

Urbane Digitale Zwillinge als Baukastensystem: Ein Konzept aus dem Projekt Connected Urban Twins (CUT)

Urban Digital Twins as a modular system: A concept from the Connected Urban Twins (CUT) project

Nicole Schubbe | Mathias Boedecker | Mandana Moshrefzadeh | Jana Dietrich |
Markus Mohl | Marina Brink | Nora Reinecke | Sascha Tegtmeyer | Pierre Gras

Zusammenfassung

Zur Erstellung eines Urbanen Digitalen Zwillings werden je nach Fragestellung Daten aus verschiedenen Quellen zu einem digitalen Abbild der Stadt zusammengefügt und um Prozesse und Funktionen ergänzt, welche dann als Werkzeug für die Integrierte Stadtentwicklung und transparente Bürger:innenbeteiligung genutzt werden können. Als intelligente und realitätsnahe Abbilder der Stadt können Urbane Digitale Zwillinge nicht nur zur Visualisierung, sondern auch zur Auswertung und Simulation von städtischen Prozessen genutzt werden. Komplexe städtische Zusammenhänge werden mit Digitalen Zwillingen nachvollziehbarer für unterschiedliche Zielgruppen. So entsteht eine fundierte Basis für den Diskurs, für neue Möglichkeiten zur Beteiligung der Stadtgesellschaft und letztlich schnellere und neu durchdachte Entscheidungen in der Stadtentwicklung.

Schlüsselwörter: Urbane Digitale Zwillinge, Connected Urban Twins, Geobasiszwilling, Urbane Datenplattform, Geodateninfrastruktur

Summary

To create an urban digital twin, depending on the issue at hand, data from various sources are combined to form a digital image of the city and supplemented with processes and functions, which can then be used as a tool for integrated urban development and transparent citizen participation. As intelligent and realistic images of the city, Urban Digital Twins can be used not only for visualization, but also for evaluation and simulation of urban processes. Digital twins make complex urban contexts more comprehensible for different target groups. This creates a sound basis for discourse, new opportunities for the participation of urban society, and ultimately faster and more rethought decisions in urban development.

Keywords: Urban Digital Twin, Connected Urban Twins, Urban Data Platform, Spatial Data Infrastructure

1 Einleitung

Seit Jahrzehnten werden städtische Daten erhoben und in Prozessen der Stadtentwicklung genutzt. Das Aufbrechen von Datensilos, also das fachübergreifende Zusammenführen und Verfügbarmachen dieser vielfältigen Daten auf Urbanen Datenplattformen nach DIN SPEC 91357, ist der Höhepunkt der Entwicklung und bildet das Fundament für die Entwicklung Urbaner Digitaler Zwillinge.

Das Kooperationsprojekt »Connected Urban Twins – Urbane Datenplattformen und Digitale Zwillinge für Integrierte Stadtentwicklung« der Städte Hamburg, Leipzig und München ist im Jahr 2021 gestartet, um die Entwicklung Digitaler Zwillinge für Städte und Kommunen weiter voranzutreiben. Die Chance einer solchen städteübergreifenden Kooperation: das Verlassen der kommunalen Perspektive, um in einem interdisziplinären Projektteam aktuelle drängende Herausforderungen von Städten und Kommunen gemeinsam zu lösen.

Der fachübergreifend und interoperabel gestaltete Ausbau städtischer Datenplattformen und Geodateninfrastrukturen (GDI) ist für die Entwicklung von Urbanen Digitalen Zwillingen elementar. Dabei haben Hamburg als Bundesland, München als Landeshauptstadt und Leipzig als Kommune unterschiedliche Aufgaben und Möglichkeiten. Eine zentrale Herausforderung im CUT-Projekt ist die von Stadt zu Stadt verschiedene Ausprägung einer technisch ähnlichen Dateninfrastruktur auf Basis einer GDI. Eine wesentliche Gemeinsamkeit der städtischen Dateninfrastrukturen sind folglich die Prozesse zur Integration neuer Daten in die Urbanen Datenplattformen bzw. Geodateninfrastrukturen. Einen Unterschied stellen die rechtlichen Voraussetzungen dar. So hat Hamburg beispielsweise seit 2012 ein Transparenzgesetz (HmbTG 2020), während Leipzig und München ähnliche Prozesse ohne ein vergleichbares Gesetz angestoßen haben. Solche Unterschiede und Gemeinsamkeiten werden im Projektteam als Potenzial für den Wissens- und Erfahrungsaustausch gesehen – innerhalb der Projektstädte, aber auch über die Grenzen von Connected Urban Twins hinaus.

2 Das Projekt Connected Urban Twins (CUT)

Im Projekt Connected Urban Twins (CUT) wird nicht nur die technologische und konzeptionelle Entwicklung Digitaler Zwillinge für Städte und Kommunen weiter vorangetrieben. So erproben die drei Partnerstädte Hamburg, Leipzig und München im CUT-Projekt auch datengetriebene Anwendungsfälle für eine zukunftsfähige Infrastruktur- und Flächenplanung und fokussieren dabei insbesondere die Themen Soziale Transformation, Energie und Klima. Indem solch komplexe städtische Zusammenhänge mit Urbanen Digitalen Zwillingen transparent und nachvollziehbarer für unterschiedliche Zielgruppen dargestellt werden können, sichern Urbane Digitale Zwillinge die Teilhabe von Bürger:innen an Prozessen der Integrierten Stadtentwicklung. Im CUT-Projekt werden analoge Formate durch innovative digitale Beteiligungswerkzeuge ergänzt. Mittels transformativer, experimenteller Stadtforschung untersucht das Projekt, wie diese Technologien eine nachhaltige Transformation von Städten und Kommunen unterstützen können. Der aktive Wissenstransfer innerhalb des Projektes und die Replikation über seine Grenzen hinaus sind weitere zentrale Bestandteile des Kooperationsprojektes und kennzeichnen seinen Modellcharakter. Im CUT-Projekt entstehen Lösungen, die auch anderen Städten und Kommunen in Deutschland neue Wege aufzeigen. Um Projektwissen zu teilen, werden die Komponenten der Urbanen Datenplattformen und Urbanen Digitalen Zwillinge weiterentwickelt, konzipiert, implementiert und anderen Städten und Kommunen standardisiert als Open Source-Lösungen über <https://opencode.de> zur Verfügung gestellt. Ein Beispiel zur Nachnutzung von Komponenten oder Bausteinen für urbane Datenplattformen ist das Masterportal als webbasierte Kartenanwendung, die ursprünglich von Hamburg entwickelt wurde, von München nachgenutzt und in Leipzig getetet wird.

Zur Etablierung Urbaner Digitaler Zwillinge als Werkzeuge für die Integrierte Stadtentwicklung und Beteiligung der Stadtgesellschaft möchte das Projektteam Standards für ganz Deutschland setzen und hat daher die DIN SPEC »Digitaler Zwilling für Städte und Kommunen« (DIN SPEC 91607, DIN e. V. 2022) initiiert, deren Ziel es ist, mit Wirtschaft, Forschung und Kommunen ein gemeinsames Verständnis Urbaner Digitaler Zwillinge zu erarbeiten (vgl. 8.2.).

CUT wird als eines von insgesamt 73 »Modellprojekten Smart Cities« im Rahmen des zweiten Förderaufrufs des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB 2022) mit 21 Millionen Euro Bundesmitteln gefördert. Ergänzt werden diese durch rund 11 Millionen Euro der drei Partnerstädte. Die Förderung der Modellprojekte erfolgt über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Unterstützt wird das Projekt von der Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities (KTS), die die Vernetzung und den Erfahrungsaustausch der Modellprojekte untereinander fördert.

Für seinen innovativen Ansatz erhielt das Projekt am 18. Oktober den Zukunftspreis des Deutschen Vereins für Vermessungswesen e.V. (DVW), der bahnbrechende Ideen in Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement würdigt und 2022 erstmalig an das CUT-Projekt verliehen wurde. Das Findungskomitee des DVW-Zukunftspreises um Prof. Dr. Hansjörg Kutterer urteilte:

»Das Kooperationsprojekt verbindet grundlegende Aktivitäten der Städte Hamburg, Leipzig und München im Hinblick auf Digitale Zwillinge und Smart Cities effektiv und effizient miteinander. Dabei handelt es sich um wissenschaftliche und technologische Megatrends der aktuellen Dekade, die nur in einer konzertierten Aktion, im interdisziplinären Zusammenspiel und mit hinreichenden finanziellen Ressourcen gestaltet und praktisch genutzt werden können.«

3 Urbane Digitale Zwillinge

3.1 Einleitung/Allgemeines

Digitale Zwillinge werden in der Industrie zur Optimierung von Aufgaben genutzt, die technisch wie wirtschaftlich nicht effizient gelöst werden können. Grieves und Vickers (2016) beschreiben einen Digitalen Zwilling als eine Reihe virtueller Informationen, die ein physisches Produkt vollständig beschreiben. Ziel ist es, dass alle Informationen, die bei der Inspektion eines physischen Produkts gewonnen werden können, aus dem Digitalen Zwilling gewonnen werden können.

Ein Digitaler Zwilling kann demnach physische Prototypen durch virtuelle Simulationen ersetzen, unterstützt aber auch das Monitoring und die Optimierung von Produkten, Produktionsanlagen und Produktionsprozessen im gesamten Lebenszyklus (Fraunhofer IOSB).

Die Übertragung dieser Idee auf Städte oder Kommunen ist komplex. Während in der Industrie abgeschlossene Bauteile oder Systeme betrachtet werden, handelt es sich bei Städten und Kommunen um komplexe und variable Strukturen, die stark vom menschlichen Handeln beeinflusst werden. Diese komplexen Strukturen in ihrer Gesamtheit abzubilden, ist nicht vollumfänglich möglich. Bereits im Kontext Digitaler Zwillinge in der Industrie wird auf die hohe Komplexität beispielsweise durch Grenzen der zu digitalisierenden Systeme und Prozesse, unzureichende Standardisierungen und große Datenmengen verwiesen (Winkler et al. 2020). Die Übertragung auf Städte lässt folglich nur den Schluss zu, dass es nicht einen Urbanen Digitalen Zwilling einer Stadt geben wird, sondern verschiedene Instanzen von Digitalen Zwillingen anwendungsfallbezogen konkrete Fragestellungen beantworten (vgl. 3.3).

Abb. 1 zeigt, dass Urbane Digitale Zwillinge auf Daten aufbauen und über die Integration und standardisierte Bereitstellung von Daten über Urbane Datenplattformen

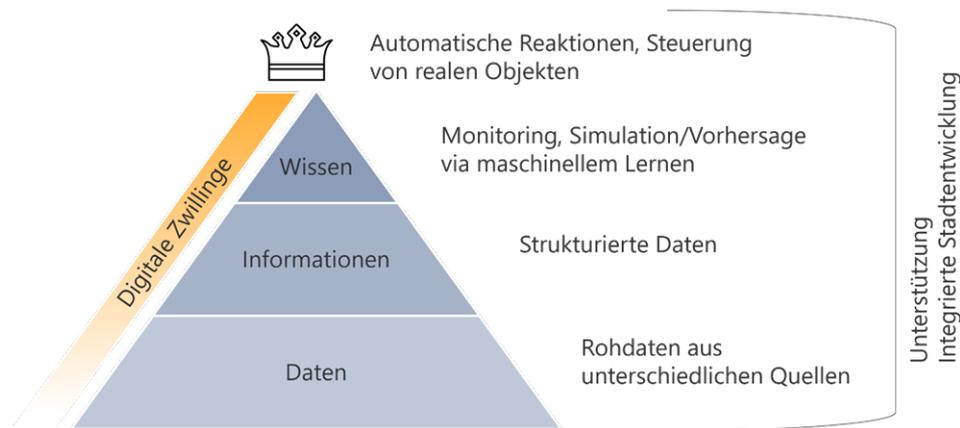


Abb. 1:
Wissenspyramide im Kontext
Digitaler Zwillinge

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die »DIKW Pyramid«, Autor unbekannt

hinausgehen. Urbane Digitale Zwillinge nutzen verfügbare Informationsressourcen, um neue Erkenntnisse zu gewinnen, und stellen diese als Grundlage für integrierte Entscheidungs- und Steuerungsaufgaben zur Verfügung. Der Grad der Steuerung kann von der Beteiligung der Stadtgesellschaft bis zur Steuerung von realen Objekten in städtischen Infrastrukturen stark variieren. Urbane Digitale Zwillinge nutzen Daten, erzeugen Wissen und teilen das Wissen innerhalb der Stadt und Kommune, aber auch über die eigenen Grenzen hinaus im Austausch mit überregionalen Zwillingen (vgl. 8.3).

3.2 Urbane Digitale Zwillinge: Eine Vision

Die Stadt und ihre Prozesse mit dem Urbanen Digitalen Zwilling sehen, verstehen und intelligent unterstützen

Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist ein intelligentes und realitätsnahes digitales Abbild der Stadt. Er ist vertrauenswürdig, zuverlässig und kann zur Auswertung und Simulation von städtischen Prozessen genutzt werden. Urbane Digitale Zwillinge sind für die jeweiligen Zielgruppen einfach zugänglich und verständlich aufbereitet. Die offenen Module sind Grundlage für die Erstellung fachlicher Zwillinge. Sie ermöglichen die Replikation und fördern die Souveränität einer Kommune.

Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist intelligent, weil man mit ihm Fragen basierend auf Daten beantworten kann. Er unterstützt eine integrierte Arbeitsweise, liefert Entscheidungsgrundlagen basierend auf Analysen, Extrapolationen, Simulationen, Vorhersagen, Prognosen, Validierungen, Indikatorensets und kann dabei auf Methoden des Machine Learning zurückgreifen. Dabei kann ein Urbaner Digitaler Zwilling auch auf Veränderungen und Ereignisse reagieren (z. B. Konsequenzen von baulichen Veränderungen, Luftqualitätsindex).

Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist offen, interoperabel und modular, weil er auf vorhandene Standards aufbaut, sich auf vorhandene Referenzmodelle bezieht und auf zukunftsfähige Technologien setzt. Er besteht aus standardisiert verbundenen und konfigurierbaren Komponenten.

Diese umfassen u. a. Komponenten zur Datenverarbeitung, Recherche, Analyse und Kommunikation. Somit können unterschiedliche Urbane Digitale Zwillinge auch miteinander interagieren.

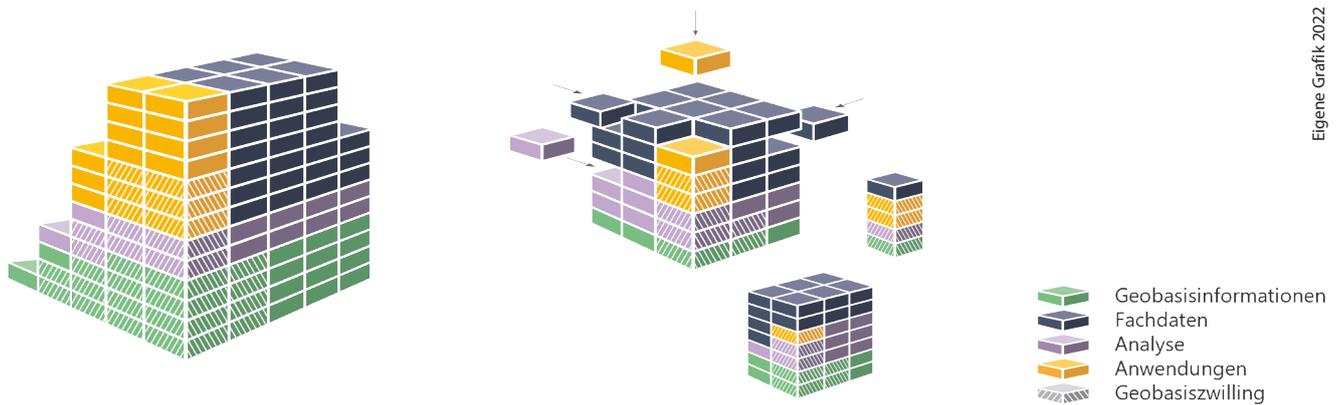
Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist realitätsnah, weil er ein bedarfsorientiertes, aktuelles Abbild der Kommune liefert und damit den Bezug zur Realität hat.

Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist niedrigschwellig, weil er leicht zugänglich ist, das heißt ohne große technische Hürden und barrierearm zu benutzen ist. Dies gelingt durch einfache, verständliche und zielgruppengerechte Werkzeuge und Benutzeroberflächen sowie eine bedarfsgerechte und anwendungsfallbezogene Entwicklung, die ein userzentriertes Design unterstützt. Die Arbeitsergebnisse sollen teilbar und nachnutzbar sein.

Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist zuverlässig und vertrauenswürdig, weil er wahrhafte und regelmäßig aktualisierte Informationen und Wissensinhalte unter Berücksichtigung der Schutzziele der Informationssicherheit (Bedner und Ackermann 2010) und des Datenschutzes vermittelt. Geltendes Recht und lokale Daten-Governance-Strukturen werden berücksichtigt. Eine anforderungsgerechte Verfügbarkeit gewährleistet eine ausfallsichere und kontinuierliche Ausführung der Aufgaben des Anwendungsfalls. Ein Urbaner Digitaler Zwilling kann auch große Datenmengen anforderungsgerecht und fehlerfrei prozessieren. Er durchläuft dabei einen standardisierten Qualitätssicherungsprozess.

3.3 Urbaner Digitaler Zwilling: Ein konzeptioneller Ansatz

Das Konzept Urbaner Digitaler Zwilling bezeichnet die Organisation und Nutzbarmachung der vielfältigen Daten über die Stadt, ihre physischen Bestandteile und logischen Strukturen sowie die beteiligten Akteure und ihre Prozesse; also alle digitalen Ressourcen einer Kommune (vgl. 5). Digitale Ressourcen umfassen verschiedenste Arten von Daten, aber auch Funktionalitäten wie Analysen, Simulationen und Visualisierungen. Dabei spielen technische, organisatorische und rechtliche Aspekte eine Rolle.



Digitale Ressourcen der Stadt

Instanzen Urbaner Digitaler Zwillinge

Abb. 2: Ein Urbaner Digitaler Zwilling, der eine konkrete Fachaufgabe löst, wird aus den ausgewählten digitalen Ressourcen aufgebaut

Eine Instanz eines Urbanen Digitalen Zwillings ist ein konkret zur Erfüllung einer speziellen Aufgabe erstellter Zwilling. Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist damit eine zweckmäßige Zusammenstellung von digitalen Ressourcen einer Kommune (vgl. Abb. 2). Dabei werden alle für seinen Zweck erforderlichen Aspekte der realen Welt digital repräsentiert und für Anwendungen und Nutzer unter Einhaltung der Governance-Vorgaben zugreifbar, analysierbar und visualisierbar gemacht. Urbane Digitale Zwillinge können für verschiedenste Anwendungsfälle zusammengestellt werden und nutzen immer Elemente des Geobasiszwillings.

4 Geobasiszwilling

4.1 Geobasiszwilling als wesentliche Grundlage für Urbane Digitale Zwillinge

Die wesentlichen Grundlagen Urbaner Digitaler Zwillinge einer datensouveränen Stadt sind ihre städtischen Geobasisinformationen. Geobasisinformationen umfassen die Geobasisdaten des Bundes, der Länder sowie der Kommunen. Sie definieren den Raumbezug, ermöglichen eine persistente, fachübergreifende Informationsverknüpfung und schaffen damit einen eindeutigen Interpretationsraum. Die Zusammenstellung aller Ressourcen von städtischen Geobasisinformationen kann als Geobasiszwilling zusammengefasst werden.

4.2 Eigenschaften eines Geobasiszwillings

Der Geobasiszwilling bildet den geodätischen Rahmen, also die verbindliche Grundlage für den Raumbezug (Koordinatenbezugssystem) für alle Urbanen Digitalen Zwillinge. Er umfasst die intelligente Vernetzung von gebietsbezogenen Geobasisinformationen, die miteinander sowohl geometrisch als auch semantisch synchron sind

und berücksichtigt auch die Methoden zur Analyse dieser Daten. Durch diese konzeptionelle Weiterentwicklung der Geobasisdaten werden Silos auch innerhalb der Kommunen geöffnet und Geobasisinformationen ganzheitlich gedacht.

Der Geobasiszwilling definiert folglich eine semantisch wie technisch eindeutige Interpretationsgrundlage für Visualisierungen, Simulationen und Analysen innerhalb der Urbanen Digitalen Zwillinge. Der Bezug wird über eindeutige Geobasisinformationen und empfohlene Komponenten hergestellt. Komponenten können Anwendungen, Fachdaten oder Analysen sein. Geobasisinformationen sind physische Objekte wie Gebäude, Laternen, Bäume und nicht-physische Objekte wie Verwaltungsgrenzen.

Der benötigte Datenbestand kann in einem homogenen Datenmodell oder in interoperablen Datenmodellen aktuell gehalten werden. Abhängigkeiten werden modelliert und möglichst automatisiert und echtzeitnah an die Urbanen Digitalen Zwillinge weitergegeben. Der Geobasiszwilling übernimmt damit eine Broker-Funktionalität, das bedeutet, dass Änderungen der Daten im Geobasiszwilling Auswirkung auf die Urbanen Digitalen Zwillinge haben. Änderungen haben Auswirkungen auf Simulationen, Auswertungen und Visualisierungen in Instanzen der Urbanen Digitalen Zwillinge. Wird beispielsweise ein neues Gebäude gebaut und in den Geobasiszwilling eingefügt, verändert dieses dann die Hitzesimulation in einem Urbanen Digitalen Zwilling »Stadtklima«. Um dies zu gewährleisten, muss der Geobasiszwilling wissen, welche anderen Urbanen Digitalen Zwillinge es gibt und welche ihn nutzen.

Eine bidirektionale Verbindung mit einem Urbanen Digitalen Zwilling kann sinnvoll sein, wenn ein Urbaner Digitaler Zwilling z. B. die Fachaufgabe »Integration von BIM-Modellen« in den Geobasiszwilling übernimmt.

Wie andere Urbane Digitale Zwillinge liegt der Geobasiszwilling aktuell und versioniert vor. Jede Version ist eine Zusammenstellung der digitalen Ressourcen im Geobasiszwilling zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Versionierung der Datensätze obliegt der datenhaltenden Stelle (Dateneigentümer oder datenführende Stelle).

Das inhaltliche Design eines Geobasiszwillings ist für jede Stadt oder Kommune anpassbar, aber muss im Rahmen des Konzeptes festgelegt werden. Minimalanforderung zur Sicherstellung des amtlichen Raumbezuges sind die vernetzten Geobasisinformationen, die eine Stadt oder Region definiert.

5 Digitale Ressourcen

Digitale Ressourcen einer Stadt oder Kommune umfassen verschiedenste Arten von Daten, Schnittstellen und Anwendungen, aber auch Funktionalitäten wie Analysen, Simulationen und Visualisierungen (vgl. Abb. 1). Sie können anwendungsfallspezifisch zusammengestellt werden und werden im Folgenden erläutert:

Daten umfassen einfache, uninterpretierte Rohdaten, wie z. B. 3D-Punktwolken, sowie auch qualifizierte und interpretierte Daten. Letztere repräsentieren oftmals Modelle von Objekten oder Prozessen der Stadt, wobei Objekte neben Fachdaten auch Dinge der physischen Welt wie Gebäude, Fahrradwege, Laternen, Bäume umfassen. Prozesse bezeichnen z. B. Beschreibungen von Vorgängen der Stadtentwicklung, aber auch Vorgehensmodelle für die Planung und Durchführung von Stadtentwicklungsprojekten. Darüber hinaus können Daten statischer oder dynamischer Natur sein. Statische Daten werden anlassbezogen nur in längeren Zeitabständen erhoben. Dynamische Daten hingegen sind z. B. kontinuierlich durch Sensoren aufgenommene Beobachtungsdaten.

Programmierschnittstellen (APIs), Zugriffsmethoden, Dienste, Datenmodelle und Protokolle gehören auch zu den digitalen Ressourcen. Strukturierte Daten werden in der Regel über standardisierte Zugriffsdienste bereitgestellt, z. B. Luftbilder als Web Map Service (WMS), 3D-Stadtmodelle über einen OGC City GML, Sensordaten über einen OGC SensorThings API, (Geo-)basis- und (Geo-)fachdaten über einen Web Feature Service (WFS) oder die OGC API-Features.

Anwendungen sind die Gesichter zu Urbanen Digitalen Zwillingen. Hier werden über Schnittstellen bereitgestellte Daten visualisiert und zur Mensch-Maschine-Interaktion angeboten. Analysekomponenten können fest integrierte Bestandteile von einzelnen Anwendungen sein, sie können aber auch als einzelne Komponenten (z. B. Routing) in eine Anwendung integriert werden.

Analysewerkzeuge erlauben die Untersuchung von Daten und produzieren dabei Informationen, die letztlich interpretierte Daten sind. Somit gehören sie ebenfalls mit zu den digitalen Ressourcen. Analysen können beispielsweise interaktiv durch Benutzer mittels Visualisierungen erfolgen, aber auch voll- und teilautomatisch z. B. bei Simulationen oder KI-gestützten Auswertungswerkzeugen.

Sämtliche zur Auffindung und Nutzung einer digitalen Ressource erforderlichen Informationen müssen voll-

ständig in einem Metadatenkatalog (oder einer vergleichbaren Form) beschrieben und zugänglich sein (Knezevic et al. 2022). Die Zusammenstellungen von digitalen Ressourcen, die einen Urbanen Digitalen Zwilling bilden, und die Parameter und Komponenten, die zum Analyse-/Simulationsergebnis führen, sind ebenfalls dokumentiert.

6 Technische, rechtliche und organisatorische Aspekte Urbaner Digitaler Zwillinge

6.1 Technische Aspekte

Datenbereitstellende Grundlage

Die infrastrukturelle Basis eines Urbanen Digitalen Zwilling bildet die Urban Data Platform mit einer Geodateninfrastruktur (GDI) als Kern. Geodateninfrastrukturen spielen hierbei eine zentrale Rolle, weil diese als etablierte Föderation bereits seit vielen Jahren einen Großteil urbaner Daten und Funktionen auf der Grundlage offener internationaler und nationaler Standards und Normen bereitstellen (Tegtmeyer et al. 2022, Boedecker 2018).

Eine Urban Data Platform (DIN SPEC 91357) ist als System der Systeme eine technische, organisatorische und rechtliche Infrastruktur und stellt die digitalen Ressourcen (vgl. 5) der Stadt standardisiert bereit, auf der Urbane Digitale Zwillinge implementiert werden. Die zugehörigen Methoden und Analysewerkzeuge können dabei als Teil dieser Urbanen Datenplattform stadtweit bereitgestellt werden oder als Teil einer speziellen zwillingsbezogenen Analyseumgebung existieren.

Digitale Ressourcen

Eine Instanz eines Urbanen Digitalen Zwilling verbindet eine Auswahl digitaler Ressourcen (vgl. 3.3). Die Zusammenstellung der digitalen Ressourcen ist anwendungsspezifisch und wird durch die Aufgabe eines Urbanen Digitalen Zwilling bestimmt. Urbane Digitale Zwillinge müssen um fachspezifische Daten (z. B. von nicht-städtischen Anbietern) ergänzt werden können.

Abgleich mit der Realität

Es gibt einen kontinuierlichen Abgleich mit der realen Welt. Die einzelnen Datenbestände eines Urbanen Digitalen Zwilling werden dabei über die Zeit systematisch aktualisiert und in die Realität zurückgespielt.

Historisierung und Versionierung

Sofern technisch und wirtschaftlich möglich, wird jede Aktualisierung der Daten historisiert. Jeder Datenbestand wird somit als Zeitreihe fortgeschrieben. Urbane Digitale

Zwillinge sollen versioniert werden und bestenfalls ist eine vollständige Historie langfristig verfügbar. Auch die verwendeten Datenmodelle sollen versioniert werden.

Offen und herstellerunabhängig

Ein Urbaner Digitaler Zwilling muss auf der Basis offener und herstellerunabhängiger Standards implementiert werden. Dies umfasst Standards für die Spezifikation system- und herstellerübergreifend stabiler Datenmodelle, Datenaustauschformate, Dienste, Protokolle (inkl. Zugriffskontrolle und Identitätsmanagement) und Programmierschnittstellen (APIs). Beispiele für herstellerunabhängige Standards sind für Geodaten OGC API und INSPIRE oder XPlanung und BIM im Kontext von Stadtplanung.

6.2 Organisatorische Aspekte

Urbane Digitale Zwillinge können anhand von fachlichen Kriterien, Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten oder Anwendungszwecken unterschieden werden und entsprechend ihres Hauptzwecks klassifiziert und benannt werden. Ein Urbaner Digitaler Zwilling ist im Wesentlichen also eine organisatorische Klammer, die verschiedene digitale Ressourcen einer Kommune zweckorientiert gruppiert.

Eine übergreifende Koordination dieser Themen und geregelte Governance-Strukturen sind dabei unerlässlich. In Ergänzung einer zentralen Digital- oder Datenstrategie sollte die Daten-Governance in der Stadt geregelt sein,

an der sich die Ebene des Datenmanagements orientieren kann. Für den operativen Betrieb des Datenmanagements können die jahrelangen Erfahrungen der Geodateninfrastrukturen genutzt werden und GDI durch Echtzeitdaten (vgl. Fischer et al. 2021) und Nicht-Geodaten zu Urbanen Datenplattformen weiterentwickelt werden.

6.3 Rechtliche Aspekte

Der Raumbezug jedes Urbanen Digitalen Zwillings basiert auf dem Geobasiszwilling (vgl. 4.1).

Datenschutzrechtliche Vorgaben wie die europäische Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO 2016), das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG 2017) und ggf. Regelungen der Länder (vgl. HmbTG 2020) sowie die Fragen des Dateneigentums und der Nutzungskonditionen sind bei der Nutzung der digitalen Ressourcen einzuhalten.

Die Bereitstellung der digitalen Ressourcen zur Erstellung eines Urbanen Digitalen Zwillings erfolgt in einer fach-, ressort- und betriebsübergreifenden Form (z.B. einer Urbanen Datenplattform).

7 Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle Urbaner Digitaler Zwillinge sind so vielfältig wie die Stadt oder Kommune selbst. Digitale Zwillinge können im gesamten Lebenszyklus einer Stadt

Tab. 1: Ausgewählte Anwendungsfälle für Urbane Digitale Zwillinge, die im Projekt Connected Urban Twins bearbeitet werden

(1) Geobasiszwilling	Siehe Kapitel 4.1
(2) Digitale Partizipation	Mit Open-Source-Webanwendungen (z.B. DIPAS) können Bürger:innen von zu Hause aus, mobil oder mit Hilfe von interaktiven Touchtables in Veranstaltungen digitale Karten, Luftbilder, Pläne, 3D-Modelle und Geodaten abrufen und ein genau lokalisiertes Feedback zu Planungsvorhaben geben sowie Kommentare zu Planungsentwürfen verfassen.
(3) Energienutzungsplanung	Der Energienutzungsplan (ENP) ist ein informelles, strategisches Planungsinstrument. Er formuliert räumliche Energieeffizienzziele für Energieerzeugung, -verteilung und -verbrauch. Bei der Anwendung des ENP im integrierten Quartiersansatz werden auf Basis der ENP-Datenbank Gebiete ausgewählt, in denen Handlungsbedarf besteht. Der Digitale Zwilling unterstützt die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen einer klimaneutralen, energie- und ressourceneffizienten Stadtentwicklung auf Quartiersebene.
(4) KiTa-Netzplanung	Planer:innen aus dem Bildungs- und Stadtplanungsbereich können Kitastandorte in einer gemeinsamen Anwendung basierend auf räumlichen und statistischen Fach- und Basisdaten (z.B. Bevölkerungsdaten) integriert planen. Dabei werden fachbezogene Analysen der Ist-Situation, aber auch Was-Wäre-Wenn-Szenarien unterstützt.
(5) Bauplanungsrechtlich geplante Stadt	Der Zwilling der bauplanungsrechtlich geplanten Stadt soll die Art und das Maß der in Bauleitplänen festgesetzten baulichen Nutzung sowie die maximal möglichen überbaubaren Grundstücksflächen dreidimensional visualisieren. Der Zwilling visualisiert 3D-Hüllen, die das maximal auf einer Baufläche ausnutzbare bauliche Volumen einer baulichen Nutzung darstellen. Der Zwilling kann genutzt werden, um die Kubatur von im Rahmen von Bauanträgen beantragten Gebäuden bauplanungsrechtlich nach Art und Maß sowie der zulässig überbaubaren Grundstücksfläche zu überprüfen.

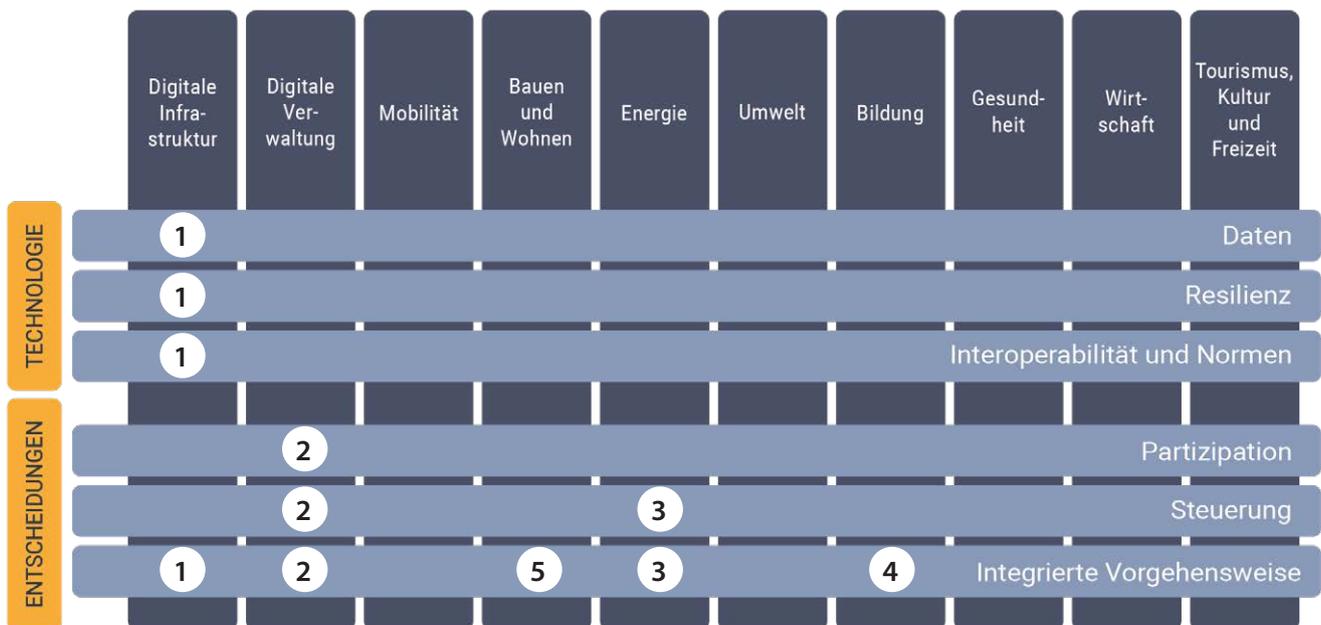


Abb. 3: Beispielhafte Einordnung der CUT-Anwendungsfälle in die Systematik der DIN SPEC 91387

oder einer Kommune durch unterschiedliche Akteure für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Der Geobasiszwilling stellt einen übergeordneten Anwendungsfall dar, der Grundlage der fachlichen Urbanen Digitalen Zwillinge ist (vgl. 4.1). In Tab. 1 werden weitere Anwendungsfälle für unterschiedliche Fachaufgaben beschrieben.

Die vier Beispiele verdeutlichen den Ansatz der Instanzen (vgl. 3.3). Die Anwendungsfälle Energienutzungsplanung und Kitanetzplanung beantworten inhaltlich unterschiedliche Fragestellungen und benötigen unterschiedliche Daten. Während für die Kitanetzplanung bestehende Kitas mit Sachinformationen z. B. zu Anzahl der Betreuer und Anzahl der Gruppen und Kinder benötigt werden, sind diese Informationen für den Energienutzungsplan nicht relevant. Der Energienutzungsplan hingegen benötigt konkrete Informationen zu den Energieverbrauchswerten von Gebäuden. Da es sich in beiden Fällen um Planungswerkzeuge handelt, ist davon auszugehen, dass bestimmte Werkzeuge für beide Anwendungsfälle genutzt werden können.

Bezogen auf die DIN SPEC 91387 lassen sich Anwendungsfälle Urbaner Digitaler Zwillinge im Rahmen der digitalen Transformation sowohl in den vertikalen Handlungsfeldern einer Kommune als auch in den übergreifenden Querschnittsthemen verorten (Abb. 3). Für alle Anwendungsfälle gilt die Förderung einer integrierten Vorgehensweise. Dies bedeutet, dass die Anwendungsfälle zwar aus einer Fachlichkeit kommen, Maßnahmen aber auch auf andere Handlungsfelder Auswirkungen haben. So wirken sich Energiethemen immer auch auf die Umwelt aus.

Je nach Aufgabenstellung können Anwendungsfälle Urbaner Digitaler Zwillinge unterschiedliche Komplexitätsgrade erreichen. So muss ein Urbaner Digitaler Zwilling nur dann ein semantisches 3D-Stadtmodell oder Sensordaten enthalten, wenn das für die Erfüllung der Aufgabenstellung notwendig ist. Andererseits können bereits umge-

setzte Anwendungsfälle auch von neuen Technologien und neuen Fähigkeiten Urbaner Digitaler Zwillinge profitieren und schrittweise ausgebaut werden.

8 Abgrenzung des CUT-Projektes zu anderen Projekten und Aktivitäten

Das Thema Digitale Zwillinge findet sich auch in der Digitalstrategie Deutschland wieder (Die Bundesregierung 2022). Entsprechend groß ist die Vielzahl an Projekten und Initiativen, die zu diesem Thema national und international zu finden sind: Eine ABIresearch-Studie geht davon aus, dass 500 Städte weltweit bereits im Jahr 2023 einen Digitalen Zwilling nutzen sollen (Guckenbiehl et al. 2022). Auch in Deutschland gibt es hierzu einige Aktivitäten, auf die in Auszügen im Folgenden kurz eingegangen wird.

8.1 Modellprojekte Smart City (MPSC)

Das Projekt Connected Urban Twins ist eines von 73 Modellprojekten (BMWSB 2022), welches vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen in der Staffel 2 der Modellprojekte Smart City (MPSC) gefördert wird (vgl. 2). Als Kooperationsprojekt unterscheidet es sich dabei von vielen der MPSC-Projekte, die als Städte und Kommunen Fragestellungen im Bereich Smart City bearbeiten. Das CUT-Projekt hat auf die Strategiephase verzichtet und ist direkt in die Umsetzungsphase eingestiegen, weil mit der Digitalstrategie für Hamburg (Freie und Hansestadt Hamburg 2020) und durch bestehende Infrastrukturkomponenten bereits einiges an Vorarbeit zum Thema Digitale Zwillinge geleistet wurde, auf das nun aufgesetzt werden kann.

Durch die gemeinsame Bearbeitung der Themen rund um den Urbanen Digitalen Zwilling entstehen Synergien und zu entwickelnde Lösungen können Herausforderungen von drei unterschiedlichen Städten berücksichtigen, was die Übertragbarkeit auf weitere Städte und Kommunen vereinfachen kann.

8.2 DIN SPEC 91607: Digitaler Zwilling für Städte und Kommunen

Das CUT-Projekt hat sich bereits zu Projektbeginn überlegt, dass es nötig ist, weitere Akteure in die konzeptionellen Gedanken für den Urbanen Digitalen Zwilling einzu beziehen. Hierfür wurde eine DIN SPEC (PAS) initiiert und es ist gelungen, 13 Kommunen, zehn Industriepartner, sechs wissenschaftliche Organisationen und drei Verbände zu gewinnen (vgl. Abb. 4). Die Teilfinanzierung der Städte und Kommunen durch das CUT-Projekt und der Stellenwert des Themas Urbane Digitale Zwillinge in der Verwaltung führten zu einer hohen Beteiligung von städtischen Akteuren.

Motivation der Akteure ist, eine Antwort auf das Fehlen eines standardisierten Ansatzes für Digitale Zwillinge für Städte und Kommunen zu geben. Damit soll u. a. erreicht werden, dass die Übertragbarkeit von Lösungen bzw. die (technische) Interoperabilität gewährleistet werden, Herstellerabhängigkeiten vermieden und kleinere Kommunen nicht durch fehlendes Personal oder Fachwissen ausgeschlossen werden (DIN e. V. 2022).

Die geplante DIN SPEC 91607 fokussiert sich auf Urbane Digitale Zwillinge unter Berücksichtigung des übergreifenden kommunalen Ökosystems. Neben einer Definition und der Einordnung wichtiger Fachbegriffe sollen unterschied-

liche Nutzungsszenarien aus technischer, Nutzer- oder Entscheidersicht betrachtet werden. Es soll ein Reifegradmodell für Urbane Digitale Zwillinge entwickelt werden, welches Städten und Kommunen als Orientierungshilfe dienen kann. Darüber hinaus soll eine übergreifende Architektur beschrieben werden, die auch international nutzbar sein soll. Internationale und nationale Aktivitäten (z. B. IEC, ISO und CEN/CENELEC) werden verfolgt und berücksichtigt. Die Veröffentlichung erfolgt in Deutsch und Englisch und ist für Januar 2024 geplant. (DIN e. V. 2022)

8.3 Digitaler Zwilling Deutschland

Das Projekt »Digitaler Zwilling Deutschland« des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) hat den Bedarf erkannt, einheitliche hochauflösende Laserpunktdaten von ganz Deutschland bereitzustellen. Diese Daten sind ein wichtiger Baustein für Digitale Zwillinge insbesondere von kleineren Städten und Kommunen, die nicht die Möglichkeit haben, eigene Befliegungen oder Befahrungen durchzuführen. (Hopfstock et al. 2021)

In einem Demonstrationsvorhaben mit Hamburg und der Metropolregion Hamburg wurde ein Gebiet von 8650 km² beflogen und es wurden Laserpunktwolken mit einer Punktdichte von 42 Punkten pro km² und einer Höhenauflösung von unter 10 cm erzeugt. Die zusätzlich aufgenommenen Luftbilder haben eine Bodenaufösung von 22 cm (Hopfstock et al. 2021). Ziel des Demonstrationsprojekts war es, die Machbarkeit von der Erfassung der Daten über das Management der großen Datenmengen bis hin zur Datenanalyse aufzuzeigen und Erfahrungen für eine deutschlandweite Umsetzung zu sammeln (Hopfstock et al. 2022).

DIN SPEC 91607: Digitaler Zwilling für Städte und Kommunen



Das Konsortium

13 Kommunen	10 Industrie	6 Wissenschaft
		3 Verbände

Abb. 4: Das Konsortium der DIN SPEC 91607

DIN e. V. 2022

Das BKG schafft mit seinem Projekt einen einheitlichen Datenbestand, mit dem es möglich sein wird, die dritte Dimension flächendeckend und einheitlich für ganz Deutschland in Entscheidungsprozesse mit einzubeziehen. Es stellt damit einen wichtigen Baustein mit Fokus auf Themen der Bundesverwaltung bereit, beispielsweise für das Umweltmonitoring des Bundes, für die Überwachung und Modellierung von Ökosystemen und für die Landesverteidigung und den Heimatschutz (Hopfstock et al. 2021). Darüber hinaus möchte das BKG die Lücke zwischen internationalen und lokalen Aktivitäten im Kontext Digitaler Zwillinge schließen und zur Initiative Destination Earth (2022) als Teil der Programme »Green Deal« (European Commission 2019) und »Digital Strategy« (European Commission 2022) beitragen (Hopfstock et al. 2022).

9 Fazit und Ausblick

Urbane Digitale Zwillinge sind Teil der Digitalen Infrastruktur einer Smart City, sie nutzen vorhandene digitale Infrastrukturen (z. B. Urbane Datenplattformen, Sensornetze) und generieren aus Daten Wissen (vgl. DIN SPEC 91387).

Mit Urbanen Digitalen Zwillingen lassen sich städtische Szenarien und Vorhaben in einem virtuellen Modell abbilden und visualisieren. Modellparameter können verändert und deren Auswirkung betrachtet und bewertet werden. Das ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen von auftretenden Fehlern und Problemen durch die Fachressorts selbst, aber auch durch die Beteiligung der Stadtgesellschaft. Urbane Digitale Zwillinge bilden pro Anwendungsfall jeweils einen Teil der Realität ab, stehen aber als Instanzen und über die gemeinsamen Informationsressourcen des Geobasiszwillings miteinander in Verbindung. Damit unterstützen Urbane Digitale Zwillinge eine integrierte Zusammenarbeit und Entwicklung von Städten und Kommunen.

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, ist die Stadt ein komplexes Gefüge und Urbane Digitale Zwillinge bleiben nur Modelle. Ein Urbaner Digitaler Zwilling kann nicht alle Prozesse einer Stadt abbilden. Werden die richtigen Fragen gestellt, bzw. Parameter berücksichtigt, kann ein Urbaner Digitaler Zwilling die Frage »Was wäre, wenn ...?« sinnvoll anwendungsspezifisch beantworten und einen wertvollen Beitrag zu Entscheidungsfindungen leisten.

Bis 2025 werden Hamburg, Leipzig und München eine Auswahl von Anwendungsfällen der Integrierten Stadtentwicklung umgesetzt haben. Die den Anwendungsfällen gemeinsame Struktur sowie die dafür notwendigen Komponenten des Baukastens werden replizierbar für andere Städte und Kommunen bereitgestellt.

Dank

Wir danken Prof. Dr. Thomas Kolbe für den angeregten und inspirierenden Austausch zu Beginn unserer Überlegungen auf dem Weg zu einem gemeinsamen Verständnis der Projektstädte Hamburg, Leipzig und München. Außerdem möchten wir uns beim CUT-Projektteam bedanken, das uns bei der Entwicklung der allgemeinverständlichen Vision eines Urbanen Digitalen Zwillings eine große Hilfe war und durch die Bereitstellung der Anwendungsfälle und Verständnisfragen sowie gemeinsame Diskussionen dazu beigetragen hat, dass diese Veröffentlichung entstanden ist.

Literatur

- Bedner, M., Ackermann T. (2010): Schutzziele der IT-Sicherheit. DuD 05/2010. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11623-010-0096-1.pdf>, letzter Zugriff: 11/2022.
- BDSG – Bundesdatenschutzgesetz (2017): Gesetz zur Anpassung des Datenschutzrechtes an die Verordnung (EU) 2016/679 und zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2016/680 (Datenschutz-Anpassungs- und Umsetzungsgesetz EU – DSAnpUG-EU), Artikel 1 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG). www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl117s2097.pdf, letzter Zugriff: 11/2022.
- Boedecker, M. (2018): Urban (Data) Platform: From Spatial Data Infrastructure to an Urban (Data) Platform- Ideas & Perspectives. Vortrag auf der Major Cities of Europe IT User Group am 28.05.2018. <https://cloud.majorcities.eu/index.php/s/H3Oi6XugBt1MpPF#pdfviewer>, letzter Zugriff 11/2022.
- BWMSB 2022: Smart Cities in Deutschland. www.smart-city-dialog.de/modellprojekte, letzter Zugriff 11/2022.
- Destination Earth (2022): <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>, letzter Zugriff 11/2022.
- Die Bundesregierung (2022): Digitalstrategie – Gemeinsam digitale Werte schöpfen. www.digitalstrategie-deutschland.de/static/1a7bee26afd1570d3f0e5950b215abac/220830_Digitalstrategie_finbarrierefrei.pdf, letzter Zugriff: 11/2022.
- DIN SPEC 91387:2020-08 Kommunen und digitale Transformation – Übersicht der Handlungsfelder. www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91387/326373721, letzter Zugriff: 11/2022.
- DIN SPEC 91357:2017-12 Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP). www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91357/281077528, letzter Zugriff: 11/2022.
- DIN e.V. (2022): Geschäftsplan für ein DIN SPEC-Projekt nach dem PAS-Verfahren zum Thema »Digitaler Zwilling für Städte und Kommunen«. www.din.de/de/wdc-beuth:din21:347212214/pdf-3309964, letzter Zugriff: 11/2022.
- EU-DSGVO (2016): Verordnung (EU) 2016/679 des europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679>, letzter Zugriff: 11/2022.
- European Commission (2019): The European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf, letzter Zugriff 11/2022.
- European Commission (2022): European Commission digital strategy Next generation digital Commission. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/strategy/decision-making_process/documents/c_2022_4388_1_en_act.pdf, letzter Zugriff 11/2022.

- Fischer, M., Gras, P.; Löwa, S.; Schuhart, S. (2021): Urban Data Platform Hamburg: Integration von Echtzeit IoT-Daten mittels SensorThings API. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1/2021, 47–56. DOI: 10.12902/zfv-0330-2020, letzter Zugriff 11/2022.
- Fraunhofer IOSB (2022): www.iosb.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/automatisierung-digitalisierung/anwendungsfelder/digitaler-zwilling.html, letzter Zugriff 11/2022
- Freie und Hansestadt Hamburg (2020): Digitalstrategie für Hamburg. www.hamburg.de/contentblob/13508768/703cff94b7cc86a2a12815e52835accf/data/download-digitalstrategie-2020.pdf, letzter Zugriff: 11/2022.
- Guckenbiehl, P., Hess, S., Mumme, M., Swarat, G., Vogt-Hohenlinde, S., Burton, S., Roscher, K. (2022): Der Digitale Zwilling für smarte Städte – zwischen Erwartungen und Herausforderungen. www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/dokumente/media/studien/digitale_zwillinge_smart_cities-dt-fraunhofer_iese.pdf, letzter Zugriff: 11/2022.
- Grieves, M., Vickers J. (2016): Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Kahlen, F., Flumerfelt, S., Alves, A. (Hrsg.): *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Springer, Cham.
- HmbTG (2020): Hamburgisches Transparenzgesetz (HmbTG). <https://transparenz.hamburg.de/das-hmbtg/>, letzter Zugriff: 11/2022.
- Hopfstock, A., Hovenbitzer, M., Knöfel, P., Lindl, F., Lenk, M. (2021): Auf dem Weg zu einem Digitalen Zwilling von Deutschland. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 6/2021, 385–390. DOI: 10.12902/zfv-0379-2021, letzter Zugriff: 11/2022.
- Hopfstock, A., Hovenbitzer, P., Lindl, F., Knöfel, P. (2022): Building a Digital Twin for Germany. www.gim-international.com/content/article/building-a-digital-twin-for-germany, letzter Zugriff: 11/2022.
- INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community (2022). <https://inspire.ec.europa.eu/>, letzter Zugriff 11/2022.
- Knezevic, M., Donaubaauer, A., Moshrefzadeh, M., Kolbe, T. H. (2022): Managing Urban Digital Twins with an Extended Catalog Service. Proceedings of the 7th International Smart Data and Smart Cities (SDSC) Conference 2022 (ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences), letzter Zugriff 11/2022.
- Tegtmeyer, S., Schubbe, N., Gras, P., Krause, K. (2022): Digitale Zwillinge und Datenplattformen – Vernetzung in alle Richtungen am Beispiel der Stadt Hamburg. *fub* 6/2022: 267–275.
- Winkler, S., Schumann, M., Apitzsch, R., Klimant, F., Klimant P. (2020): Der Digitale Zwilling – Probleme und Lösungsansätze. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. www.degruyter.com/document/doi/10.3139/104.112328/pdf, letzter Zugriff: 11/2022.

Kontakt

Dr. Nicole Schubbe
Teilprojektleitung Urbane Datenplattformen und Digitale Zwillinge
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung – Urban Data Hub
nicole.schubbe@gv.hamburg.de

Mathias Boedecker
Projektleiter Geodatenmanagement
Stadt Leipzig, Amt für Geoinformation und Bodenordnung,
GeodatenService
mathias.boedecker@leipzig.de

Mandana Moshrefzadeh
Product Owner Urban Data Platform
Landeshauptstadt München, Kommunalreferat, GeodatenService
mandana.moshrefzadeh@muenchen.de

Jana Dietrich
Abteilungsleiterin
Stadt Leipzig, Amt für Geoinformation und Bodenordnung,
GeodatenService
jana.dietrich@leipzig.de

Markus Mohl
Leitung Kompetenzzentrum Digitaler Zwilling
Landeshauptstadt München, Kommunalreferat, GeodatenService
m.mohl@muenchen.de

Marina Brink
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Connected Urban Twins
Senat der Freien und Hansestadt Hamburg – Senatskanzlei
Amt für IT und Digitalisierung
marina.brink@sk.hamburg.de

Dr. Nora Reinecke
Gesamtprojektleitung Connected Urban Twins
Senat der Freien und Hansestadt Hamburg – Senatskanzlei
Amt für IT und Digitalisierung
nora.reinecke@sk.hamburg.de

Sascha Tegtmeyer
Leitung Geokompetenzzentrum
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung
sascha.tegtmeyer@gv.hamburg.de

Dr. Pierre Gras
Leitung Urban Data Hub
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung
pierre.gras@gv.hamburg.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.