese überwiegend nur mit mittlerer Relevanz eingestuft wurden. Außerdem fällt auf, dass bei Fachanwendungen auf Basis eines UDZ (11%) und Data Environments / Data Lakes (18%) ein im Vergleich zu den anderen Elementen großer

Anteil „keine Angabe“ wählte. Dies könnte daran liegen, dass diese Elemente möglicherweise eher unbekannt sind und daher nicht eingeordnet werden konnten.

3.3.4 Standards beim UDZ (Frage 18-22)

Bei den Fragen zu den Standards sollten die Teilnehmer die Relevanz der Standards einschätzen (von „sehr wichtig“ bis „unwichtig“); wenn ihnen der Standard unbekannt war, gab es die Möglichkeit „keine Angabe“ auszuwählen. Da das Feld „keine Angabe“ sich jedoch in einer getrennten Spalte befand, bestand die Möglichkeit sowohl die Relevanz einzuschätzen als auch gleichzeitig „keine Angabe“ zu wählen. Dies führte dazu, dass teilweise mehr als 39 Antworten eingegeben wurden. In diesem Fall ist es aber nicht entscheidend, da das Ziel der Umfrage ist, herauszufinden welche Standards als am relevantesten angesehen werden und welche nicht, bzw. herauszufinden welche Standards am bekanntesten sind, sowie herauszufinden ob noch Standards außerhalb der aufgeführten genutzt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Standards in Bereiche untergliedert, identisch mit den bereits erwähnten Elementen der UDZ.

Da die Fragen 18 bis 22 alle gleich aufgebaut sind, werden sie in diesem Kapitel gemeinsam ausgewertet. Auf der linken Seite innerhalb der Diagramme ist der jeweilige Standard zu sehen, rechts daneben befinden sich jeweils der Anteil der Antworten in Prozent. Bei den Diagrammen für die Auswertung wurde die Reihenfolge der Standards nach Relevanz gewählt, das heißt, sie wurden absteigend nach den Kategorien, „sehr wichtig“, „wichtig“ und „mittel“ sortiert.

Frage 18: Referenzarchitektur und Datenplattformen

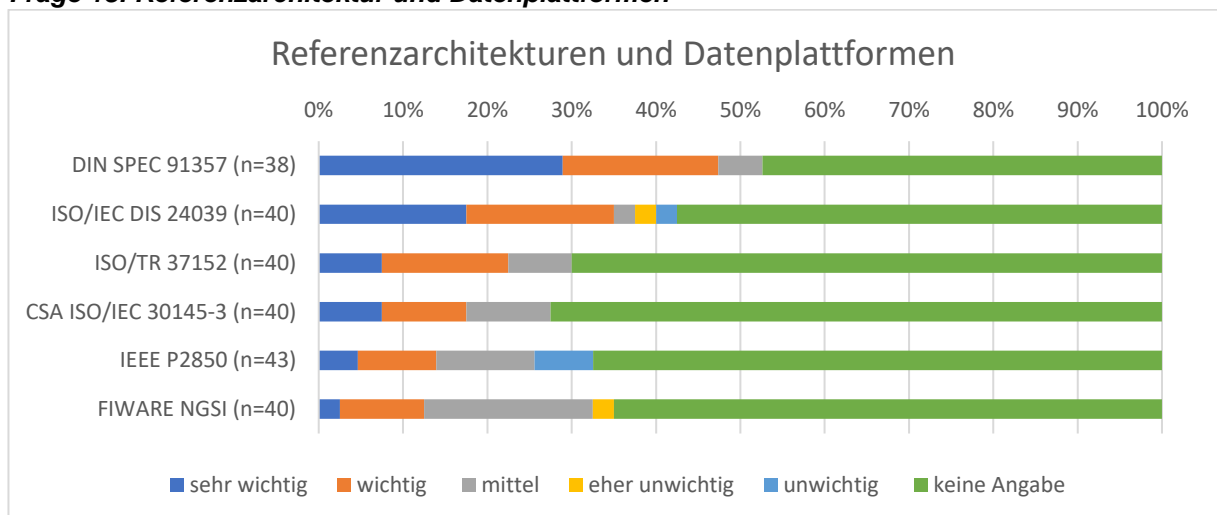


Abbildung 17: Umfrageauswertung Frage 18 – Referenzarchitektur und Datenplattformen

Frage 18 beschäftigt sich mit Standards zu Referenzarchitekturen und Datenplattformen. Hierbei fällt auf, dass die DIN SPEC 91357 im Vergleich mit den anderen Standards am relevantesten ist. Zusätzlich ist auch die ISO/IEC DIS 24039 vergleichsweise bekannt und als wichtig angesehen. Die anderen Standards sind überwiegend unbekannt, über 50% der Teilnehmer wählten hier „keine Angabe“. Da an der Umfrage ausschließlich deutsche Städte teilgenommen haben, könnte das erklären, warum die deutsche Norm in diesem Bereich am bekanntesten ist.

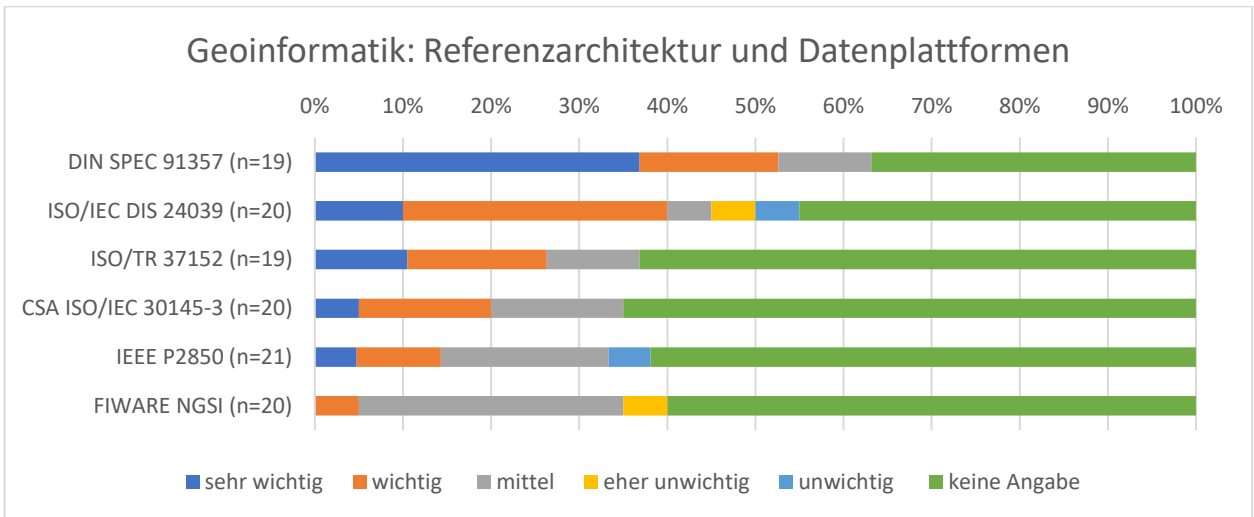


Abbildung 18: Umfrageauswertung Frage 18 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik

Wenn man im Vergleich dazu nur die Antworten aus dem Verwaltungsbereich Geoinformatik betrachtet, fällt auf, dass die Verteilung der Antworten recht ähnlich aussieht.

Frage 19: Internet of Things und Sensordaten

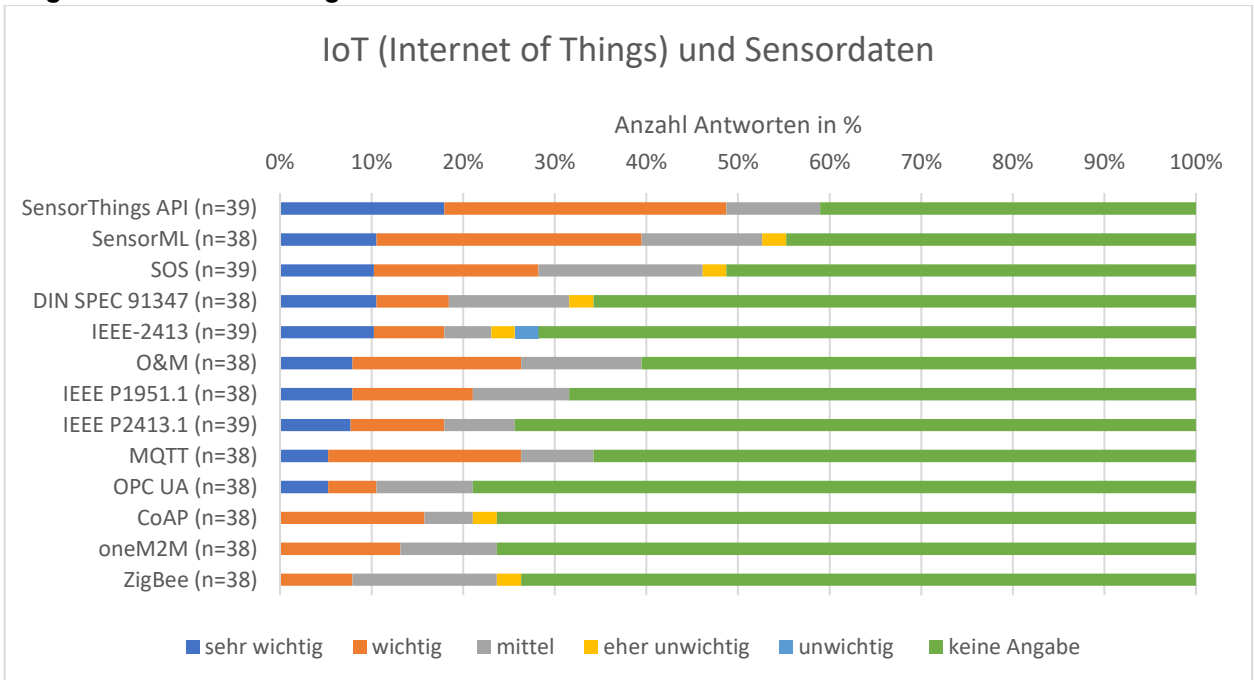


Abbildung 19: Umfrageauswertung Frage 19 – IoT und Sensordaten

Bei Frage 19 zu Internet of Things und Sensordaten wurde der Großteil der Standards zu über 50% mit „keine Angabe“ eingeschätzt, lediglich die Standards SensorThings API und SensorML erreichen über 50% Relevanzeinschätzungen. Dieses Ergebnis lässt vermuten das die Standards, mit Ausnahme von SensorThings API und SensorML, dem überwiegenden Teil der Teilnehmer unbekannt ist. Am relevantesten für den UDZ wird der neue Standard SensorThings API (siehe Kapitel 2.5.2) eingeschätzt, dieser wurde für ressourcenbeschränkte IoT-Geräte entwickelt ab und ermöglicht die Verwendung des MQTT Standards (OGC SensorThings API, 2021).

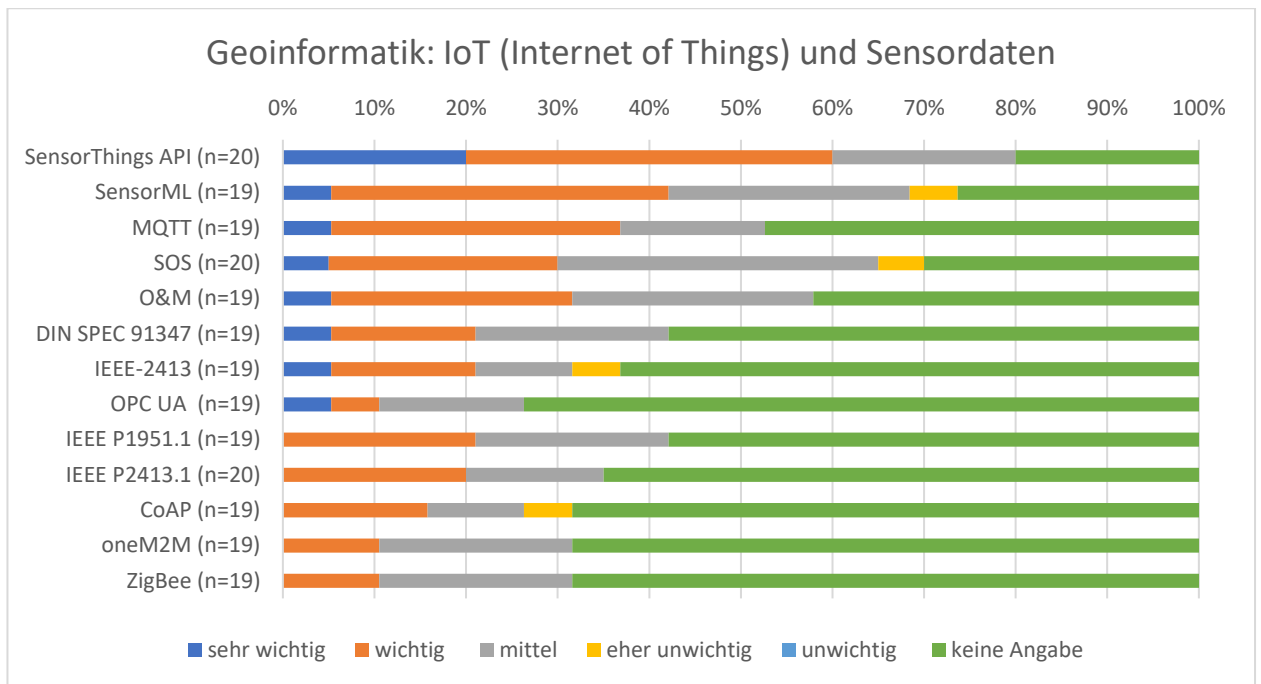


Abbildung 20: Umfrageauswertung Frage 19 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik

Wenn man im Vergleich dazu nur die Antworten der Teilnehmer aus dem Verwaltungsbereich Geoinformatik betrachtet, fällt auf, dass der überwiegende Anteil der Einschätzungen aus diesem Bereich stammt. Daher haben unter diesen auch weniger Teilnehmer „keine Angabe“ ausgewählt. Da die Standards in dem Diagramm nach Relevanz sortiert sind, hat sich die Reihenfolge im Vergleich zum vorherigen Diagramm geändert. Bei den Teilnehmern aus dem Bereich Geoinformatik ist der Standard MQTT direkt vor SOS und O&M auf den Platz hinter SOS vorgerückt. Dies kann daran liegen, dass diese Standards für den Bereich Geoinformatik eine höhere Relevanz haben oder nur innerhalb dieser Gruppe bekannter sind. Angesichts der fachlichen Hintergründe sind diese Unterschiede in der Rangfolge und absoluten Einschätzung erwartbar.

Frage 20: standardisierte Informationsmodelle und Datenaustauschformate

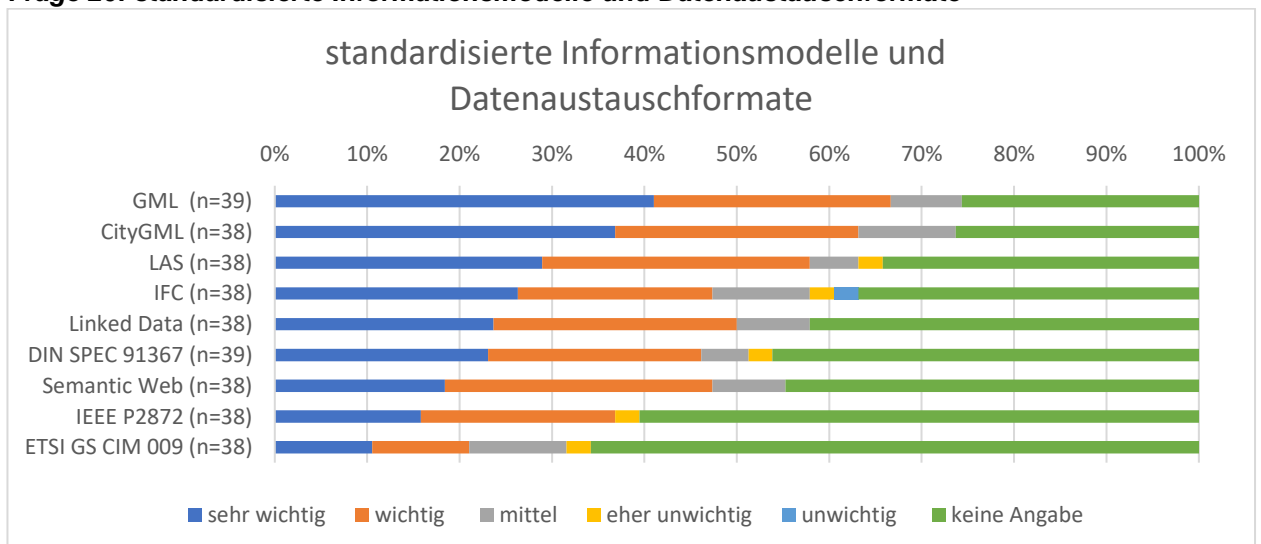


Abbildung 21: Umfrageauswertung Frage 20 - standardisierten Informationsmodellen und Datenaustauschformaten

Bei Frage 20 zu standardisierten Informationsmodellen und Datenaustauschformaten sind die OGC Standards Geography Markup Language (GML) und CityGML am bekanntesten und werden auch als am wichtigsten eingeschätzt. Insgesamt haben hier nur die Standards

IEEE P2872 und ETSI GS CIM 009 mehr als 50% „keine Angabe“. Die Standards in diesem Bereich des UDZ sind für die Befragten relevanter und bekannter als die Standards aus den anderen Bereichen. Bei Linked Data und Semantic Web ist anzunehmen, dass diese nur mit entsprechendem fachlichem Hintergrund bekannt sind und daher weiter unten in der Rangfolge erscheinen.

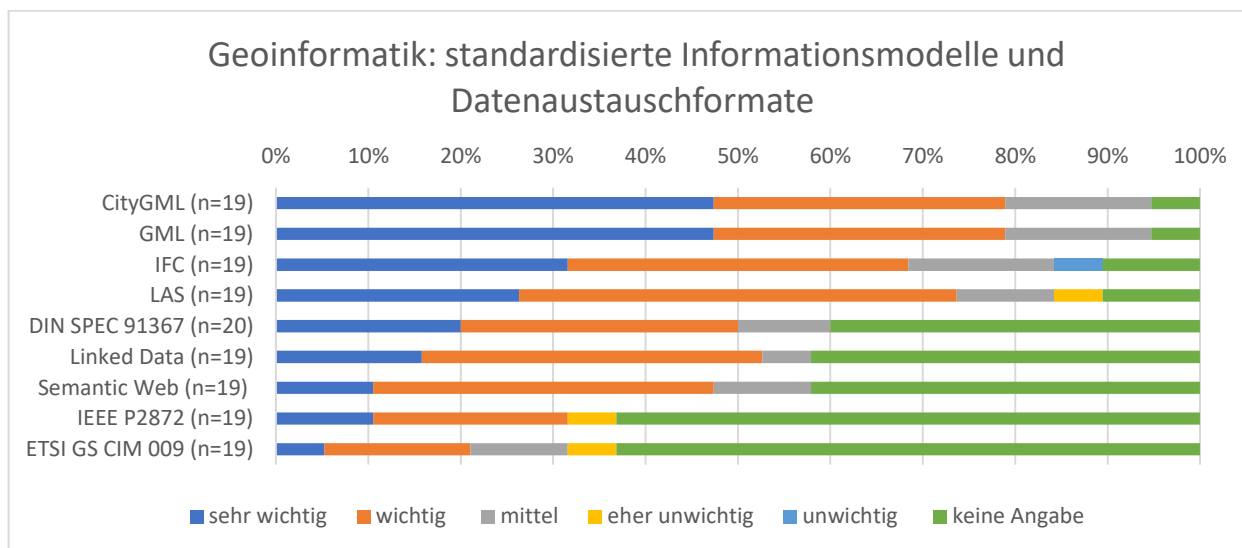


Abbildung 22: Umfrageauswertung Frage 20 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik

Wenn man im Vergleich dazu, nur die Antworten der Teilnehmer aus dem Verwaltungsbereich Geoinformatik betrachtet, fällt auf, dass der überwiegende Anteil der Einschätzungen aus diesem Bereich stammt, und daher bei dieser Frage weniger Teilnehmer „keine Angabe“ ausgewählt haben. Außerdem hat sich die Reihenfolge der Standards geändert. Beim Bereich Geoinformatik ist der Standard CityGML vor GML. Dies könnte daran liegen, dass der Standard in diesem Fachbereich eine hohe Relevanz besitzt und daher bekannter ist. Des Weiteren ist IFC vor LAS gerückt und Linked Data hinter die DIN SPEC 91367. Auffällig ist außerdem, dass die Standards CityGML, GML, IFC und LAS mit knapp oder über 90% Wichtigkeitseinschätzungen im Fachbereich Geoinformatik. Diese Standards haben für den Bereich Geoinformatik also eine hohe Relevanz für den UDZ.

Frage 21: räumlichen Visualisierungen und Geodaten-APIs

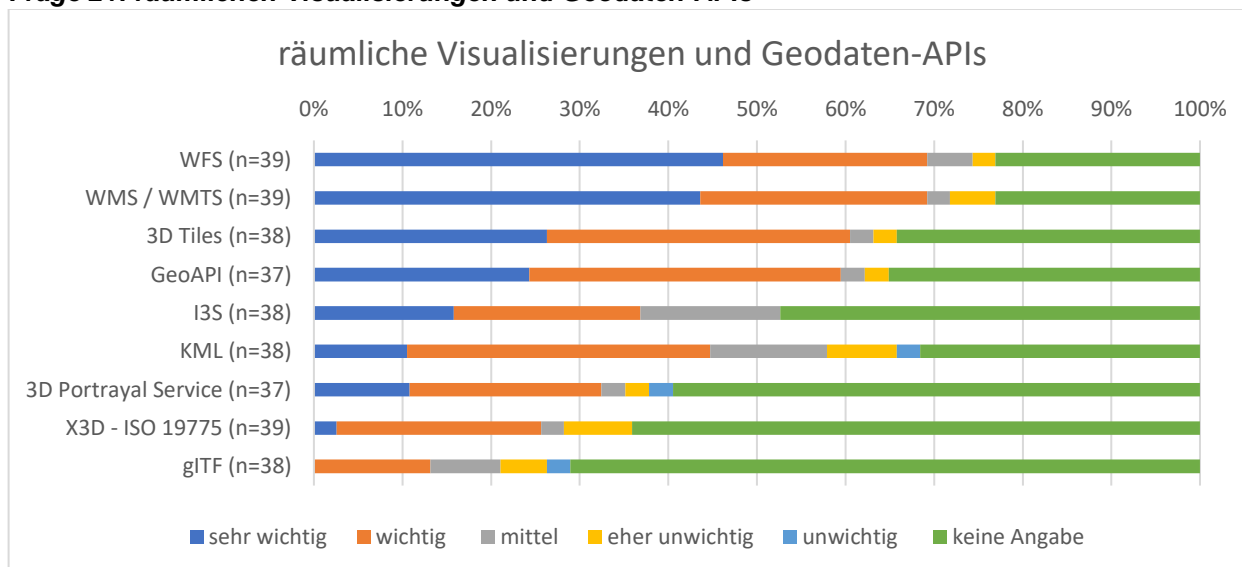


Abbildung 23: Umfrageauswertung Frage 21 – räumliche Visualisierungen und Geodaten-APIs

Bei Frage 21 zu räumlichen Visualisierungen und Geodaten-APIs waren wieder die OGC Standards am bekanntesten, die Standards Web Feature Service WFS und Web Map Service WMS/WMTS wurden dabei am wichtigsten eingeschätzt. Als „eher unwichtig“ oder „unwichtig“ wurden die Standards 3D Portrayal Service, X3D und gITF eingestuft. Diese Standards haben auch über 50% „keine Angabe“, daher sind diese offenbar zu großen Teilen unbekannt.

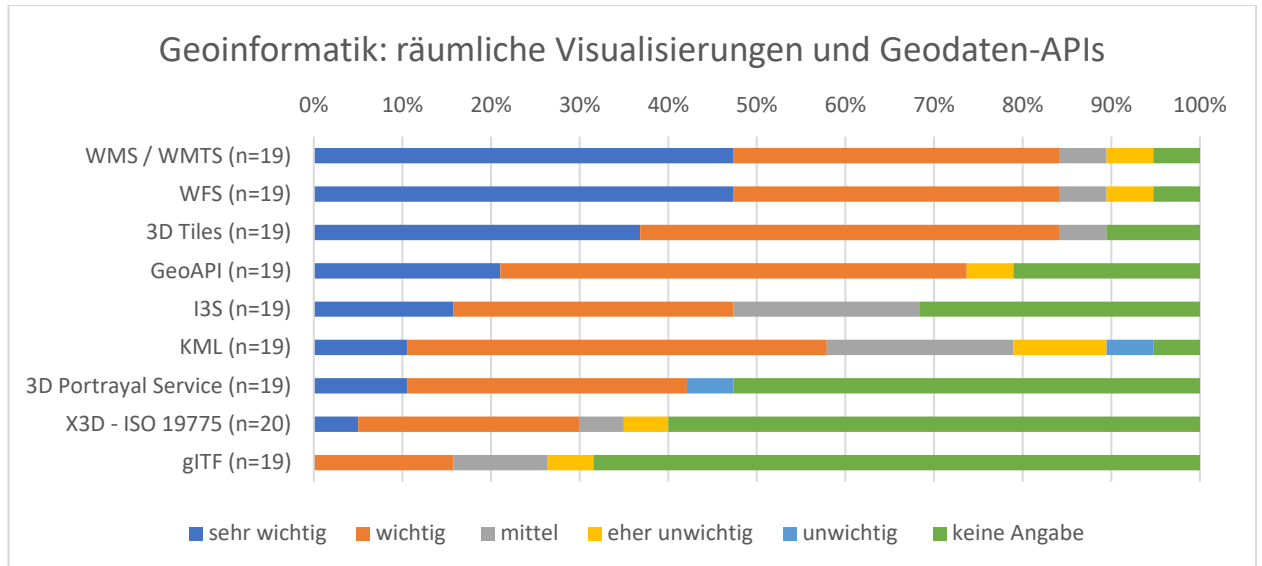


Abbildung 24: Umfrageauswertung Frage 21 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik

Wenn man im Vergleich dazu nur die Antworten der Teilnehmer aus dem Verwaltungsbereich Geoinformatik betrachtet, fällt auf, dass der überwiegende Teil der Einschätzungen aus eben diesem Verwaltungsbereich stammt und daher bei dieser Frage auch weniger Teilnehmer „keine Angabe“ ausgewählt haben. Hier sind die Standards WMS und WFS gleich eingeschätzt. Die sonstige Reihenfolge ist nicht verändert.

Frage 22: Metadatenkataloge

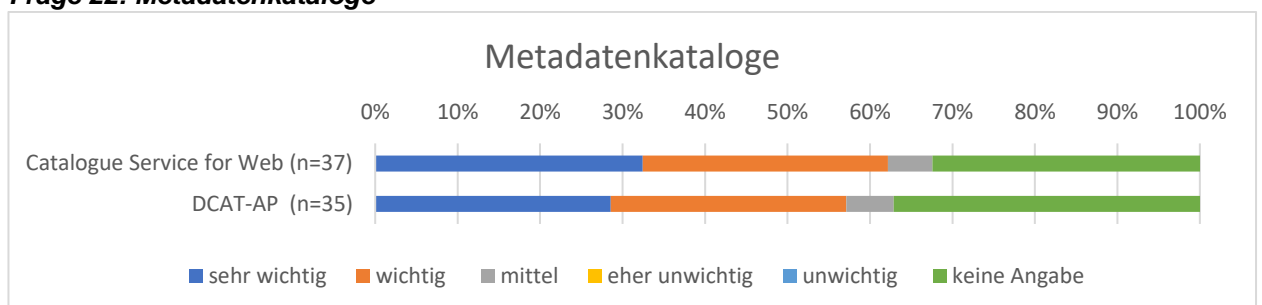


Abbildung 25: Umfrageauswertung Frage 22 – Metadatenkataloge

Bei Frage 22 zu Metadatenkatalogen waren die zwei Standards Catalogue Service for Web und DCAT-AP ähnlich eingeschätzt und jeweils überwiegend bekannt. Im Vergleich zum Bereich Geoinformatik fällt erneut auf, dass der überwiegende Teil der Einschätzungen aller Fachbereichen von diesen Teilnehmern stammt.

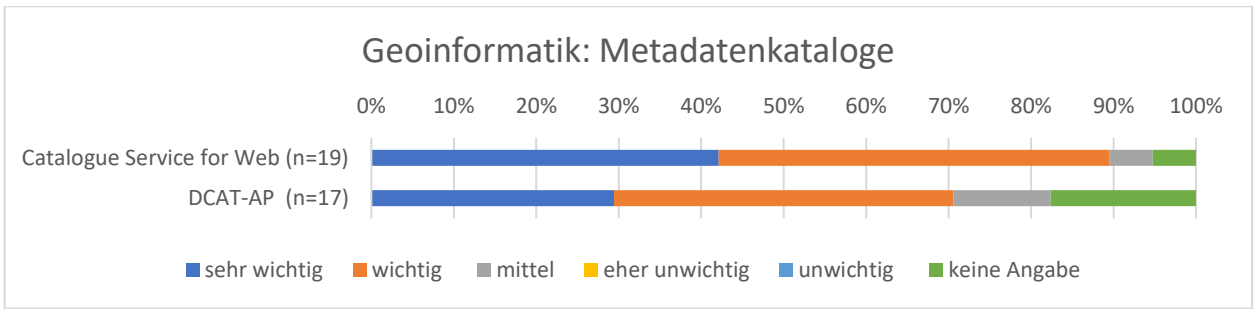


Abbildung 26: Umfrageauswertung Frage 22 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik

Frage 23: Terminologien und Leitfäden

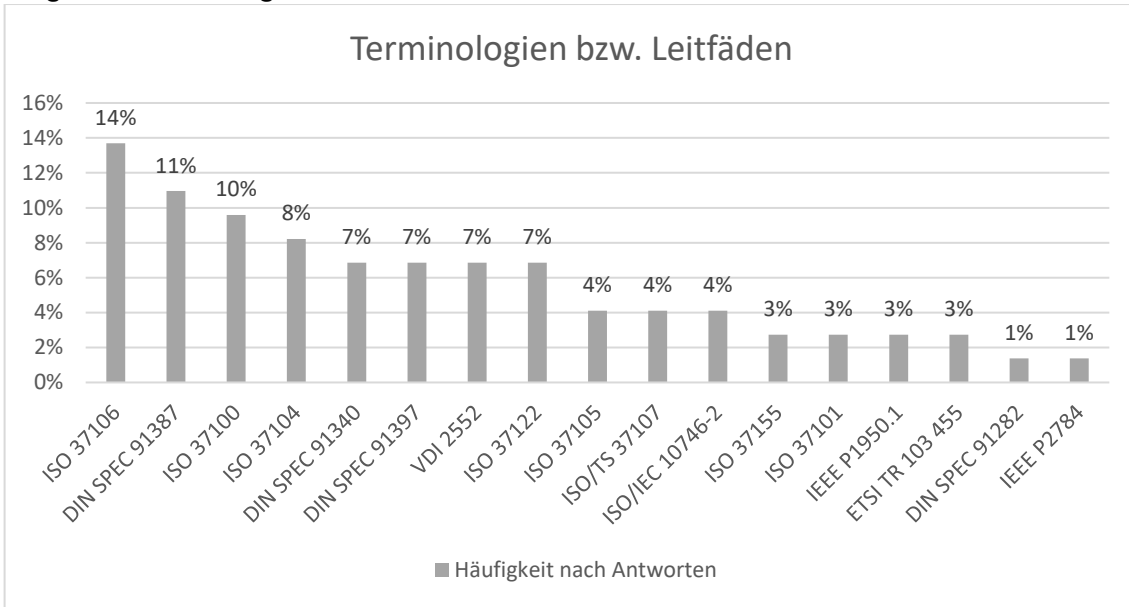


Abbildung 27: Umfrageauswertung Frage 23 – Terminologien und Leitfäden (n=73)

Es gibt einige Leitfäden bzw. Terminologien zum Bereich Smart Cities und UDZ, wie in 2.5.6 ausgeführt. Daher wurden diese in einer gesonderten Frage betrachtet. Hierbei wurde lediglich abgefragt, ob diese den Teilnehmern bekannt sind. Die Teilnehmer konnten im Multiple-Choice-Verfahren Antwortmöglichkeiten auswählen. An der Frage nahmen 20 von 39 Teilnehmern teil und gaben insgesamt 73 Antworten. Am bekanntesten ist die ISO 37106 (14%) die einen Leitfaden für Führungskräfte aus Städten und Kommunen bietet, der diese bei der Entwicklung eines digitalen bürgernahen Betriebssystems unterstützen soll. Direkt dahinter liegt die DIN SPEC 91387 (11%), die eine Zusammenstellung der grundlegenden Begriffe und Definitionen bietet und den Kommunen eine Standortbestimmung im Bereich UDZ ermöglicht. Ebenfalls knapp dahinter ist die ISO 37100, die ähnlich wie die DIN SPEC Begriffe für den Bereich nachhaltige Entwicklung der intelligenten kommunalen Infrastruktur definiert. Das diese drei Normen am häufigsten ausgewählt wurden, zeigt, dass diese am bekanntesten sind. Ein möglicher Rückschluss ist, dass sich viele Kommunen zu Beginn mit den Begriffen und Definitionen auseinandersetzen.

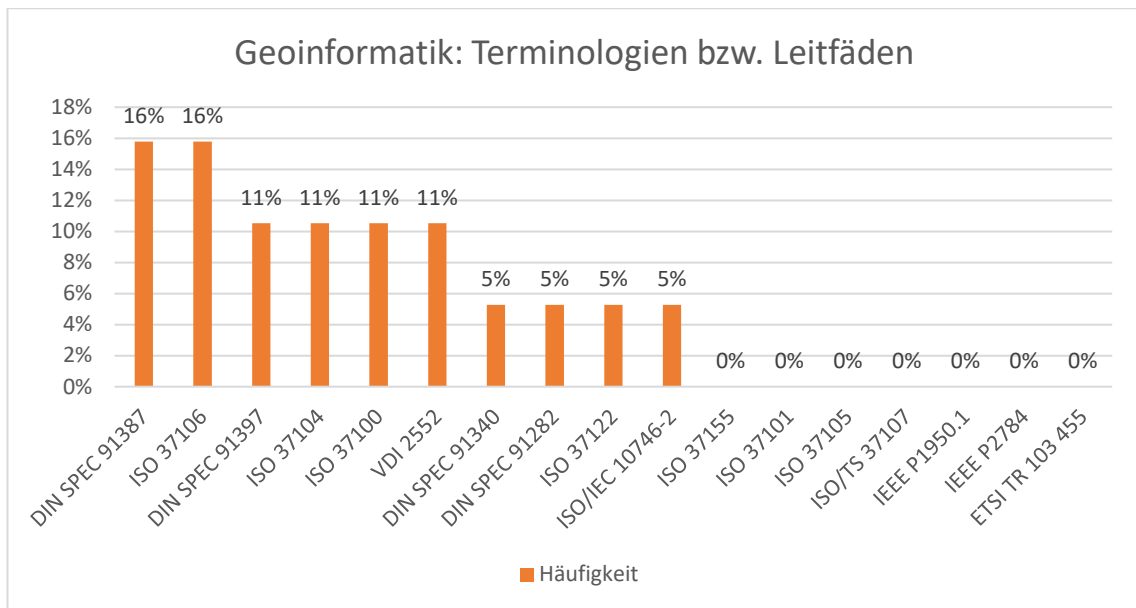


Abbildung 28: Umfrageauswertung Frage 23 – Terminologien und Leitfäden (n=19)

Wenn man nur die Antworten (19 Antworten bei 8 Teilnehmern) aus dem Bereich Verwaltungsbereich Geoinformatik betrachtet, fällt auf, dass die Verteilung sehr ähnlich ist zu der Gesamtverteilung.

Kommentare zum Thema Standards (Frage 24)

Bei der Frage nach Kommentaren zum Thema Standards geben Teilnehmer an, dass ihnen zum Thema Standards ein Leitfaden in Form einer Best Practice fehlt, der eine Übersicht bietet und die Best Practice hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf andere Kommunen bewertet. Ebenso sind Vereinheitlichungen und praxisnahe Unterstützungen und Handreichungen, in Form von z.B. How-To's und Textbausteinen für Ausschreibungen gewünscht. Außerdem wurde um Empfehlungen in Bezug auf die Standards im Anschluss an die Umfrage gebeten. Des Weiteren wurde angemerkt, dass die Fragen nach den Standards insbesondere kleinere Kommunen überfordert, da diese Expertenwissen benötigen, welches nicht vorhanden ist.

3.3.5 Datenmanagement beim Urbanen Digitalen Zwilling

In diesem Teil der Umfrage wurden grundlegende Fragen zum Datenmanagement bei UDZ gestellt.

Daten des UDZ (Frage 25)

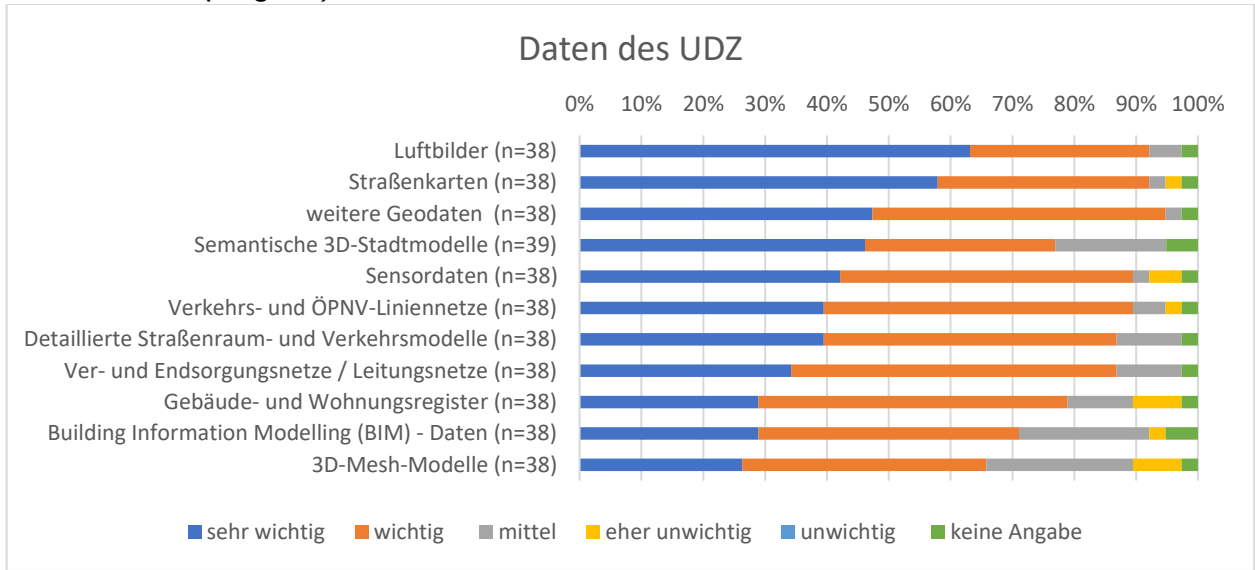


Abbildung 29: Umfrageauswertung Frage 25 – Daten des UDZ

Bei dieser Frage wurde die Relevanz von Daten für den UDZ, nach dem gleichen Prinzip wie bei den Fragen zu den Standards abgefragt. Bei den Antworten ist auffällig das nur sehr wenige „keine Angabe“ gewählt haben. Dies deutet darauf hin, dass der Großteil der Teilnehmer sich schon mit den Daten auseinandergesetzt hat und diese einordnen kann. Am wichtigsten für den UDZ werden die Luftbilder und Straßenkarten mit über 50% als „sehr wichtig“ eingeschätzt. Des Weiteren wurden weitere Geodaten (z.B. Karten und Daten mit Fachbezug), semantische 3D-Stadtmodelle, Sensordaten, Verkehrs- und ÖPNV-Liniennetze, detaillierte Straßenraum- und Verkehrsmodelle sowie Ver- und Entsorgungsnetze /Leitungsnetze von über einem Drittel als „sehr wichtig“ eingeordnet. Als „eher unwichtig“ wurde Gebäude- und Wohnungsregister und 3D-Mesh-Modell einsortiert. Beim Kommentarfeld wurden als weitere relevante Daten Echtzeitdaten (z.B. Air Quality) und Wärmebilder genannt.

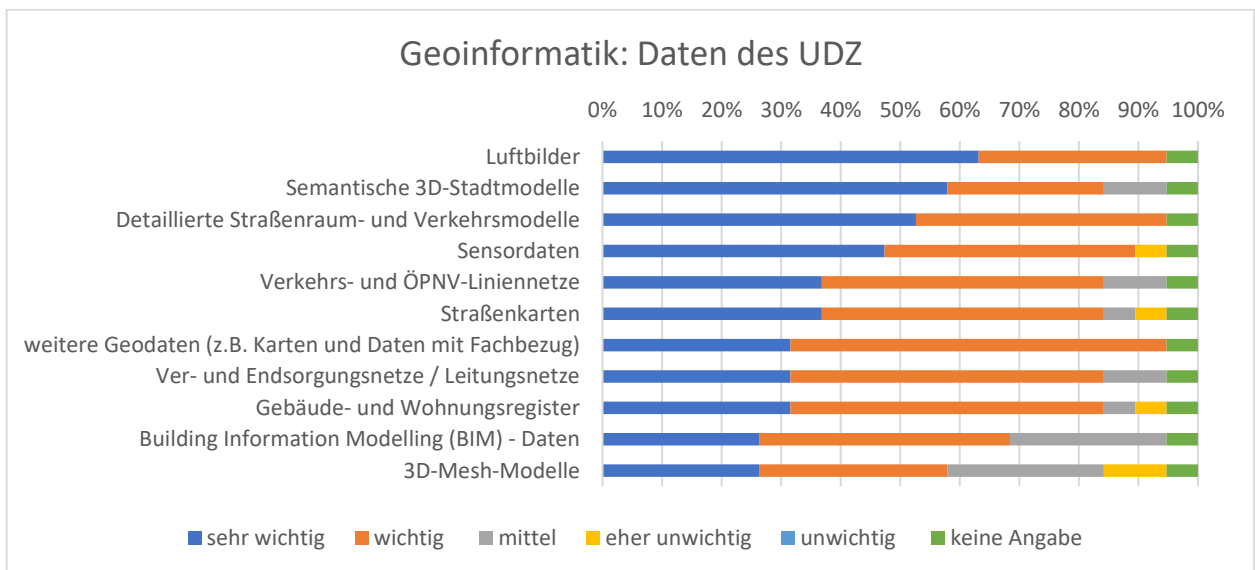


Abbildung 30: Umfrageauswertung Frage 25 – nur Verwaltungsbereich Geoinformatik (n=19)

Im Vergleich dazu wird der Verwaltungsbereichs Geoinformatik betrachtet, bei dem sich ein ähnliches Bild ergibt. Jedoch änderten sich bei einigen Standards die Rangfolge bezüglich ihrer Wichtigkeit: die Semantische 3D-Stadtmodelle und detaillierte Straßenraum- und Verkehrsmodelle sind auf den zweiten und dritten Rang vorgerückt. Dies könnte am fachlichen Hintergrund der Teilnehmer liegen, da diese oft mit solchen Modellen arbeiten und sie daher als relevanter einordnen.

Relevant von OpenData (Frage 26)

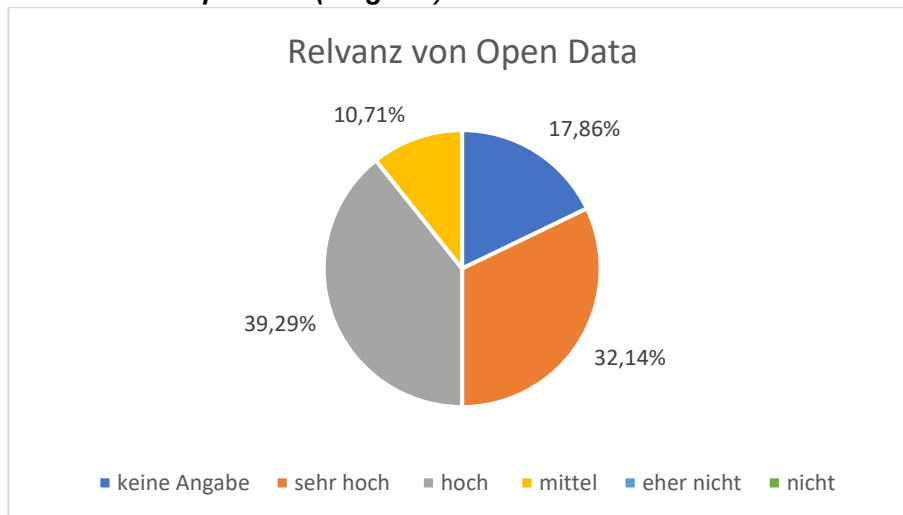


Abbildung 31: Umfrageauswertung Frage 26 – Relevanz von Open Data (n=28)

Bei der Frage nach der Relevanz von OpenData antworteten 28 Teilnehmer. Da die in Antworten freiem Text abgegeben wurden, ist die Frage nicht quantitativ auswertbar. Die exakten Antworten sind im Anhang zu finden. Die Antworten wurden im Zuge der Auswertung grob in die Kategorien „sehr hohe“, „hohe“, „mittlere“, „eher geringe“, „geringe“ Relevanz eingeteilt, sowie in „keine Angabe“. Demnach schätzen knapp 30% der Teilnehmer Open Data mit sehr hoher Relevanz ein. Unter diesen Teilnehmern gab es folgenden Einzelmeinungen:

- Wenn möglich sollte Open Data verwendet werden → „open by default“
- Abweichung nur in begründeten Ausnahmen
- Verbreitung von Daten wird wesentlich vereinfacht
- Datenverfügbarkeit
- Der Datenschutz muss aber dabei berücksichtigt werden (auch weitreichender gedacht, z.B. hinsichtlich Rückschlüsse aus Bewegungsmodellen)
- Erste Priorität, Datensouveränität, Datenkontrolle, Datensicherheit, Datenhoheit
- sehr wichtig, dass alle Daten verfügbar sind
- Klares Ziel ist open Data, daher zunächst Vermeidung datenschutzbehafteter Inhalte

Des Weiteren schätzten 39% der Teilnehmer die Relevanz als „hoch“ ein. Dabei wurden folgende Anmerkungen gemacht:

- als Datenquelle immer eine hohe Relevanz.
- Bei Open Data aus dem Zwilling / der UDP heraus, kommt es immer auf den Use Case an. Closed Data für z.B. schützenswerte Daten und daher nur Nutzung im durch Governance beschriebenen Kontext, ist ein sehr valides Szenario
- überwiegende Anzahl der Daten und Informationen muss Open Data sein
- Wichtige Grundlage für Transparenz, Sichtbarkeit und erste Ansätze
- Zunehmende Bedeutung
- Sollte nicht überschätzt werden da die Kosten für Daten ein lösbares Hindernis darstellen

- Wichtig um Abhängigkeit von bestimmten Herstellern und hohe Kosten zu vermeiden
- Treiber für Verbreitung der Daten an alle Nutzergruppen
- Digitaler Rohstoff für die Verbesserung und Unterstützung eines UDZ

Zudem schätzen 11% der Teilnehmer die Relevanz als mittel ein; bei diesen spielt Open Data eher beiläufig eine Rolle. Weitere 11% der Teilnehmer konnten keine Angabe machen, unter anderem weil sich der jeweilige UDZ noch in der Entwicklung befindet.

3.3.6 Weitere optionale Fragen und Feedback

In diesem letzten Abschnitt konnten die Teilnehmer optionales Feedback zum Fragebogen und ihren Erfahrungen mit dem UDZ geben.

Erfahrungen in Bezug auf UDZ (Frage 27)

Bei Frage 27 wurde den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben ihre Erfahrungen im Bezug zum UDZ mitzuteilen, sowie mögliche Hürden und Potenziale aufzuzeigen. Die exakten Antworten sind im Anhang zu finden.

Erfahrungen:

- Große Überzeugungsarbeit erforderlich, da derartige Modelle in der kommunalen Politik noch nicht wirklich angekommen sind
- Unterschiedliche Interessen bei der Kooperation mit Stadtwerken
- Bereits existierende UDZ beeindruckend aber Prozesse dahinter oft noch nicht optimal
- Der Ansatz muss sich jedoch in die vorhandenen, über Jahre gewachsenen Strukturen und in produktive Lösungen einfügen. Das bedeutet viel Kommunikation, viel Aufwand und einen starken Fokus auf die Anforderungen und die Lösungen.
- Für Diskussionen in den Gremien wird eine 3D-Darstellung immer wichtiger werden
- Große Bandbreite bezüglich der Ansicht welche Techniken, Daten und Infrastrukturen eine UDZ ausmachen
- Gefahr, die Datenplattform nur mit Blick auf den Output zu planen. Die Datenhaltung, Datenbearbeitung und die Dateneinspeisung (Input) müsste in der Diskussion zuerst kommen.
- Bisher v.a. Initiative und Daten etc. aus dem Bereich Geoinformation aber in anderen Fachbereichen oft noch nicht als zentrales Thema angekommen
- Allgemeine Definition des UDZ große Herausforderung, aber wichtige Grundlage

Hürden:

- Es fehlen noch integrierte Standards für georeferenzierte und nicht georeferenzierte Daten
- unklare Zuständigkeiten
- Ängste und Bedenken
- fehlendes Know-How
- fehlende Ressourcen, Fachkräfte und finanzielle Mittel
- fehlende Hilfsmittel für Ausschreibungen
- Nutzen in Fachämtern wird oft nicht erkannt
- Widerstand und Trägheit in Fachämtern
- Notwendigkeit von Data Excellence wird nicht erkannt
- Bewusstsein für Daten muss erst noch geschaffen werden
- Erfassung der notwendigen Daten beruht teilweise auf Freiwilligkeit
- Kein gemeinschaftliches Verständnis; dieses sollte sein: Jede/r muss souveräne Open Data Datensätze liefern, sodass alles auf einer zentralen Plattform gebündelt und für alle wiederum zur Verfügung gestellt werden kann.
- Aufbau und Pflege bindet viele Ressourcen

- Kombination von Datenquellen mittels Zugangs über eine Metadatensuche sollte möglich sein
- Parallelität der Welten 3D Meshed Modelle/City GML Modell (s. Helsinki)
- Einbau eines 3D-Meshs in das städtische Geoportal schwieriger als erwartet

Potentiale:

- Künftig wichtiges Werkzeug in den Kommunen für integrierte Stadtentwicklung, Stadtplanung und Beteiligungsprozesse
- Ermöglichen datenbasierte Entscheidungsgrundlage für Stadtspitze und Politik
- Viele neue Bürgerservices können angeboten werden
- Vermehrt qualifizierte Daten für Planung und statistisch Auswertung
- Kombination verschiedener Fachdaten möglich
- Die Digitalisierung einer Stadt oder Region geht mit dem Konzept des UDZ schneller und effizienter

Zukunft des UDZ (Frage 28)

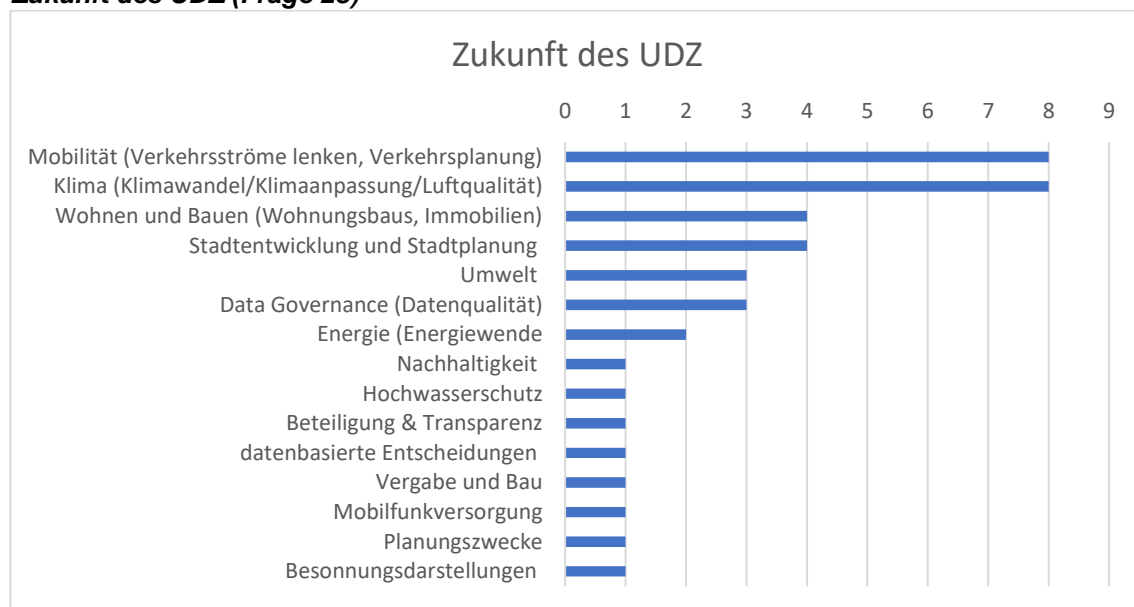


Abbildung 32: Umfrageauswertung Frage28 – Zukunft des UDZ (n=40)

Die letzte Frage lautete: „Wenn Sie sich für Ihre Stadt einen Urbaner Digitalen Zwilling (bzw. Urbane Datenplattform etc.) in Zukunft vorstellen, welche Themen sehen Sie als prioritär für erste Lösungsansätze in der Stadt?“ Da die Frage ein Textfeld war kann diese nicht quantitativ ausgewertet werden. Die am häufigsten genannten Begriffe wurden dennoch im obigen Diagramm veranschaulicht.

Außerdem wurden noch folgenden Bereiche im Kommentarfeld genannt:

- Intern: Integriertes GIS-System für alle Fachbereiche und städtische Betriebe
- Extern: 'Vollständiges' Abbild der Kommune in allen Lebensbereichen der Bürger
- Vereinfachung der Usability (intuitive Nutzung für Bürger)
- Planung von neuen Wohnquartieren mit allen Belangen (Verkehr, Nahverkehr, Spielplätze, Straßen, Ver- und Entsorgung, Grünanlagen etc.),
- Bereitstellung von Dashboards zur Präsentation von Verwaltungshandeln z.B. Ausschöpfung von Finanzmitteln auf kommunaler Ebene
- Standardisierte Bereitstellung raumbezogener Informationen
- Schaffung eines Bewusstseins für Datenqualität und den Wert von Daten
- Themen die Mehrwerte für die Erreichung der Agenda 2030 haben

- Umsetzung der Energiewende auf lokaler Ebene haben
- Den Input vor dem Output diskutieren
- Die Plattform zuvorderst als Verwaltungswerkzeug aufbauen, um dann eine Urbane Datenplattform zu generieren
- Allgemeine Definition in der DIN SPEC angehen
- inhaltliche Ausgestaltung des Urbane Digitalen Zwilling klären (Geobasiszwillig - Fachinformationen)
- technische Herausforderung bezüglich Datenbereitstellung umsetzen (Urban Data Platform Roadmap)
- Vernetzung in der Stadt mit allen Zielgruppen (Zivilgesellschaft, Wirtschaft, Forschung und Verwaltung)
- Vernetzung mit den Stakeholdern in der Metropolregion Hamburg
- Vernetzung auf Bundes- und europäischer Ebene
- Optimierung von Verkehrsabläufen (Ampelschaltung, Parkplatzsituationen, automatische Wegeleitsysteme)
- Lösungsansätze, die sowohl in der Verwaltungsarbeit von großer Bedeutung sind bzw. für den Bürger einen großen Mehrwert darstellen

4 Schlussbetrachtung: Fazit und Ausblick

Aus den verschiedenen Definitionen, die in 2.1 vorgestellt wurden, wird deutlich, dass baldmöglichst eine allgemeingültige Definition für den Urbanen Digitalen Zwilling (UDZ) in Form eines Standards veröffentlicht werden sollte. Da diese eine wichtige Basis und Kommunikationsgrundlage für die Implementierung von UDZs in Deutschland darstellt. Die vom CUT-Projekt angestrebte Definition des Urbanen Digitalen Zwilling ist daher ein wichtiger Schritt, der die Einführung und die Arbeit mit ihm erleichtern würde.

Die Definitionen der Standards im Kapitel 2.5 zeigen, dass bereits viele Standards für den UDZ und die Urbane Datenplattform (UDP) vorhanden sind. Einige Standards umfassen verschiedene Anwendungsbereiche und anderen ergänzen sich in ihren Funktionen. Ein Beispiel ist der Standard SensorThings API der viele Funktionen vom Sensor Observation Service (SOS) übernimmt und um neue erweitert, und diesen daher teilweise ablöst.

Die Umfrage hat gezeigt, dass im Bereich Referenzarchitektur und Datenplattformen die DIN SPEC 91357 als am wichtigsten für den UDZ eingeschätzt wird, bei dem Internet of Things (IoT) und Sensordaten ist es der SensorThings API Standard. Im Bereich der standardisierten Informationsmodelle und Datenaustauschformate ist der Standard GML direkt vor CityGML als am relevantesten beurteilt worden. Bei den Standards für die räumlichen Visualisierungen und Geodaten-APIs sind WFS und WMS/WMTS von den Teilnehmern als am wichtigsten eingeschätzt worden. Bei der Gruppe der Metadatenkataloge sind die beiden Standards fast gleich auf, der Catalog Service for Web ist knapp vor dem DCAT-Standard. Bei der Frage zu den Terminologien und Leitfäden sind die ISO 37106 und die DIN SPEC 91387 am bekanntesten. Zu den Standards kommentierten Teilnehmer unter anderem, dass ihnen ein Leitfaden mit Best Practice Beispielen und deren Übertragbarkeit auf ihre Kommune, sowie eine Empfehlung bezüglich der Standards, helfen würde. Die Daten, die am relevantesten für den UDZ eingeordnet wurden, sind Luftbilder, Straßenkarten, weitere Geodaten und semantische 3D-Stadtmodelle. Die Relevanz von Open Data beim UDZ wurde überwiegend als sehr hoch oder hoch eingeschätzt.

Bei der Frage in welchem Verwaltungsbereich die Teilnehmer tätig sind, fiel auf, dass etwa die Hälfte (51%) der Teilnehmer aus dem Bereich Geoinformatik kommt. Das passt zu der Frage nach der fachlichen Zuständigkeit für den UDZ, bei der 44% der Teilnehmer angaben, dass diese im Bereich Geoinformatik liegt. Bei den folgenden Fragen zu den Standards wurden auf Grund des großen Anteils aus dem Bereich Geoinformatik die Antworten dieser Teilnehmer mit den Antworten aller Teilnehmer verglichen. Dabei zeigte sich, dass der überwiegende Teil der Teilnehmer, der die Relevanz eingeschätzt hat, aus eben diesem Bereich kommt. Die aus anderen Fachbereichen haben überwiegend keine Angabe gemacht. Dies kann darin begründet sein, dass die Teilnehmer sich durch ihren fachlichen Hintergrund stärker mit den Themen auseinandergesetzt haben und daher die Relevanz besser einschätzen können.

Zum Schluss teilten die Teilnehmer ihre Erfahrungen mit dem UDZ und der UDP dabei, ergab sich ein einheitliches Bild. Die Teilnehmer gaben unter anderem an das fehlende Ressourcen und Knowhow Hürden bei der Umsetzung darstellen. Das Potential des UDZs wird in der Möglichkeit der schnelleren und effizienteren Umsetzung der Digitalisierung und der Verbesserung von Bürgerservices, Stadtplanung und Beteiligungsprozessen gesehen.

Um den Fortschritt in der Umsetzung des UDZ und der zugehörigen Standards zu messen, wäre es zielführend, eine Umfrage auf Basis dieser in beispielsweise 5 Jahren zu wiederholen. Sofern bekannt ist wie lange die Umsetzung eines UDZ von der Verabschiedung bis zur Inbetriebnahme dauert, kann ein darauf basierendes Zeitintervall gewählt werden. Dann wäre es auch interessant zu sehen, ob sich bei jenen die schon UDZ in Betrieb haben, die Präferenzen im Bereich der Standards verschieben und welche

Erfahrungen in der vergangenen Zeit gesammelt wurden. Bei der Durchführung einer erneuten Umfrage, wäre es zum einen interessant, den Personenkreis der Befragten zu erweitern, sodass die Umfrage nicht überwiegend auf den Arbeitskreis Geoinformatik beschränkt ist. Außerdem würde es einen Erkenntnisgewinn bringen, wenn gezielt Personen, die mit der Implementierung von UDZ und UDP befasst sind, befragt werden. Das könnten dann zum Beispiel vermehrt Personen aus der IT sein. Eine weitere Möglichkeit ist es gezielt zu recherchieren welche Städte eine CDO (Chief Digital Officer) haben und diese oder eine ähnliche Umfrage an genau diese Personen dann zu verteilen, da diese womöglich einen größeren Überblick über die Entwicklung in ihrer Stadt haben. Ein weiterer Ansatz wäre es die Umfrage im Bereich der Industrie zu verteilen, da einige Firmen auch mit der Implementierung von Smart Cities beschäftigt sind. Interessant wäre, ob diese dann einen ganz anderen Blick auf die Standards haben und möglicherweise sogar andere Standards verwenden.

Auf methodischer Ebene sollte in künftigen Umfragen dieser Art darauf geachtet werden, dass bei der Relevanzabfrage das Feld „keine Angabe“ nicht in einer gesonderten Spalte abgefragt wird sondern als eine der Single-Choice-Optionen gestellt wird, um die Ergebnisse auch in quantitativer Hinsicht aussagekräftig zu halten.

5 Literaturverzeichnis

- 3D Tiles, 2018: 3D Tiles Specification 1.0. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/3DTiles>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.
- Batty, Michael (2018): Digital twins. In: *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 45 (5), S. 817–820. DOI: 10.1177/2399808318796416.
- Bauer, Martin; Cirillo, Flavio; Fürst, Jonathan; Solmaz, Gürkan; Kovacs, Ernö (2021): Urban Digital Twins – A FIWARE-based model. In: *at - Automatisierungstechnik* 69 (12), S. 1106–1115. DOI: 10.1515/auto-2021-0083.
- buildingSMART (2022): About buildingSMART. Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.org/about/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.
- CoAP, 2014: The Constrained Application Protocol (CoAP). Online verfügbar unter <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.
- Connectivity Standards Alliance (2022a): ABOUT US: The Alliance is the Foundation and Future of the IoT. Online verfügbar unter <https://csa-iot.org/about/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.
- Connectivity Standards Alliance (2022b): Benefits of Zigbee. Online verfügbar unter <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/why-zigbee/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.
- CUT (2022): Connected Urban Twins. Digitale Zwillinge für die Stadtentwicklung der Zukunft. Online verfügbar unter <https://connectedurbantwins.de/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.
- DCAT-3, 2022: Data Catalog Vocabulary (DCAT). Online verfügbar unter <https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-3/>, zuletzt geprüft am 14.04.2022.
- DCAT-AP.de, 2022: DCAT-AP-Spezifikation. Online verfügbar unter <https://www.dcat-ap.de/>, zuletzt geprüft am 04.04.2022.
- Deigele, Wolfgang; Donaubaer, Andreas; Moshrefzadeh, Mandana; Kolbe, Thomas (2020): Leitfaden Geobasierter Digitaler Zwilling nach der SDDI-Methode. Version 1.0. Online verfügbar unter <https://www.bayern-innovativ.de/seite/sddi-leitfaden>.
- Deutscher Städtetag (2021): Die Stadt der Zukunft mit Daten gestalten. Souveräne Städte – nachhaltige Investitionen in Dateninfrastrukturen.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2021): Technologie und Mensch in der Kommune von morgen. Impulspapier II zu Normen und Standards – Smart City. Hg. v. DIN e.V. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/smart-cities/smartcities-publikationen>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2022a): DIN - kurz erklärt. Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2022b): Smart City Standards Forum. Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/smart-cities/smart-city-standards-forum>, zuletzt geprüft am 14.04.2022.
- DIN CLC/TR 62541-1, 2011: OPC Unified Architecture – Teil 1: Übersicht und Konzepte (IEC/TR 62541-1:2010);
- DIN SPEC 91282, 2012: Terminologie für das Securitymanagement von Verkehrsinfrastrukturen. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91282/155762898>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91340, 2016: Terminologie der intelligenten individuellen urbanen Mobilität. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91340/261331623>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91347, 2018: Integrierter multifunktionaler Humble Lamppost (imHLA). Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91347/286057133>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91357, 2017: Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP). Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91357/281077528>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91367, 2019: Urbane Mobilitätsdatensammlung für Echtzeitapplikationen. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91367/303381685>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91387, 2020: Kommunen und digitale Transformation - Übersicht der Handlungsfelder. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91387/326373721>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

DIN SPEC 91397, 2022: Leitfaden für die Implementierung von digitalen Systemen des Quartiersmanagements. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91397/350481352>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

ETSI (2022a): About ETSI. Online verfügbar unter <https://www.etsi.org/about>, zuletzt geprüft am 14.04.2022.

ETSI (2022b): oneM2M. Online verfügbar unter <https://portal.etsi.org/Services/Centre-for-Testing-Interoperability/Activities/M2M/oneM2M>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

ETSI GS CIM 006, 2019: Information Model (MOD0). Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/006/01.01.01_60/gs_CIM006v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

ETSI GS CIM 009, 2019: NGSI-LD API. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/009/01.01.01_60/gs_cim009v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

ETSI TR 103 455, 2020: Human Factors (HF); Smart cities and communities; Standardization for citizens and consumers. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103400_103499/103455/01.01.01_60/tr_103455v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2020.

GML 3.3.0, 2012: OGC® Geography Markup Language (GML) — Extended schemas and encoding rules. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/gml>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

Hartlieb, Bernd; Hövel, Albert; Müller, Norbert (Hg.) (2016): Normung und Standardisierung. Grundlagen. Deutsches Institut für Normung; Beuth Verlag. 2., aktualisierte Aufl. Berlin, Wien, Zürich: Beuth (Praxis). Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4772729>.

IEEE 2413, 2019: Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT). Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/2413/6226/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

IEEE 2413.1, 2018: Standard for a Reference Architecture for Smart City (RASC). Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/2413.1/7331/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

IEEE P1950.1, 2020: Standard for Communications Architectural Functional Framework for Smart Cities. Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/1950.1/10176/>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

IEEE P1951.1, 2020: Standard for Smart City Component Systems Discovery and Semantic Exchange of Objectives. Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/1951.1/10177/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

IEEE P2784, 2017: Guide for the Technology and Process Framework for Planning a Smart City. Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/2784/7138/>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

IEEE P2850, 2019: Standard for an Architectural Framework for intelligent Cities operation System. Online verfügbar unter <https://sagroups.ieee.org/2850/>, zuletzt geprüft am 10.04.2022.

IEEE Standards Association (2022a): IEEE at a Glance. Online verfügbar unter <https://www.ieee.org/about/at-a-glance.html>, zuletzt geprüft am 14.04.2022.

IEEE Standards Association (2022b): Standard for Interoperable and Secure Wireless Local Area Network (WLAN) Infrastructure and Architecture. Online verfügbar unter <https://standards.ieee.org/ieee/2872/10175/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

IFC 4.1, 2018: Industry Foundation Classes - Version 4.1.0.0. Online verfügbar unter https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

International Organization for Standardization (2020): ISO and Sustainable Cities. Schweiz. Online verfügbar unter <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100423.pdf>, zuletzt geprüft am 22.01.2022.

Internet Engineering Task Force (IETF) (2004): A Mission Statement for the IETF. Online verfügbar unter <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc3935/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

ISO 37100, 2016: Sustainable cities and communities — Vocabulary.

ISO 37101, 2016: Sustainable development in communities - Management system for sustainable development - Requirements with guidance for use.

ISO 37104, 2019: Sustainable cities and communities - Transforming our cities - Guidance for practical local implementation of ISO 37101.

ISO 37105, 2019: Sustainable cities and communities - Descriptive framework for cities and communities.

ISO 37106, 2021: Sustainable cities and communities - Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities.

ISO 37107, 2019: Sustainable cities and communities — Maturity model for smart sustainable communities.

ISO 37122, 2019: Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities.

ISO 37155, 2020: Framework for integration and operation of smart community infrastructures.

ISO/IEC 10746-2, 2009: Information technology - Open Distributed Processing - Reference model: Foundations.

ISO/IEC 30145-3, 2020: Information technology — Smart City ICT reference framework — Part 3: Smart city engineering framework.

ISO/IEC DIS 24039, 2021: Information Technology — Smart city digital platform reference architecture – Data and service.

ISO/TR 37152, 2016: Smart community infrastructures — Common framework for development and operation.

Ketzler, Bernd; Naserentin, Vasilis; Latino, Fabio (2020): Digital Twins for Cities: A State of the Art Review.

Khronos Group (2022): About The Khronos Group. Online verfügbar unter <https://www.khronos.org/about/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

Lange, Norbert de (2020): Geoinformatik in Theorie und Praxis. Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung. 4., überarb. u. akt. Auflage 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1539902>.

LAS 1.4, 2018: LAS Specification 1.4. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/LAS>, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

MQTT 5.0, 2019: MQTT Version 5.0. Online verfügbar unter <https://mqtt.org/mqtt-specification/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OASIS (2022): About Us. Online verfügbar unter <https://www.oasis-open.org/org/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

OGC 3D Portrayal Service, 2017: OGC® 3D Portrayal Service 1.0. Online verfügbar unter <http://docs.opengeospatial.org/is/15-001r4/15-001r4.html>, zuletzt geprüft am 04.04.2022.

OGC CityGML 3.0, 2021: OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard. Online verfügbar unter <https://docs.ogc.org/is/20-010/20-010.html>, zuletzt geprüft am 17.04.2021.

OGC CS, 2007: OpenGIS® Catalogue Services Specification. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/cat>, zuletzt geprüft am 12.04.2022.

OGC GeoAPI, 2021: OGC GeoAPI 3.0.1 Implementation Standard. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/geoapi>, zuletzt geprüft am 04.04.2022.

OGC I3S, 2020: OGC Indexed 3d Scene Layer (I3S) and Scene Layer Package Format Specification. Online verfügbar unter <http://docs.opengeospatial.org/cs/17-014r7/17-014r7.html>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OGC KML 2.3, 2015: OGC KML 2.3. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/kml>.

OGC O&M, 2011: Observations and Measurements - XML Implementation. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/om>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OGC SensorML, 2007: OpenGIS® Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/sensorml>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OGC SensorThings API, 2021: OGC SensorThings API Part 1: Sensing Version 1.1. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/sensorthings>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

OGC SOS, 2012: OGC® Sensor Observation Service Interface Standard. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/sos>, zuletzt geprüft am 23.04.2022.

OGC WFS, 2014: OGC® Web Feature Service 2.0 Interface Standard. Online verfügbar unter <http://docs.opengeospatial.org/is/09-025r2/09-025r2.html>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OGC WMS, 2006: OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/wms>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OGC WMTS, 2010: OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/wmts>, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

oneM2M (2022): BENEFITS OF oneM2M. Online verfügbar unter <https://www.onem2m.org/using-onem2m/what-is-onem2m>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

OPC Foundation (2022a): Unified Architecture. OPC Foundation. Online verfügbar unter <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

OPC Foundation (2022b): What is OPC? Online verfügbar unter <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

Open Geospatial Consortium (2022): About OGC. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/about>, zuletzt geprüft am 09.04.2022.

Papyshev, Gleb; Yarime, Masaru (2021): Exploring city digital twins as policy tools: A task-based approach to generating synthetic data on urban mobility. In: *Data & Policy* 3. DOI: 10.1017/dap.2021.17.

Parrott, Aaron; Warshaw, Lane (2017): Industry 4.0 and the digital twin. Manufacturing meets its match. In: *Deloitte University Press*. Online verfügbar unter https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-newsletter/2017/26_201706/kr_insights_deloitte-newsletter-26_report_02_en.pdf, zuletzt geprüft am 14.04.2022.

Roman, Trapickini (2013): Constrained Application Protocol (CoAP): Einführung und Überblick. DOI: 10.2313/NET-2013-08-1_16.

Schmoll, Jörg (2020): Hamburg erhält Bundesförderung für "Modellprojekte Smart Cities". „Digitale Zwillinge“: rund 32 Millionen Euro für Kooperationsprojekt mit München und Leipzig. Hg. v. Senatskanzlei. hamburg.de. Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/14301010/pr-2020-09-09-foerderung-smart-cities/>, zuletzt geprüft am 23.04.2022.

Schnicke, Frank; Kuhn, Thomas (2020): Digitaler Zwilling: Aufbau der Industrie 4.0-IT-Infrastruktur. Fraunhofer IESE. Online verfügbar unter <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/digitale-zwillinge-it-infrastruktur/>, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

The Khronos® 3D Formats Working Group (2021): glTF™ 2.0 Specification. Hg. v. The Khronos Group Inc. Online verfügbar unter <https://www.khronos.org/registry/glTF/>, zuletzt geprüft am 04.04.2022.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2021): VDI 2552 Building Information Modeling (BIM). Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf. Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/unsere-richtlinien-highlights/vdi-2552>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2022): VDI-Richtlinien: Standards setzen – auf dem aktuellen Stand der Technik. Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

W3C (2013): OWL - Web Ontology Language (OWL). Online verfügbar unter <https://www.w3.org/OWL/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

W3C (2014): RDF AND JSON-LD UseCases. Online verfügbar unter https://www.w3.org/2013/dwbp/wiki/RDF_AND_JSON-LD_UseCases, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

W3C (2015): Semantic Web. Online verfügbar unter <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>, zuletzt geprüft am 17.04.2022.

W3C (2021): W3C Mission. Online verfügbar unter <https://www.w3.org/Consortium/mission#principles>.

Web3D (2013): Extensible 3D (X3D). ISO/IEC 19775:2013. Hg. v. Web3D Consortium. Online verfügbar unter <https://www.web3d.org/documents/specifications/19775-1/V3.3/index.html>, zuletzt geprüft am 04.04.2022.

Web3D Consortium (2022): About Web3D Consortium. Online verfügbar unter <https://www.web3d.org/about>, zuletzt geprüft am 15.04.2022.

Anlagen

Zum Schutz sensibler personenbezogener Daten sind die Anlagen der Arbeit in einem Online-Anhang abgelegt. Der Online-Anhang kann beim Lehrstuhl für Geoinformatik der TU München angefragt werden.

Verzeichnis des Online-Anhangs:

- Umfrage als PDF
- Exceltabelle: Umfrage Einzelauswertung Teilnehmer
- Exceltabelle: Auswertung der Umfrage aller Teilnehmer
- Exceltabelle: Umfrageauswertung gefiltert: nur Teilnehmer Bereich Geoinformatik
- Exceltabelle: Rohdaten gefiltert: nur Teilnehmer Bereich Geoinformatik



Standards für den digitalen Zwilling der Stadt

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

Mein Name ist Tamira Wrabel, ich studiere Umweltingenieurwesen an der Technischen Universität München und verfasse derzeit meine Abschlussarbeit am Lehrstuhl für Geoinformatik. Das Thema meiner Arbeit ist "Standards für den digitalen Zwilling der Stadt". Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, eine Übersicht über die aktuell eingesetzten Standards von Städten im Bereich Digitaler Zwilling/ Urbane Datenplattformen zu schaffen. Die Arbeit stellt einen wichtigen Beitrag zu dem großen, vom Bundesinnenministerium geförderten Projekt Connected Urban Twins (CUT) dar. In diesem Projekt entwickeln die Städte München, Hamburg und Leipzig zusammen mit ihren Forschungspartnern wie der TUM und der Hafencity Universität Hamburg neue, innovative Methoden zur Stadtentwicklung und Bürgerbeteiligung auf der Basis Digitaler Zwillinge.

Bitte beantworten Sie hierfür die folgenden Fragen in Bezug zu Ihre Stadt. Die Bearbeitungszeit dieser Umfrage beträgt etwa 10-12 Minuten. Für den Erfolg der Umfrage ist es wichtig, dass Sie den Fragebogen vollständig ausfüllen und keine Fragen auslassen. Alle Daten werden anonym erhoben und streng vertraulich behandelt. Die Ergebnisse der Umfrage können wir Ihnen anschließend bereitstellen. Geben Sie dazu am Ende der Umfrage ihre Kontakt-E-Mail-Adresse an. Außerdem werden die Umfrageergebnisse auf Website des CUT-Projekts veröffentlicht: <https://connectedurbantwins.de/>

Vielen Dank für Ihre Teilnahme
Tamira Wrabel



Fragen zur Person und Stadt

★ 1. Welchem (Verwaltungs-) Bereich würden Sie Ihre Aufgaben zuordnen?

Bitte wählen Sie das zutreffende Feld aus.

- städtische IT
- Stadtplanung
- Geoinformatik/Vermessung
- Sonstiges

★ 2. In welchem Aufgabenfeld sind Sie tätig?

Bitte wählen Sie das zutreffende Feld aus.

- Führungskraft
- Sachbearbeiter/in
- Fachkraft
- Sonstiges

3. Bei welcher Stadt sind Sie angestellt?

Bitte geben Sie Ihre Postleitzahl an. (Diese Angabe wird vertraulich behandelt.)

Textfeld



Allgemeine Fragen zum Urbanen Digitalen Zwilling

★ 4. Definition Urbaner Digitaler Zwilling und Urbane Datenplattform

Bitte geben Sie uns Feedback ob Sie folgenden Definitionen zum Urbanen Digitalen Zwilling (UDZ) und Urbane Datenplattform (UDP) zustimmen würden.

Urbaner Digitaler Zwilling: Ein Urbaner Digitaler Zwilling (UDZ) bezeichnet ein Konzept zur Organisation und Nutzbarmachung der vielfältigen Daten über die Stadt, ihrer physischen Bestandteile und logischen Strukturen sowie der beteiligten Akteure und ihre Prozesse; also alle digitalen Ressourcen(1) einer Kommune. Dabei spielen technische, organisatorische und rechtliche Aspekte eine Rolle.

Ein instanzierter UDZ (konkret zur Erfüllung einer speziellen Aufgabe erstellter UDZ) ist eine zweckmäßige Zusammenstellung von digitalen Ressourcen einer Kommune. Dabei werden alle für seinen Zweck erforderlichen Aspekte der realen Welt digital repräsentiert und für Anwendungen und Nutzer zugreifbar, analysierbar und visualisierbar gemacht.

(1) Digitale Ressourcen umfassen verschiedenste Arten von Daten, aber auch Funktionalitäten wie Analysen, Simulationen und Visualisierungen.

Urbane Datenplattform: System, das die Nutzung von städtischen Daten und die intelligente Überwachung und Steuerung von Infrastrukturen und Vermögenswerten in Städten erleichtert und neue und verbesserte Dienste (sowohl für öffentliche als auch für private Zwecke und Organisationen) ermöglicht. (aus DIN SPEC 91357)

	Stimme voll zu	Stimme teilweise zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu
Urbaner Digitaler Zwilling (UDZ)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Urban Datenplattform (UDP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Wie würden Sie Urbaner Digitaler Zwilling und Urbane Datenplattform definieren?

Bitte geben Sie Ihre Definitionen ein.

Urbaner Digitaler Zwilling

Urbane Datenplattform



Stand Ihrer Stadt in Bezug zum Urbanen Digitalen Zwilling

★ 6. Haben Sie in Ihrer Stadtverwaltung eine Digitalstrategie oder entwickeln Sie derzeit eine?

Bitte wählen Sie das zutreffende Feld aus.

- nicht in Planung
- in Diskussion
- in Vorbereitung
- in Umsetzung
- Verabschiedet
- Sonstiges

7. Warum gibt es in Ihrer Stadt keine Digitalstrategie, bzw. wird nicht an einer Digitalstrategie gearbeitet?

Bitte geben Sie uns Feedback.

Textfeld

★ 8. Auf welchem Stand ist Ihre Stadt in Bezug auf Urbane Datenplattformen?

Bitte wählen Sie das zutreffende Feld aus.

- nicht in Planung
- in Diskussion
- in Vorbereitung
- in Umsetzung
- in Betrieb
- Sonstiges

★ 9. Auf welchem Stand ist Ihre Stadt in Bezug auf den Urbanen Digitalen Zwilling?

Bitte wählen Sie das zutreffende Feld aus.

- nicht in Planung
- in Diskussion
- in Vorbereitung
- in Umsetzung
- in Betrieb
- Sonstiges

10. Falls möglich, bitte geben Sie den Link zu Ihrem Urbanen Digitalen Zwilling oder Urbane Datenplattform.

Bitte fügen Sie den Link ein.

UDP:

UDZ:

11. Wer ist/wird fachlich zuständig für ihren Urbanen Digitalen Zwilling/Urbane Datenplattform in Ihrer Stadt?

Bitte geben Sie den Zuständigen Fachbereich an.

Textfeld

12. Wer betreibt/wird betreiben die IT-Infrastruktur für den Urbanen Digitalen Zwilling bzw. die Urbane Datenplattform in Ihrer Stadt?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Felder aus.

Stadt / kommunaler IT-Dienstleister

Externer Dienstleister:

Sonstiges

13. Wer nutzt/soll nutzen Ihren Urbanen Digitalen Zwilling bzw. Urbane Datenplattform in Ihrer Stadt?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Felder aus.

- Stadt intern
- Bürger
- Verkehrsbetriebe
- Planer/Architekten
- Forschung
- Privat Wirtschaft
- Ingenieurbüros
- Sonstiges

14. Für welche Anwendungsfälle nutzt/wird nutzen Ihre Stadt den Urbaner Digitalen Zwilling bzw. die Urbane Datenplattform?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Felder aus.

- Bürgerbeteiligung
- Stadtplanung
- Verkehrsplanung
- Zukunftsplanung
- Monitoring Luftqualität
- Energetische Gebäudesanierung
- City Dashboard
- Lenkung von Besucherströmen
- Verwaltung von Vermögenswerten
- Risiko- und Resilienzmanagement
- Krisenmanagement
- Katastrophenschutz
- Abfallwirtschaft
- Ressourcenmanagement
- Sonstiges

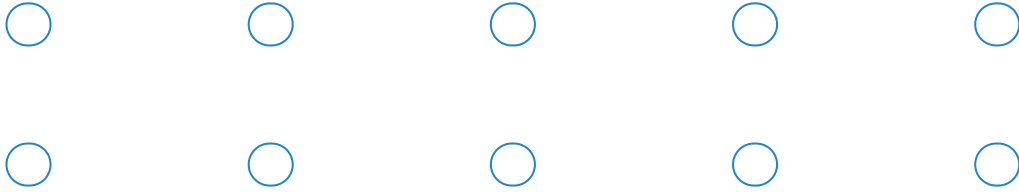


Standards beim Urbanen Digitalen Zwilling

★ 15. Systemkomponenten des Urbanen Digitalen Zwillings

Bewerten Sie von **1 = unwichtig** bis **5 = sehr wichtig** die Relevanz folgender Systemkomponenten des Urbanen Digitalen Zwillings (UDZ).

	1	2	3	4	5
Datenplattform	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IoT (Internet of Things) und Sensordaten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitale Modelle der physischen Umwelt/ 3D-Stadtmodell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visualisierungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Informationsmodelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geodateninfrastruktur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Datenmodelle und Datenformate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metadatenkataloge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data Governance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ontologie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analyse und Simulation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Data Environments/ Data Lakes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fachanwendungen auf Basis eines UDZ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



★ 16. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Datenplattform"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- DIN SPEC 91357: Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP)
- ISO/IEC DIS 24039:2021-08 - Entwurf: Informationstechnik - Smart City digitale Plattform Referenzarchitektur - Daten und Services
- Sonstige Standards:

★ 17. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"IoT (Internet of Things) und Sensordaten"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- DIN SPEC 91347: Integrierter multifunktionaler Humble Lamppost (imHLa)
- IEEE P1951.1: Standard for Smart City Component Systems Discovery and Semantic Exchange of Objectives
- IEEE P2413.1: Standard for a Reference Architecture for Smart City (RASC)
- Sensor Things API (OGC)
- Sensor Observation Service SOS (OGC)
- Sensor Model Language SensorML (OGC)
- Observations and Measurements O&M (OGC)
- ZigBee
- MQTT (OASIS)
- IEEE-2413: Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things
- Sonstige Standards:

★ 18. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Informationsmodelle"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

CityGML (OGC)

IFC (ISO 16739-1:2018)

Sonstige Standards:

★ 19. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Visualisierungen"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

KML (OGC)

3D Tiles (OGC)

Indexed 3D Scene Layers (I3S) (OGC)

X3D - ISO 19775 (web 3D Konsortium)

gITF (Khronos Group)

3D Portrayal Service (OGC)

GeoAPI Implementation Specification (OGC)

Web Map Tile Service (WMTS) (OGC)

Sonstige Standards:

★ 20. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Geodateninfrastruktur"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- Web Feature Service WFS (OGC)
- Web Map Service WMS (OGC)
- Web Processing Service WPS (OGC)
- Sonstige Standards:

★ 21. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Datenmodelle und Datenformate"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- DIN SPEC 91367
- LAS
- Geography Markup Language GML
- IEEE P2872
- JSON-LD
- ETSI GS CIM 009 (Context Information Management (CIM))
- Sonstige Standards:

★ 22. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Metadatenkataloge"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

Catalogue Service CS/W (OGC)

DCAT-AP

Sonstige Standards:

★ 23. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Data Governance"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

Government Content Management (GCM)

GeoXACML

Sonstige Standards:

★ 24. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Ontologie"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- ISO/TR 37152:2016-08: Intelligente kommunale Infrastrukturen
- CSA ISO/IEC 30145-3:2021-03-01: Information technology - Smart City ICT reference framework - Part 3
- IEEE P2850: Standard for an Architectural Framework for Intelligent Cities Operation System
- Sonstige Standards:

★ 25. Welche der folgenden Standards der Systemkomponente **"Terminologie/ Leitfaden"** sind Ihnen bekannt?

Bitte wählen Sie die Ihnen bekannten Standards aus.

- DIN SPEC 91340: Terminologie der intelligenten individuellen urbanen Mobilität
- DIN SPEC 91387: Kommunen und digitale Transformation - Übersicht der Handlungsfelder
- DIN SPEC 91397: Leitfaden für die Implementierung eines Quartiersmanagements
- DIN SPEC 91282:2012-11: Terminologie für das Securitymanagement von Verkehrsinfrastrukturen
- ISO 37106:2021-10: Nachhaltige Städte und Gemeinden - Leitfaden zum Aufbau von Smart-City-Betriebsmodellen für nachhaltige Gemeinden
- ISO 37104:2019-04: Nachhaltige Entwicklung in Kommunen - Umwandlung unserer Städte - Anleitung für die praktische Umsetzung der ISO 37101
- ISO 37100:2016-12: Nachhaltige Städte und Kommunen - Terminologie
- ISO 37155-1:2020-01: Framework für Integration und Betrieb von intelligenten Community-Infrastrukturen - Teil 1
- ISO 37101:2016-07: Nachhaltige Entwicklung von Kommunen - Managementsystem für nachhaltige Entwicklung - Anforderungen mit Anleitung für die Anwendung
- ISO 37105:2019-11: Nachhaltige Entwicklung in Kommunen - Beschreibender Referenzrahmen für Städte und Kommunen
- ISO/TS 37107:2019-12: Nachhaltige Städte und Kommunen - Inventarisierung bestehender Leitlinien und Ansätze für Nachhaltige Entwicklung und Resilienz in Städten
- IEEE P1950.1: Standard for Communications Architectural Functional Framework for Smart Cities
- IEEE P2784: Guide for the Technology and Process Framework for Planning a Smart City

- VDI 2552: liefert einen strukturierten Ansatz für die effektive Implementierung von BIM in die Prozesse des Planens, Bauens und Betriebens
- ETSI TR 103 455: Human Factors (HF); Smart cities and communities; Standardization for citizens and consumers
- ISO 37122:2019-05: Nachhaltige Entwicklung in Kommunen - Indikatoren für smarte Städte
- ISO/IEC 10746-2:2009-12: Informationstechnik - Verteilte Verarbeitung in Offenen Systemen - Referenzmodell - Teil 2: Grundlagen
- Sonstige Standards:

26. Wofür fehlt Ihrer Meinung nach noch ein Standard?

Bzw. welchen Standard hätten Sie gerne noch/ würde Ihre Arbeit erleichtern?

Textfeld



Datenmanagement beim Urbanen Digitalen Zwilling

27. Daten des Urbanen Digitalen Zwillings

Bewerten Sie von **1 = nicht relevant** bis **5 = sehr relevant** die Relevanz folgender Daten für den Urbanen Digitalen Zwilling:

	1	2	3	4	5
Geodaten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensordaten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Netze (Verkehrsnetze, Leitungsnetze, ...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebäude- und Wohnungsregister	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstige Daten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. Welche Relevanz hat OpenData bei Ihren Überlegung zum Urbanen Digitalen Zwilling?

Bitte geben Sie ihre Einschätzung.

Textfeld



Weitere optionale Fragen und Feedback

29. Bitte teilen Sie ihre Erfahrungen in Bezug auf den Urbanen Digitalen Zwilling.

Welche Erfahrungen haben Sie gemacht? Welche Hürden und Potentiale sehen Sie?

30. Zukunft des Urbanen Digitalen Zwillings

Wenn Sie sich für Ihre Stadt einen Urbaner Digitalen Zwilling (Urbane Datenplattform etc.) in Zukunft vorstellen, welche Themen sehen Sie als prioritär für erste Lösungsansätze in der Stadt?

31. Wie bewerten Sie den Fragebogen?

Möchten Sie noch etwas ergänzen?



Kontakt für Ergebnis

32. Bitte geben Sie eine Antwort

Wenn Sie Interesse an dem Ergebnis der Auswertung dieser Umfrage haben, dann hinterlassen Sie uns bitte hier Ihre Kontakt-E-Mail-Adresse. Wir senden Ihnen dann das Ergebnis zu. (Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt.)

Außerdem wird das Ergebnis auch auf dieser Website veröffentlicht: <https://connectedurbantwins.de/>

Textfeld



Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Bitte klicken Sie hier um Ihre Daten endgültig abzuschicken.