



Trendreport 1/2022 des Kommunalen InnovationsCenters KIC@bw

# Digitale Abbilder der Kommune von morgen

Edith Schwimmer | Günter Wenzel

In Kooperation mit:



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einordnung: Trendreport des KIC@bw.....</b>	<b>2</b>
1.1	Digitalakademie@bw.....	2
<b>2</b>	<b>Trendfeld »Digitale Abbilder der Kommune von Morgen« .....</b>	<b>3</b>
2.1	Geoportal .....	4
2.2	3D-Stadtmodelle .....	6
2.3	Digitaler Zwilling .....	7
<b>3</b>	<b>Grundlagen des Digitalen Zwillings .....</b>	<b>8</b>
3.1	Informationen zu technischen Grundlagen für die Erstellung eines Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung .....	8
3.2	Glossar.....	10
<b>4</b>	<b>Digitaler Zwilling in der Kommunalentwicklung .....</b>	<b>11</b>
4.1	Der Digitale Zwilling im kommunalen Kontext.....	11
4.2	Potenziale für die Kommune von Morgen .....	13
4.2.1	Anwendungsfelder.....	13
4.2.2	Simulationen .....	14
4.2.3	Szenarienbildung .....	14
4.2.4	Beispielhafte Anwendungsfälle .....	14
4.3	Auswahl guter Praxisbeispiele .....	16
4.3.1	München.Digital.Erleben .....	16
4.3.2	Connected Urban Twins der Städte Hamburg, München und Leipzig .....	16
4.3.3	Helsinki 3D+.....	16
4.3.4	Grafring bei München .....	17
4.4	Werkzeuge und Marktübersicht .....	18
4.5	Handlungsempfehlungen – Vom Geoportal zum Digitalen Zwilling .....	20
4.5.1	Unser Ausblick in die Zukunft.....	22
4.5.2	Literaturempfehlungen.....	23
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>24</b>

# 1 Einordnung: Trendreport des KIC@bw

Der Trendreport ist ein Angebot des Kommunalen Innovationscenters (KIC@bw) als Teil der Digitalakademie@bw. Das KIC@bw adressiert den verstärkten Wissenstransfer zwischen Kommunen, Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft und unterstützt damit den Kulturwandel und die Sensibilisierung für die digitale Transformation im Land. Es trägt wesentlich zur Entwicklung der Digitalakademie@bw als Kompetenznetzwerk bei. Fokus des KIC@bw-II liegt dabei auf der Zukunftssicherung und -gestaltung der kommunalen Digitalisierung über partizipative und kollaborative Foresight-Prozesse. Zusätzlich unterstützt es Kommunen im neuen Handlungsfeld »Digitalisierung und Resilienz« durch Open-Innovation- und Unterstützungsangebote vor Ort.

Über Trenderfassung, -bewertung und -bündelung werden technologische Entwicklungen eingeordnet und in den kommunalen Kontext übersetzt. Die Informationserfassung erfolgt hierzu über Metastudien sowie qualitative Experten-Interviews im nationalen und internationalen Bereich. Ziel ist dabei eine regelmäßige Veröffentlichung der Ergebnisse in Form von Kurzstudien, sogenannten Trendreports, mit jeweils einem Schwerpunktthema. Auch eine Festlegung von relevanten Technologiethemata über Vorschläge seitens kommunaler Akteure ist dabei möglich. Sollten Sie also ein Thema haben, welches in das Angebot des Trendreports passt, kommen Sie gerne auf uns zu und wir prüfen eine Umsetzung in einem unserer Trendreports.

Der erste Trendreport beschäftigt sich mit Modellen und Visualisierungen der gebauten Umwelt als Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung, Umgang mit Komplexität oder Datenintegration. Dabei betrachtet er das Schwerpunktthema »Digitale Zwillinge und 3D-Stadtmodelle in der Kommunalentwicklung« näher.

## 1.1 Digitalakademie@bw

Die Digitalakademie@bw ist aus der Digitalisierungsstrategie des Landes Baden-Württemberg heraus entstanden. Ihre Aufgabe ist es, Impulsgeber für die digitale Transformation in Kommunen, Landkreisen und Verwaltungen zu sein. Sie wird von mehreren Partnern getragen, die unterschiedliche Expertisen im Bereich der öffentlichen Verwaltung mitbringen. Die Partner aus den Bereichen der Kommunal- und Landesverwaltung, der Innovation und der Bildung bündeln in der Digitalakademie@bw ihr Know-How, um die digitale Transformation in den Kommunen, Landkreisen und Regionen Baden-Württembergs aktiv zu gestalten.

Ihr Ziel ist es, den digitalen Wandel in den Kommunen, Landkreisen und Regionen im Land gemeinsam zu gestalten und die vielfältigen Möglichkeiten der Digitalisierung zum Wohle der Bürgerinnen und Bürger und zur Stärkung des Standorts zu nutzen.

## 2

# Trendfeld »Digitale Abbilder der Kommune von Morgen«

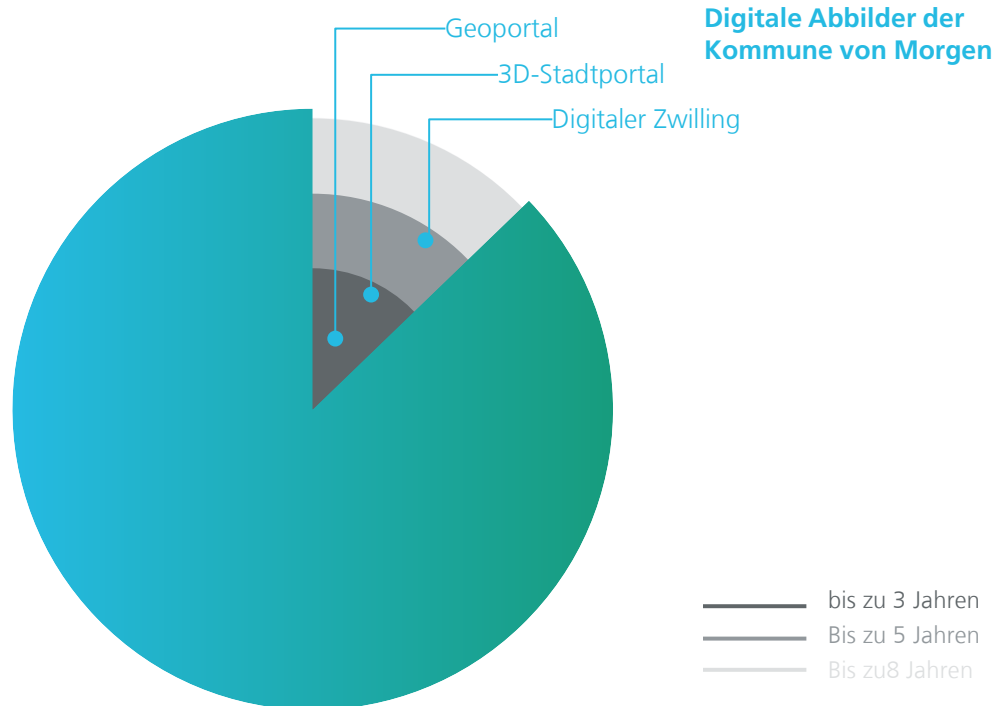
Heutzutage werden immer mehr städtische Daten erfasst, um eine evidenzbasierte Stadtplanung voranzutreiben. Daher wird es zunehmend relevanter, diese Daten auch zu bündeln und nicht in Silos zu verarbeiten. Ein Digitaler Zwilling kann die Zusammenarbeit verschiedener kommunaler Abteilungen stärken und über gemeinsame 3D-Datenmodelle vereinfachen. Mehr und mehr Kommunen und Arbeitskreise setzen sich daher mit dem Thema Digitaler Zwilling und der digitalen Visualisierung gebauter Umgebungen auseinander - so auch ganz aktuell das Konsortium zur Entwicklung einer neuen DIN SPEC 91607 »Digitaler Zwilling für Städte und Kommunen«, welches sich Ende März 2022 zur Auftaktveranstaltung traf.

Die Teilnehmenden kommen aus verschiedensten Bereichen, darunter sind neben Kommunen auch Verbände und Politik sowie Wissenschaft und Wirtschaft vertreten. Initiiert wurde das Vorhaben von den Akteuren des Smart-City-Modellprojekts »CUT – Connected Urban Twins«, welches noch näher erläutert wird. Ziel des Konsortiums ist unter anderem die Erstellung eines Leitfadens für Kommunen zur Erstellung und Betrieb von Digitalen Zwillingen, hierbei sollen nicht nur technische Aspekte, sondern auch Handlungsfelder rund um Ökologie, Ökonomie und Soziales behandelt werden [1].

Ziel der Umsetzung eines Digitalen Zwillings ist die Realität der gebauten Umgebung mittels Informationstechnik besser zu verstehen sowie besser managen und gestalten zu können. Durch die umfassende Dokumentation realer Objekte wird ein Monitoring und eine Steuerung auf Basis aktueller Daten zur Optimierung des Stadtsystems ermöglicht. Zudem kann die Simulation von Bauvorhaben die Auswirkungen aufzeigen und bis zu einem stadtverträglichen Ergebnis optimiert werden.

Das hier analysierte Trendfeld bewegt sich im Bereich der Visualisierung der gebauten Umwelt. Der Weg von einem zweidimensionalen Abbild der räumlichen Strukturen einer Kommune zu einem dreidimensionalen urbanen Digitalen Zwillingen wird aufgezeigt. Es werden zunächst die Themen Geoportal und 3D-Stadtmodell vorgestellt, bevor eine detailliertere Beschreibung des Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung folgt.

Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über die mögliche zeitliche Umsetzung der drei beschriebenen Themen in der eigenen Kommune. Die Darstellung wird mit jedem Trendreport um ein weiteres Thema ergänzt und gibt so immer einen ganzheitlichen Überblick der veröffentlichten Trendreports.



**Abb. 1** Digitale Abbilder der Kommune von Morgen – zeitliche Einordnung

## 2.1 Geoportale

Ein Geoportale [G]<sup>1</sup> ist eine webbasierte Anwendung zur Darstellung von Geodaten, welches meistens öffentlich zugänglich ist. Die Daten mit geografischem Bezug werden dort zweidimensional als Karten visualisiert. In dem Portal können sämtliche raumbezogene Informationen vereint werden. Meistens können je nach Themengebiet und Anbieter einzelne Karten mit einem Themenbereich geladen werden oder auch mehrere Themen übereinandergelegt dargestellt werden [2]. Die meisten Geoportale unterteilen die Visualisierung in verschiedene Fachdatengruppen, z.B. verwaltungsspezifische Aspekte, Landesentwicklung & Wohnen, Verkehr & Mobilität, Freizeit und Natur. Diese Informationen reichen von der Darstellung von Flurstücken, über Altglascontainer bis hin zu Schulbezirken und Fahrradabstellplätzen. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie stellt ein deutschlandweites Geoportale mit entsprechenden Informationen zur Verfügung und auch die meisten Bundesländer und teilweise einzelne Kommunen bieten separate Geoportale an.

Je nach Geoportale werden unterschiedliche Detaillierungsgrade und Schwerpunkte in der Darstellung gesetzt. Im deutschlandweiten Geoportale sind z.B. Daten zur Bevölkerungsentwicklung oder Steuereinnahmen abrufbar [3]. Hingegen können auf kommunaler Ebene, wie bspw. im Stuttgarter Geoportale, einzelne Bäume oder Kreativräume für Jugendliche dargestellt werden [4]. Die Informationen des Geoportales bilden die Grundlage für ein 3D-Stadtmodell.

Nachfolgend ist das Stuttgarter Geoportale »Stuttgart Maps« exemplarisch mit einem Ausschnitt aus dem Stadtbezirk West zu sehen. Gekennzeichnet wurden hier beispielhaft die Baumarten Kastanie (violett) und Platanen (dunkelgrün), verschiedenen

<sup>1</sup> Mit [G] gekennzeichnete Begriffe werden im Glossar unter 3.2 nochmal kurz erklärt.

Schuleinrichtungen (dunkelorange, pink, hellgrün) und Kitas (grün) sowie Altglascontainer (orangebraun) zu sehen [4].

Trendfeld »Digitale Abbilder der Kommune von Morgen«

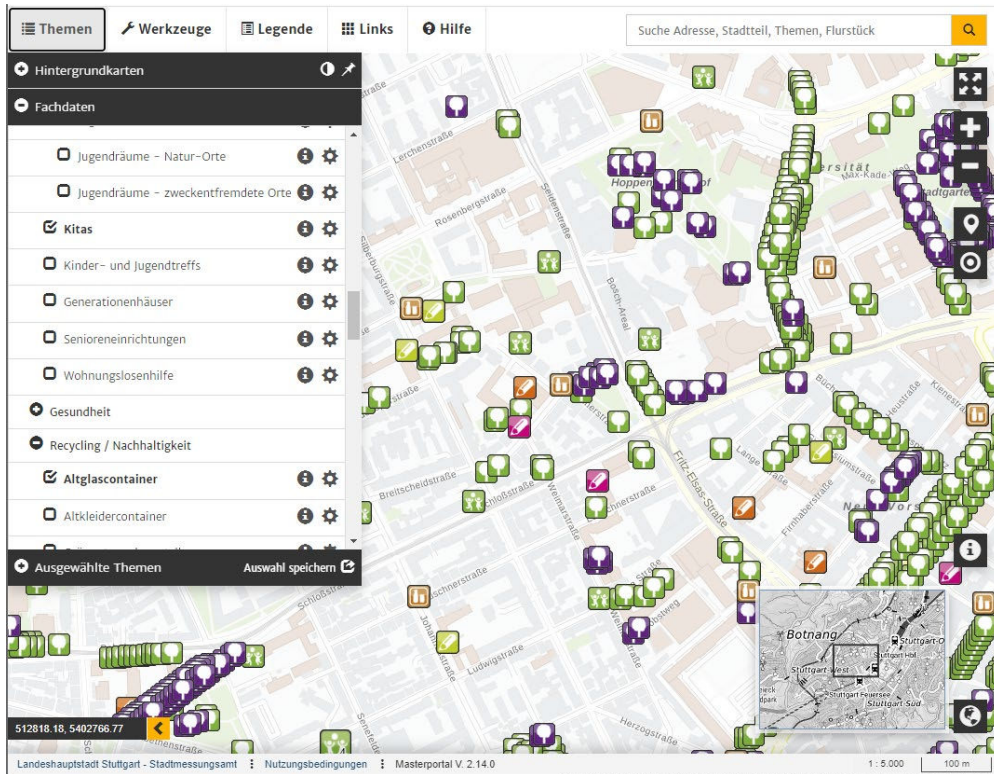


Abb. 2 Ausschnitt aus dem Stuttgarter Geoportal [3]

Im Heidelberger Geoportal können neben der hier dargestellten Karte mit Kindertagesstätten und Freizeitmöglichkeiten, auch Karten zu Bebauungsplänen, Parkplätzen, Starkregenereignissen und Baustellen dargestellt werden [5].

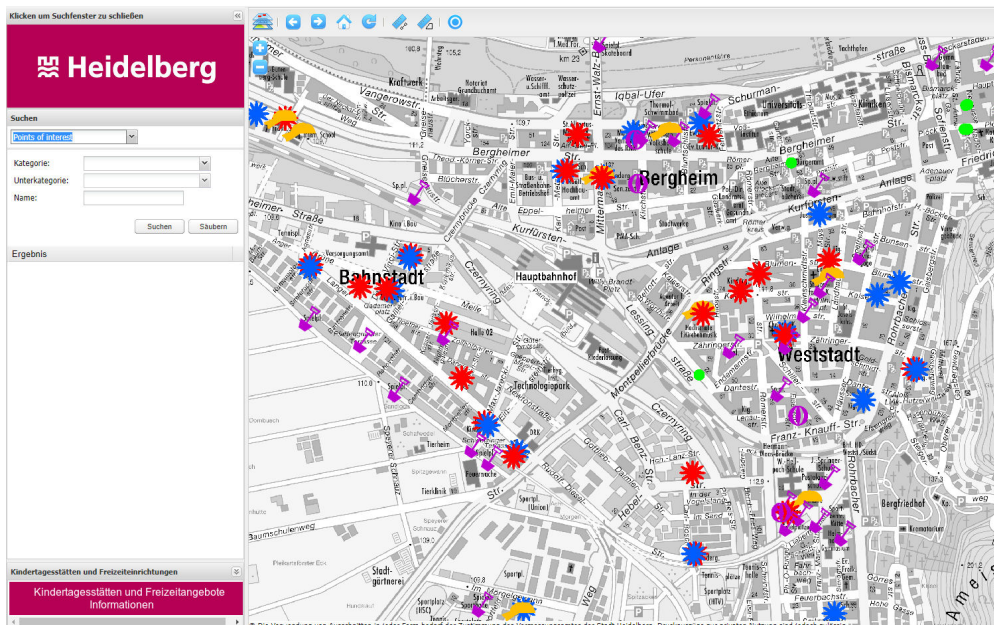


Abb. 3 Abbildung des Heidelberger Geoportals [5]

## 2.2 3D-Stadtmodelle

Die meisten vorhandenen Pläne von deutschen Kommunen sind wie bereits beschrieben zweidimensional. Ein dreidimensionales Stadtmodell visualisiert die Pläne mittels räumlicher Kubaturen [G] und umfasst damit zusätzliche Informationsebenen. Kubaturen umschreiben das Volumen eines Bauwerks. Hierfür werden z.B. Gebäude nicht nur entsprechend ihrer Grundfläche, sondern auch ihrer Höhe und möglichen Fassadensprünge dargestellt. Dieses 3D-Stadtmodell kann als Informationssystem genutzt werden, da sie auch für fachfremde Personen eine gute räumliche Lesbarkeit ermöglichen.

Ein Modell kann sowohl untexturiert wie texturiert dargestellt werden. Untexturiert bedeutet, es werden graue Gebäudekubaturen dargestellt ohne Oberflächendetails, Bäume beispielsweise können ein- oder ausgeblendet werden. Texturierte Darstellungen werden in einem 3D-Mesh [G] erstellt, welches mittels Photogrammetrie [G] erstellt wurde [6]. Zur Verdeutlichung des Unterschieds wird hier ein Ausschnitt aus dem Stuttgarter 3D-Modell gezeigt. Die erste Abbildung stellt das Modell mit Kubaturen und untexturiert dar. Die zweite Abbildung zeigt ein 3D-Mesh Modell, welches mittels Photogrammetrie erhoben wurde und eine fotorealistische Darstellung der Stadt zeigt.



**Abb. 4** Abbildungen aus dem Stuttgarter 3D-Stadtmodell, oben: untexturiert; unten: fotorealistische Darstellung durch 3D-Mesh [7]



Mit einem 3D-Stadtmodell können verschiedene Simulationen, z.B. Tageslichtsimulationen wie im Konstanzer 3D-Stadtmodell, durchgeführt werden. Das 3D-Stadtmodell der Stadt Konstanz gibt darüber hinaus die Möglichkeit, Orte von zuhause aus zu erkunden und liefert häufig weiterführende Informationen hinsichtlich Solarpotenzial, Lärm, Hochwasserkartierung und touristischen Sehenswürdigkeiten [8]. Es bildet die Grundlage für einen Digitalen Zwilling. Daher gilt desto detaillierter und informativer bereits das 3D-Stadtmodell ist, desto naheliegender ist die Umsetzung als Digitaler Zwilling [6]. Die Stadt Konstanz hat bereits ein 3D-Stadtmodell, welches insbesondere auch für touristische Zwecke eingesetzt wird [8].



Abb. 5 Ausschnitt des Konstanzer 3D-Stadtmodells [8]

## 2.3 Digitaler Zwilling

Ein Digitaler Zwilling bildet ein reales oder noch zu planendes Objekt in einem digitalen Spiegelbild ab. Das 3D-Stadtmodell und das Geoportal bilden die Grundlage für einen städtischen Digitalen Zwilling. Dieser wird durch Echtzeitdaten und -synchronisation ergänzt und grenzt sich dadurch von einem dreidimensionalen Modell mit hinterlegten Zusatzdaten ab.

Im vorliegenden Trendreport wird das Thema rund um den Digitalen Zwilling in der Kommunalentwicklung näher erläutert. Der urbane Digitale Zwilling wird gerade vermehrt diskutiert. Er kann unterschiedlich eingesetzt werden und wird die Wertschöpfungskette der Kommunalentwicklung zukünftig maßgeblich beeinflussen. Im Nachfolgenden wird von Kommunen oder Städten gesprochen. Je nach Größe einer Kommune kann es auch sinnvoll sein, einen Verbund im Landkreis oder der Region für einen gemeinsamen Digitalen Zwilling zu etablieren.

## 3 Grundlagen des Digitalen Zwillings

### 3.1 Informationen zu technischen Grundlagen für die Erstellung eines Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung

Zur Umsetzung eines Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung gibt es verschiedene Werkzeuge und Programme. Hierzu muss zunächst klargestellt werden, dass es unterschiedliche Grundlagen für den Aufbau eines städtischen Digitalen Zwillings gibt. Die Grundlage, das 3D-Modell kann auf Basis von folgenden Alternativen entstehen:

- Computergrafik: Grundlage sind Szenografiken
- Geoinformatik: Grundlage sind teils bereits semantische Stadt- und Landschaftsmodelle
- Computerspiele/ Simulationen: Grundlage ist der Gamification-Ansatz auf Basis von Simulations- und Interaktionsmodellen
- AEC/ CAAD: Grundlage hierfür sind CAD (computer-aided design) Daten sowie BIM (Building Information Models) Daten

Die verbreitetste Variante, insbesondere vor dem Hintergrund, dass nicht nur ein statisches 3D-Modell entstehen soll, ist die Geoinformatik, teilweise in Kombination mit CAD- und BIM Daten. Zudem werden Digitale Zwillinge im städtischen Kontext meist in CityGML aufgebaut. Aufgrund des Umfangs wird hier nur ein kurzer Einblick in das semantische Stadtmodell, welches aus der Geoinformatik entspringt, gegeben [14].

Ein **semantisches Stadtmodell** beschreibt die verschiedenen Aspekte der Objekte einer urbanen Umgebung in 3D und wird nach diesen strukturiert. Dazu gehören neben thematischen, auch funktionale und logische Aspekte. Rein geometrische oder visuelle Darstellungen, z.B. VR-Modelle oder Punktwolken, enthalten keine beschreibenden semantischen Informationen und sind daher kein Digitaler Zwilling. Im semantischen Modell findet beispielsweise eine Klassifikation von Objekten statt. Objekte können hierbei u.a. folgende sein: Gebäude, Baum, Fahrbahn, Bürgersteig, Treppe, Ampel, Brücke. Zudem ist eine Spezifikation jeder dieser Objektarten bzw. -klassen möglich. Darüber hinaus können die Objekte auch hierarchisch angeordnet werden und folgenden damit einer Logik, z.B. ein Rathaus ist ein Gebäude und ein Gebäude ist ein Stadtobjekt. Ein Digitaler Zwilling als semantisches Modell wird auch als Urban Information Model oder City Information Model (CIM) bezeichnet. Der Vorteil der semantischen Modelle ist die Abbildbarkeit von schnellen dynamischen Änderungen. Auf räumlicher Ebene kann es sich dabei um sich bewegende Objekte, wie Fahrzeuge handeln. Auch thematische Eigenschaften wie Stromverbräuche können abgebildet werden, sowie Rasterbilder, welche Rückschlüsse auf die Luftströmung geben. Diese Echtzeitdaten werden mittels Sensoren und IoT-Geräten erhoben [14].

City Geography Markup Language, kurz **CityGML**, ist das Austausch- und Datenmodell, welches für semantische 3D-Modell und Digitale Zwillinge verwendet wird. Das Datenmodell wird mit der Unified Modeling Language (UML) beschrieben. UML ist eine Modellierungssprache, welche vor allem in der grafischen Darstellung verwendet wird. Das Austauschformat basiert auf der GML3-Version. Das für Stadtmodelle verwendete CityGML repräsentiert neben der reinen 3D-Geometrie einer Kommune auch die dreidimensionale Topologie, die Semantik und das Erscheinungsbild. Es werden zusätzlich thematische Bereiche abgebildet, welche neben Kubaturen, wie Gebäuden oder Brücken, auch Vegetation umfassen können. CityGML ist in 5 Skalenebenen darstellbar,

diese werden, ähnlich dem Building Information Modelling, als Level of Detail (LOD) bezeichnet und werden als internationaler Standard durch das Open Geospatial Consortium veröffentlicht. Seit September 2021 gilt die Version 3.0 für die Anwendung von CityGML [28].

### Exkurs: Kompatibilität von BIM und CIM:

In Deutschland werden BIM-Modelle zunehmend im IFC-Format dargestellt, dies ist ein offener Standard in der digitalen Beschreibung von Gebäude- und Infrastrukturmodellen. Mit diesem Format ist es möglich BIM-Modelle in ein semantisches 3D-Stadtmodell zu integrieren. Allerdings ist bei der Integration zu beachten, dass es in BIM und CIM unterschiedliche Abkürzungen gibt und auch die Level of Detail anders beschrieben sind. Die Levels of Detail im städtischen Kontext definieren fünf Detailebenen (LOD), die von einfachen 2D-Modellen des Geländes in Ebene 0 bis hin zu einer komplexeren 3D-Darstellung von Bausteinen und Innenstrukturen in Ebene 4 reichen [29]:

- LOD0: Digitales 2D-Geländemodell, teilweise in Kombination mit einem Luftbild dargestellt
- LOD1: Darstellung von 3D-Gebäudeblöcken ohne differenzierte Dachstrukturen, alle Gebäude werden als Quader dargestellt
- LOD2: Darstellung der 3D-Gebäude mit differenzierten Dachstrukturen
- LOD3: Erweiterung der Darstellung um detaillierte Fassaden-, Wand- und Dachstrukturen, sowie Türen und Fenstern
- LOD4: Abbildung von Innenraumstrukturen und Grundrissen

Eine Übersicht der Level of Detail (LOD) geben die nachfolgenden Abbildungen:



Abb. 6 Level of Detail auf Gebäudeebene (BIM)

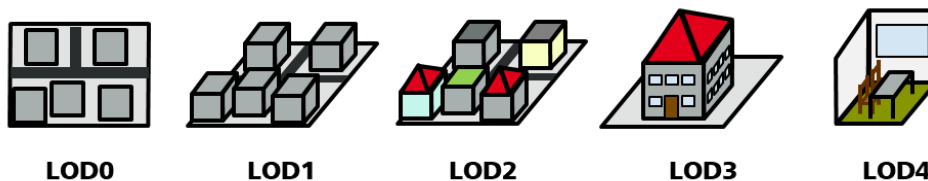


Abb. 7 Level of Detail im städtischen Kontext (CIM) [30]

Durch diese Darstellung werden die Unterschiede der Level of Details in BIM und CIM deutlich.

## 3.2 Glossar

<b>Fachbegriff</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>3D-Mesh</b>	Polygone, welche zu dreidimensionalen Objekten kombiniert werden. Meist sind die Polygone Fotografien von Städten aus verschiedenen Winkeln. Die Erstellung erfolgt mittels Photogrammetrie.
<b>3D – Stadtmodell</b>	Texturierte oder untexturierte dreidimensionale Darstellung einer Stadt
<b>CityGML</b>	City Geography Markup Language ist das Austausch- und Datenmodell, welches für semantische 3D-Modell und Digitale Zwillinge verwendet wird.
<b>City Information Modelling</b>	Semantisches Modell des Digitalen Zwillings
<b>Digitaler Zwilling</b>	Dreidimensionales Modell der gebauten oder geplanten Umwelt mit der Einbindung von Echtzeitdaten, wobei ein automatischer Datenfluss von realer Umgebung in digitale und andersherum läuft.
<b>Geoportal</b>	Webbasierter Kartendienstleister mit raumbezogenen Daten zu verschiedenen städtischen Einrichtungen und Infrastrukturen
<b>Kubatur</b>	Geometrisch messbare Volumen eines Baukörpers oder Bauwerks, unabhängig von Material, Nutzung und Gestaltung
<b>LoD</b>	Level of Detail, Detaillierungsgrad einer Darstellung von Kubatur mit glatten quadratischen Oberflächen bis hin zu Innenraumdetails.
<b>Photogrammetrie</b>	Berechnung eines 3D-Modells aus mehreren 2D-Fotos aus unterschiedlichen Perspektiven
<b>Schrägluftbild</b>	Fotografien in einem geneigten Winkel aus der Luft aufgenommen
<b>Semantik</b>	Semantik beschreibt die verschiedenen Aspekte der Objekte einer urbanen Umgebung in 3D und wird nach diesen strukturiert. Dazu gehören neben thematische, auch funktionale und logische Aspekte.
<b>Unreal Engine</b>	weltweit offenste und fortschrittlichste Echtzeit-3D-Erstellungstool für fotorealistic Visualisierungen und immersive Erlebnisse

Tab. 1 Glossar

## 4 Digitaler Zwilling in der Kommunalentwicklung

### 4.1 Der Digitale Zwilling im kommunalen Kontext

Das **Prinzip »Digitaler Zwilling«** kann ein **materielles oder immaterielles Objekt** sowie einen Prozess aus der realen Welt repräsentieren [9]. Ursprünglich kommt der Digitale Zwilling aus dem Bereich des Maschinenbaus, später wurde er dann im Gebäudekontext genutzt und nun wird er auch in der Kommunalentwicklung eingesetzt. Er ist über Sensoren zur Datenerhebung<sup>1</sup> mit seinem Gegenstück verbunden [10].

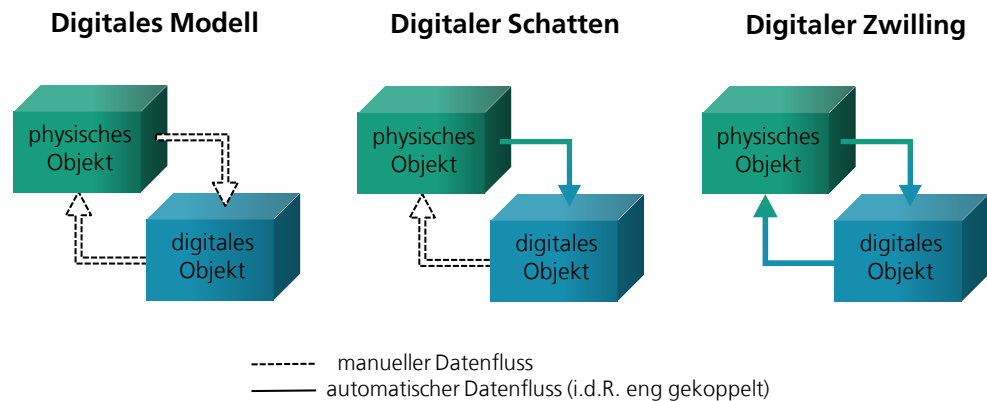
Ein Digitaler Zwilling im kommunalen Kontext stellt die Abbildung der realen Kommune in einem digitalen Abbild dar und kombiniert diese mit verschiedenen Smart City Anwendungen. Allerdings müssen nicht alle Objekte bereits in der Realität vorhanden sein, insbesondere in der Planung von kommunalen Entwicklungen bildet der Digitale Zwilling sowohl die bereits gebaute Umgebung ab als auch die unterschiedlichen Planungsentwürfe sowie ihre Auswirkungen auf die bestehende Stadtstruktur [9]. Daher vereint er im kommunalen Kontext häufig ein 3D-Stadtmodell mit Smart-City Ansätzen, wie intelligenten Informationssystemen und Dashboards verschiedener Anwendungsgebiete, sowie Simulationsmöglichkeiten und weiteren Technologien für bessere Planungsentscheidungen und eine betriebswirtschaftliche Optimierung der städtischen Services [10].

Der Digitale Zwilling basiert auf umfangreichen, kumulativen **Echtzeit-Datenmessungen**, die dimensionsübergreifend in der realen Welt vorgenommen werden [11]. Er gibt die Möglichkeit für eine umfassende Dokumentation des realen Stadtbilds. Dafür werden oftmals exemplarisch spezifische Eigenschaften wie Energieverbräuche von Objekten eingepflegt. Diese Eigenschaften werden dann während des Betriebs gemessen und so wird versucht, ein Optimum zu erzeugen [12].

Insgesamt betrachtet wird das Thema zwar immer aktueller, wird aber noch selten vollumfänglich angewendet. Vielmehr wird der Begriff »Digitaler Zwilling« oftmals gleichgesetzt mit sämtlichen städtischen intelligenten Systemen. Der Digitale Zwilling ist ein Digitaler Zwilling unter der Voraussetzung, dass eine **Echtzeitsynchronisation zwischen der realen Welt und dem Digitalen Zwilling** stattfindet, dies sollte automatisch ablaufen [13]. Eine Verdeutlichung der Unterschiede eines Digitalen Zwillings zu einem digitalen Modell ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.

---

<sup>1</sup> Datenerhebung mit Sensorik werden wir im kommenden Trendreport näher beleuchten.



**Abb. 8** Digitales Modell bis Digitaler Schatten, Eigene Darstellung nach Kolbe [14]

Ein digitales Modell wird einmal aus der realen Welt in ein digitales Objekt übersetzt, dies kann z.B. ein bestehender Gebäudekomplex oder auch ein Stadtteil sein und erfolgt häufig mittels Photogrammetrie [G]. Zusätzlich kann ein digitales Modell auch für geplante Maßnahmen erstellt werden. Digitale Modelle können als 3D-Stadtmodelle abgebildet werden.

Im Gegensatz zum digitalen Modell ist der digitale Schatten mit der realen Welt einseitig verbunden. Das bedeutet, sollte in der gebauten Umwelt etwas passieren, z.B. ein Stau entstehen, wird dieser Sachverhalt an das digitale Objekt dank eines automatischen Datenflusses gemeldet und dort sichtbar.

Im Falle des Digitalen Zwillings, bei dem ein automatischer Datenfluss von realer Umgebung in digitale und andersherum läuft, kann der Digitale Zwilling der realen Welt das Zeichen für Umleitungen geben. So kann der Stau durch digitale Hinweisschilder minimiert und schließlich wieder aufgehoben werden. Mit diesem Beispiel soll verdeutlicht werden, dass ein reines 3D-Stadtmodell oder ein Geoportal noch kein Digitaler Zwilling sind.

## 4.2 Potenziale für die Kommune von Morgen

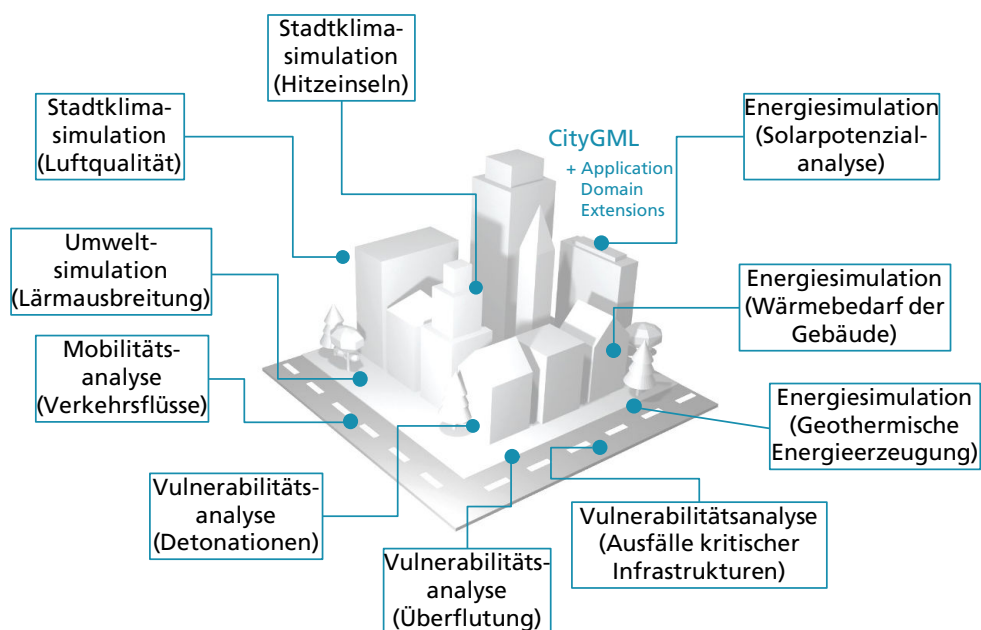
Die Potenziale eines Digitalen Zwillings für Kommunalverwaltung und -wirtschaft können sehr vielseitig sein und beeinflussen soziale, ökonomische, ökologische und prozessuale Aspekte einer Kommune und ihrer Kommunalentwicklung.

### 4.2.1 Anwendungsfelder

Mögliche **Anwendungsfelder**, um diese Potenziale auszuschöpfen befinden sich in nahezu allen städtischen Handlungsbereichen, z.B.:

- städtischen Verwaltung
- Mobilität
- Infrastrukturen
- baulichen Bestand
- Energieversorgung
- Luftzirkulation
- Bevölkerungsschutz
- sozialen Aspekte, wie Lebensqualität und Barrierefreiheit.

Letztlich sind ein Monitoring und eine Steuerung in allen Bereichen möglich, ebenso wie eine Betriebsoptimierung und prädiktive Instandhaltung und zudem eine Gefahrenerkennung und Detektion von Ausnahmeständen.



**Abb. 9** Mögliche Anwendungsfelder eines urbanen Digitalen Zwillings, Eigene Darstellung nach Kolbe [14]

#### 4.2.2 Simulationen

Für u.a. eine Betriebsoptimierung werden oftmals **Simulationen** durchgeführt, welche die realen Systeme im digitalen auf den Systemzustand und die Performanz hin überprüfen. Anschließend können entsprechende Indikatoren bei Bedarf auf Basis der im Digitalen Zwillings gewonnenen Erkenntnisse erzeugt werden, welche einen Beitrag zur Verbesserung des realen Systems leisten.

#### 4.2.3 Szenarienbildung

Ein weiteres Nutzungsprofil ist die Erstellung von **»Was-wäre-wenn«-Szenarien**. Dabei werden Veränderungen des realen Systems zunächst virtuell im Digitalen Zwillings abgebildet. Dadurch können die Auswirkungen auf das System zunächst abgeschätzt werden und eventuelle Anpassungen vorgenommen werden, bis ein in der Realität umsetzbares und stadtverträgliches Ergebnis erzeugt wurde. Dieses Vorgehen ermöglicht auch die Abschätzung von Material- und Energiebedarfen sowie den Kosten eines realen Objektes, bspw. dem Neubau eines Gebäudes oder Quartiers. Der Digitale Zwillings hilft bei Planungen in der Kommunalentwicklung zunächst im digitalen Raum Planungsalternativen zu überprüfen, bevor sie im realen Raum umgesetzt werden [12].

Nicht nur in den hier genannten Anwendungsfeldern können sowohl Simulationen wie »Was-wäre-wenn«-Szenarien für eine lebenswerte und klimafreundliche Stadtplanung genutzt werden, darüber hinaus gibt es noch zahlreiche weitere.

#### 4.2.4 Beispielhafte Anwendungsfälle

Der wahrnehmbare Nutzen ist aber vor allem vom Anwendungsfall abhängig. Die meisten in der Literatur benannten Anwendungsfälle beschäftigen sich mit Bauvorhaben und den dazugehörigen **Planungsvorhaben**. So ermöglicht beispielsweise das Modell der Stadt Bremen Stadtplanerinnen und Stadtplanern ihre städtebaulichen Entwürfe in einer kostenpflichtigen Version in verschiedenen Dateiformaten in das bestehende Stadtmodell hochzuladen. Darüber hinaus stehen dann für die Planungsvorhaben verschiedene Analysewerkzeuge zur Verfügung, mit welchem Sichtachsen überprüft und Schattenwürfe der geplanten Bauwerke simuliert werden können. Durch diese Methoden wird es Planerinnen und Planern in einem frühen Stadium ermöglicht, Auswirkungen ihrer Planungen zu überprüfen und entsprechend stadtverträglich zu optimieren [15].

Langfristig plant die Hansestadt Bremen ihr digitales **Partizipationssystem** DIPAS [16], welches in Hamburg entwickelt wurde, auch in das 3D-Stadtmodell zu integrieren, um somit eine Beteiligung nicht nur in der Ebene, sondern auch im Raum zu fördern [15]. Die Stadtgesellschaft kann so frühzeitig informiert und beteiligt werden und es wird Transparenz für das entsprechende Vorhaben geschaffen, was häufig zu mehr Zuspruch der Bevölkerung für ein bestimmtes Projekt führt [13].

Die Stadt München nutzt ihren Digitalen Zwillings nicht nur zur Simulation von Planungsvorhaben, sondern unter anderem auch für **Energiesimulationen**. Mit Hilfe der gesammelten Daten können so Gebäude für eine Energetische Sanierung identifiziert werden [17].

Ein weiterer oftmals gewählter Einsatz befindet sich im Bereich der **Mobilität**, im genaueren im Bereich der Verkehrsleitplanung. Durch die Echtzeitdaten der Stadt und der Straßen wird es möglich Stau vorherzusagen und so direkt Umleitungen einzurichten.



Zudem können Straßen, z.B. an den Wochenenden aufgrund geringer Verkehrsauslastung auch umgenutzt werden und der Stadtgesellschaft zur Verfügung gestellt werden, so kann zusätzlich Umweltverschmutzung vermieden werden und die Lebensqualität der Bevölkerung gesteigert werden. Darüber hinaus sind weitere verkehrstechnische Planungen möglich, wie z.B. die Auswirkungen von Bauvorhaben durch gesperrte Fahrspuren oder erhöhten LKW-Verkehr hervorzusagen und entsprechende Vorkehrungen zu treffen [9]. So engagiert sich die Stadt Stuttgart seit 2020 in dem Förderprojekt »Digitaler Zwilling Mobilität und Umwelt«. Ziel ist es hierbei u.a. Datenlücken zu schließen, Vernetzung zu verstärken und somit eine verbesserte Steuerung und stetige Optimierung des städtischen **Verkehrsflusses** zu erwirken [18].

Die gezeigten Potenziale sind nur ein kurzer Einblick in die umfassenden Möglichkeiten eines Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung, aber es wird bereits deutlich, dass Digitale Zwillinge sowohl Effizienzgewinne, z.B. im Bereich der Energieversorgung, erzielen können als auch zur Kosteneinsparung bei städtebaulichen Vorhaben durch Simulation der Planungen führen können. Ein durchgängig aufgebauter Digitaler Zwilling ermöglicht automatisierte Planungsprozesse und Vorhersagen zu Auswirkungen von kommunalen Entwicklungen und bietet einen hohen Nutzen in allen Lebenszyklusphasen der gebauten Umwelt.

## 4.3 Auswahl guter Praxisbeispiele

### 4.3.1 München.Digital.Erleben



München.  
**Digital. Twin.**

Im Rahmen der 2019 erstellten Münchener Digitalstrategie München.Digital.Erleben stellt der Aufbau eines Digitalen Zwillings einen Praxisbaustein in der Umsetzung der städtischen Digitalisierung dar. Der Digitale Zwilling der Stadt setzt sich zusammen aus einem Masterportal, welches als Schaufenster nach außen bezeichnet wird, und im Hintergrund eine urbane Datenplattform, welche durch die Geodateninfrastruktur und Sensordateninfrastruktur bereichert wird. Der Zwilling ist als 3D-Stadtmodell verfügbar und wird zusätzlich mit Echtzeitdaten zu Verkehrsmengen, Wetter oder Lärm hinterlegt. Der Digitale Zwilling wurde aber nicht nur zum Monitoring etabliert, sondern auch zur Simulation von »Was-wäre-wenn«-Szenarien. Dabei sehen nicht nur Mobilitätsthemen und Klimaschutzthemen im Fokus, sondern auch Ansätze für eine innovative Stadtentwicklung [19].

### 4.3.2 Connected Urban Twins der Städte Hamburg, München und Leipzig



**CONNECTED  
URBAN  
TWINS**

Hamburg, Leipzig und München gehen im Rahmen des Kooperationsprojektes „Connected Urban Twins – Urbane Datenplattformen und Digitale Zwillinge für Integrierte Stadtentwicklung“ (CUT) seit Anfang des Jahres 2021 gemeinsam den Weg zur Stadtentwicklung der Zukunft. Während der insgesamt fünfjährigen Projektlaufzeit werden die Städte zusammen die Entwicklung datengetriebener urbaner Zwillinge voranbringen. Das Projekt besteht aus fünf Teilprojekten, welche so gestaltet werden, dass eine Replikation auf die anderen Kooperationsstädte möglich ist und später auch über das Projekt hinaus auf andere Kommunen übertragbar ist. Hierbei leitet die Stadt Leipzig das Teilprojekt »Replikation und Wissenstransfer« und ist daher maßgeblich beteiligt an der Konzeptionierung einer späteren Übertragbarkeit. Zudem gehört es zur Aufgabe der Stadt in einem weiteren Teilprojekt die Stadtgesellschaft zu beteiligen und Ergänzungen von analogen Formaten durch digitale Bürger:innenbeteiligung zu schaffen und weiterzuentwickeln. Die Stadt München übernimmt das Teilprojekt »Innovative Anwendungsfälle der Stadtentwicklung«. Sie entwickelt datengetriebene Anwendungsfälle u.a. im Bereich der Flächenplanung, dies soll durch eine integrierte Stadtentwicklung zu Effizienzgewinnen und Steigerung der Qualität der Planungen führen. Die HafenCity Universität Hamburg untersucht mittels Realexperimenten, wie die Projektergebnisse in den Partnerstädten transformativ gestaltet werden können. Die Gesamtprojektleitung liegt bei der Stadt Hamburg, welche zusätzlich in ihrem Teilprojekt die grundlegenden Bausteine von urbanen Datenplattformen und Digitalen Zwillingen schaffen wird [20].

### 4.3.3 Helsinki 3D+

Die Hauptstadt Finnlands, Helsinki, war bereits 2002 die erste komplett erfasste und in 3D abgebildete Stadt. Für ein optimales Ergebnis hat die Stadt ein Reality Model mit einem semantischen CityGML Model [G] kombiniert. Grundlagen für die Modelle waren neben Punktwolken und Schrägluftbilder [G] auch Daten aus der GIS-Datenbank sowie

aus Stadtregistern, kombiniert mit IFC-Daten aus BIM- und Infrastrukturmodellen sowie erfasste Geodaten. Auf Basis dieser Informationen entstand dann ein möglichst realitätsnahes und akkurates Modell. Dadurch wurde nicht nur die Effizienz und Produktivität optimiert, sondern auch Planungsabläufe und das Monitoring der Stadt wurden verbessert. Zudem führte es zu einer hohen Transparenz der städtischen Abläufe und urbaner Synergien, wodurch das Stadtmanagement erleichtert werden konnte. Bei der Vorstellung des Projektes wird von den Verantwortlichen immer wieder betont, dass vor allem der Mut der städtischen Verantwortlichen einfach mal loszulegen, das Projekt in kurzer Zeit sehr erfolgreich gemacht hat [21].

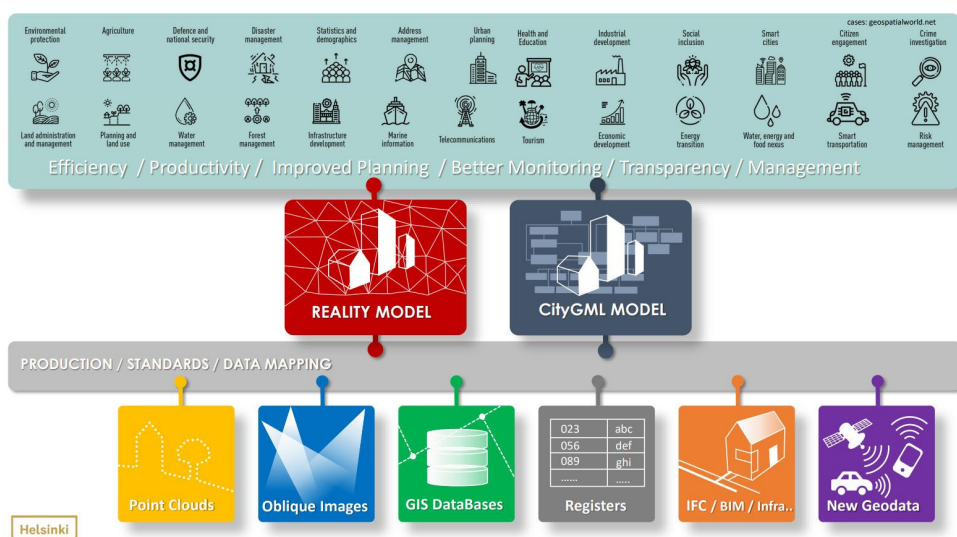


Abb. 10 Datenstruktur von HELSINKI 3D+ [21]

#### 4.3.4 Grafing bei München

Die Gemeinde Grafing bei München hat 2017 eine erste Bürgerinformationsveranstaltung zur Einführung eines 3D-Stadtmodells abgehalten. Mittlerweile nutzt die Gemeinde das Stadtmodell regelmäßig bei städtebaulichen Vorhaben [22]. Neben der dreidimensionalen Ansicht lassen sich auch Informationen zu Bebauungsplänen und dem kommunalen Haushalt einblenden. Jedes Gebäude ist einzeln und mit dem Detaillierungsgrad des Bauwerks gekennzeichnet. Verwaltungsmäßig wird das digitale Modell auch für urbane Simulationen, z.B. Windsimulationen, genutzt. Zusätzlich wurde eine Kommentarfunktion im Modell eingeführt. Die 3D-Planungs- und Gebäudemodelle sind in CityGML hinterlegt. Unterstützt bei der Umsetzung wurde die Gemeinde von CADFEM und virtualcitysystems. Das Beispiel der Gemeinde Grafing unterstreicht, dass bereits für kleinere Kommunen digitale Modelle und Zwillinge einen Mehrwert in der Bearbeitung bei Vorhaben im Bereich der Kommunalentwicklung haben können [23].

Viele weitere Kommunen, wie z.B. Kempten, Mannheim, Freiburg oder Paderborn, beschäftigen sich aktuell mit der Schaffung von organisatorischen und technischen Voraussetzungen, um einen eigenen Digitalen Zwilling aufzubauen.

Eine umfassende Liste von weiteren 3D-Stadtmodellen in Deutschland sowie weltweit, welche mit CityGML [G] abgebildet werden, kann unter folgendem Link abgerufen werden: <https://github.com/OloOcki/awesome-citygml>

## 4.4 Werkzeuge und Marktübersicht

Anschließend werden verschiedene Softwareunternehmen und Dienstleister für den Aufbau eines Digitalen Zwillings sowie kommunale Planungen aufgezeigt. Die Liste gibt einen kleinen Einblick in die unterschiedlichen Möglichkeiten und bietet keine vollumfängliche Marktanalyse. Zudem werden die aufgeführten Unternehmen nicht bewertet.

Name	Virtualcitysystems	Space Syntax	SpacemakerAI	Urbanistic GmbH
Art	Dienstleistungsunternehmen	Dienstleistungsunternehmen	Cloudbasierte KI-Software	Dienstleistungsunternehmen, Software
Ziel/Aufgabe	Unterstützung von Kommunen beim Aufbau von 3D-Stadtmodellen	Prognose von Auswirkungen auf verschiedene Sektoren	Planungsunterstützung bei städtebaulichen Vorhaben und Echtzeitanalyse	Auswirkungsanalyse
Leistungen	<p>Zielgruppe sind neben kommunalen Verwaltungen auch Architekten sowie Personen aus dem Bereich des Krisenmanagements.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau einer 3D-Geodateninfrastruktur</li> <li>• Informationsvisualisierung in einem 3D-Stadtmodell</li> <li>• webbasierte 3D-Stadtplanungslösungen</li> <li>• Schrägluftbilder</li> <li>• urbane Simulationen, bspw. Wind- oder Bombensimulationen.</li> </ul> <p><a href="https://vc-systems/">https://vc-systems/</a></p>	<p>Unterstützung bei der Gestaltung von Planungstrategien und Designvorschlägen mittels Modellierungstools werden Prognosen erstellt zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sozialen Auswirkungen</li> <li>• wirtschaftlichen Auswirkungen</li> <li>• ökologischen Auswirkungen</li> </ul> <p>der Entwicklung auf Mobilität, Bodenwert, Widerstandsfähigkeit und Gesundheit.</p> <p><a href="https://spacesyntax.com/">https://spacesyntax.com/</a></p>	<p>Was-wäre-wenn-Szenarien Analyse mittels KI-Software, z.B. Analysen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebieten, z.B. Bruttogeschossfläche, durchschnittliche Höhe</li> <li>• Tageslichtpotenzial</li> <li>• Lärm (-entwicklung)</li> <li>• Außenbereich, z.B. Beschaffenheit, räumliche Verhältnisse</li> <li>• Sichtachsen</li> <li>• Wind &amp; Luftströmung</li> <li>• Mikroklima, z.B. thermischer Komfort im Außenbereich</li> </ul> <p><a href="https://www.spacemaker-ai.com/">https://www.spacemaker-ai.com/</a></p>	<p>Was-wäre-wenn-Szenarien-Analyse anhand folgender Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baupotenzial</li> <li>• Sonnenlicht und Verschattung</li> <li>• Stadtklima</li> <li>• Infrastruktur und Mikrolage</li> <li>• Lärmausbreitung</li> </ul> <p><a href="https://urbanistic.de/">https://urbanistic.de/</a></p>

Name	ALKIS	ArcGIS	BENTLEY	CESIUM
Art	Amtliches Liegenschaftskataster-informationssystem	Cloudbasierte Software	Dienstleistungsunternehmen und Softwareentwicklung	Offene Plattform für 3D-Geodatenanwendungen
Ziel/ Aufgabe	Mögliche Grundlage für die Erstellung von 3D-Stadtmodellen	Kartografische Darstellung und Interaktion mit Positionsdaten	Implementierung von Digitalen Zwillingen in Behörden	Erstellung von Digitalen Zwillingen durch die Kombination von 3D-Inhalten, Sensordaten und synthetisierten Daten
Leistungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redundanzfreie Hinterlegung von raumbezogenen Daten, z.B. Kartendaten, sowie nicht raumbezogene Daten, z.B. Nutzungsart</li> <li>Systematische Verbindung der Daten (raum- und nicht raumbezogen)</li> </ul> <a href="https://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/">https://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung von interaktiven webbasierten Karten</li> <li>Digitale unternehmensinterne Zusammenarbeit und Freigabe von Karten und Apps nach außen</li> <li>Datenanalysewerkzeuge</li> <li>Integration von weiterführenden Daten in die Karten</li> </ul> <a href="https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-online/overview">https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-online/overview</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visualisierung</li> <li>Simulation</li> <li>Betrieb von Infrastruktur durch Digitale Zwillinge</li> <li>Beratung und Unterstützung</li> </ul> <a href="https://www.bentley.com/de/goingdigital/going-digital-in-cities">https://www.bentley.com/de/goingdigital/going-digital-in-cities</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zukunftsweisende und hochentwickelte Analysen mit Cesium ion</li> <li>Visualisierung für webbasierte Modelle mit CesiumJS, einer JavaScript Datenbank</li> <li>Simulationen, XR und naturgetreues Rendering mit Cesium for Unreal and O3DE</li> </ul> <a href="https://cesium.com/">https://cesium.com/</a>

Digitaler Zwilling in der Kommunalentwicklung

## 4.5 Handlungsempfehlungen – Vom Geoportal zum Digitalen Zwillings

Um einen Digitalen Zwillings in der eigenen Kommune zu integrieren, bedarf es einiger **organisatorischer und technischer Voraussetzungen**, welche zu Beginn geschaffen werden müssen.

### Organisatorische Voraussetzungen:

- Installation eines personellen Hauptverantwortlichen »Digitaler Zwillings«
  - Thema intern voranbringen und Transparenz schaffen
  - Mitbefürworter:innen finden in den verschiedenen Ämtern
  - Technisches Grundverständnis des Leads
- Finanzierung
  - Budget für Digitalisierungsprojekte aus dem Haushalt
  - Aktuelle Fördermittel oder Förderaufrufe

### Technische Voraussetzungen:

- Digitalisierungsgrad der Kommune
  - Welche Prozesse sind bereits digitalisiert?
- Geoportal und 3D-Stadtmodell
- Datenportal für städtische Daten
- Simulationssoftware

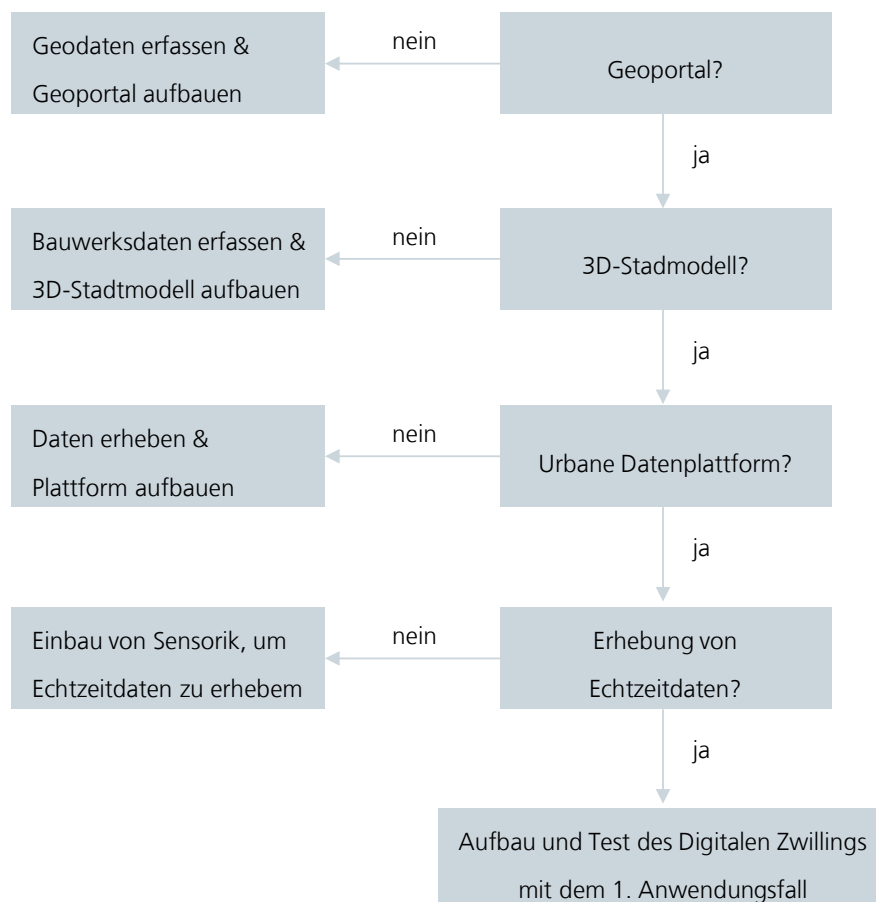


Abb. 11 Prüfung der technischen Voraussetzungen

Sind die organisatorischen und technischen Voraussetzungen geschaffen, kann der Aufbau des Digitalen Zwillinges mit dem ersten Anwendungsfall beginnen:

### 1. Anforderungsprozess und Bedarfserhebung:

- a. Welche Bereiche könnten von einem Digitalen Zwilling profitieren? Ableitung einer Priorisierung der möglichen Anwendungsfälle, diese können im Bereich von städtischen Entwicklungsmaßnahmen, Energie, Mobilität, Klima oder einem der anderen zahlreichen städtischen Aufgabengebiete liegen.
- b. Was wird der 1. Anwendungsfall für den Digitalen Zwilling sein? Dieser soll nicht nur für einen Anwendungsfall etabliert werden, aber es erleichtert den Einstieg mittels eines konkreten Anwendungsfalles den Digitalen Zwilling zu starten. Häufig kommt der erste Anwendungsfall aus dem Bereich der Stadtplanung oder Mobilität, da hier die Vorteile häufig am schnellsten transparent gegenüber der Kommunalverwaltung und der Stadtgesellschaft darstellbar sind.

### 2. Umsetzung des Digitalen Zwillinges:

- a. Zunächst werden die oben aufgeführten technischen und organisatorischen Voraussetzungen auf eventuelle weitere Anwendungsfall-spezifischen Anforderungen überprüft und diese ergänzt.
- b. Dann kann mit dem Aufbau des Digitalen Zwillinges für den 1. Anwendungsfall begonnen werden.
- c. Einbeziehung externen Dienstleistungen: Je nach Fall und Kapazitäten sowie Budget kann es sinnvoll sein, einen externen Dienstleister mit einzubinden. Hierbei ist es aber wichtig, dass die Kommune bereits selbst die Voraussetzungen geschaffen hat.

### 3. Betrieb des Digitalen Zwillinges:

- a. Unabhängig von der Beauftragung Externer, sollte immer jemand intern mit eingebunden sein, um das Wissen rund um den Digitalen Zwilling im Haus zu behalten sowie weitere technische Anforderungen zu definieren.
- b. Weitere Anwendungsfälle können aufgebaut und mit bestehenden kombiniert werden.

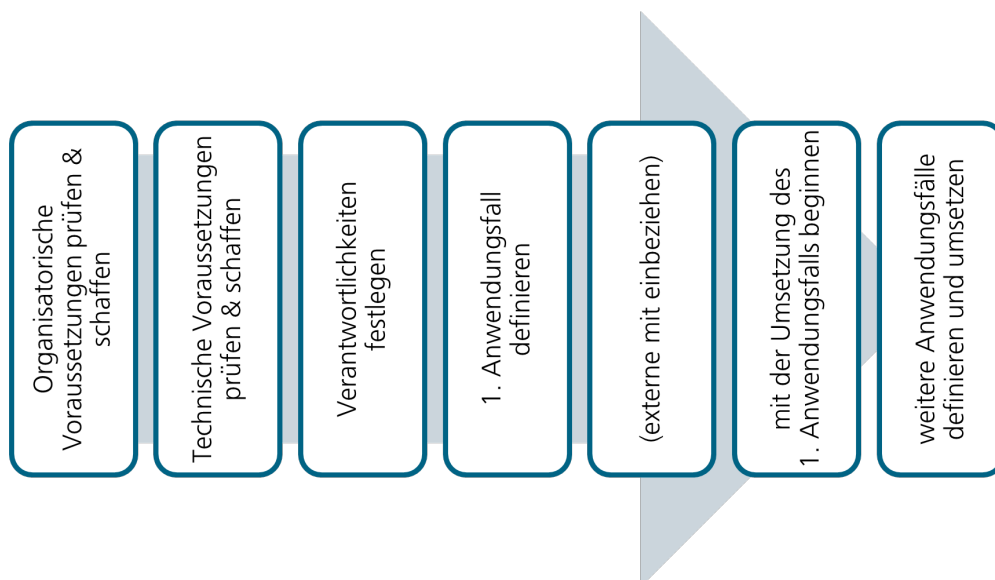


Abb. 12 Vereinfachte Darstellung der Schritte auf dem Weg zum Digitalen Zwilling

Zur Einordnung wie weit eine Kommune bei der Etablierung eines Digitalen Zwillings in der Kommunalentwicklung ist, kann die nachstehende Abbildung des Fraunhofer IESE eine erste Einschätzungshilfe geben:



Abb. 13 Entwicklungsstufen des Digitalen Zwillings [9]

Abschließend sollte bedacht werden, dass mit der Erprobung und späteren Einbettung des Digitalen Zwillings auch ein **Veränderungsprozess in der Verwaltung**, hinsichtlich Organisation, Strukturen und Prozessen angestoßen wird. Dies braucht Zeit, denn es sollte nicht nur eine Digitalisierung analoger Prozesse nach sich ziehen, sondern ein Umdenken fördern. Darüber hinaus sollte auch das Erwartungsmanagement an die Einführung und den Betrieb mitgedacht werden, und zwar nicht nur verwaltungsintern, sondern insbesondere auch bei der Stadtgesellschaft [13].

#### 4.5.1

##### Unser Ausblick in die Zukunft

Die nachstehenden Punkte sollen unserer Vision zeigen, wie sich der Digitale Zwilling in der Kommunalverwaltung und -wirtschaft etabliert und unersetzlich geworden ist. Das Ziel ist hierbei aufzuzeigen, dass der Aufbau eines Digitalen Zwillings große Potenziale für eine zukunftsfähige und lebenswerte Kommune von morgen mit sich bringt.

1. Ihre Kommune hat einen eingebetteten Digitalen Zwilling für alle städtischen Anwendungsfälle.
2. Ihre Kommune trifft nur noch evidenzbasierte Entscheidungen, welche mittels einer KI über Was-Wäre-Wenn-Szenarien ausgewertet wurden.
3. Ihre Kommune ist im Metaverse und nun 24/7 für die Stadtgesellschaft erreichbar.
4. Ihre Kommune hat sich mit den Nachbarkommunen vernetzt und gemeinsam bilden Sie den Digitalen Zwilling des ganzen Landes ab.
5. Die Partizipationsbeteiligung der Stadtgesellschaft an städtebaulichen Maßnahmen ist dank des Digitalen Zwillings in ihrer Kommune auf fast 100% angestiegen.



## 4.5.2 Literaturempfehlungen

### »Leitfaden geobasierter Digitaler Zwilling« von Bayern innovativ

Bayern innovativ ist ein seit 1995 bestehendes Netzwerk, welches im engen Austausch mit Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Innovationen vorantreibt, u.a. im Bereich Digitaler Zwilling für die Kommunalentwicklung. Hierfür wurde ein Leitfaden, insbesondere für die Zielgruppe der kommunalen IT-Verantwortlichen veröffentlicht, welcher zum Ziel hat, nicht nur über das Thema zu informieren, sondern auch für sektorübergreifenden Datenintegration zu sensibilisieren. Ziel des Leitfadens ist es, Kommunen zu befähigen eine Dateninfrastruktur und anschließend einen Digitalen Zwilling aufzubauen. Dafür gibt es nicht nur eine Anleitung, sondern auch einen Überblick über verfügbare offene Standards und bestehende Lösungen [24].

### »3D-Geodaten in der integrierten Stadtentwicklung – Handreichung des Deutschen Städtetags«

Die Handreichung des Deutschen Städtetags erläutert nochmal die Herausforderungen, aber auch die perspektivischen Chancen durch den Einsatz von 3D-Modellen im kommunalen Kontext. Es werden 17 deutsche Städte und ihre Anwendung eines 3D-Stadtmodells kurz vorgestellt und ihre Anwendungsfelder erklärt [25].

Whitepaper »Der Digitale Zwilling für smarte Städte« von Fraunhofer IESE

Das Whitepaper des Fraunhofer IESE gibt nicht nur eine Definition des Digitalen Zwillings für smarte Städte, sondern hat auch ein Reifegradmodell entwickelt. Anhand dieses Modells ist es Kommunen möglich, sich selbst grob einzuschätzen, wie weit sie bereits bei der Erstellung eines Digitalen Zwillings ist und gibt einen Überblick über nächste Schritte, benötigte Zeitaufwände und mögliche Kooperationspartner [9].

### »Digitale Städte: 3D-Modelle als Basis für Prozesse, Partizipation und Planung« in *fuB - Flächenmanagement und Bodenordnung* - Die Zeitschrift für Liegenschaftswesen, Planung und Vermessung, Heft 3, 2020

Die Autoren geben einen Einblick in die Schritte von der Datengrundlage zum 3D-Modell. Darüber hinaus werden verschiedenen Use Cases skizziert, insbesondere werden die Bereiche Citizen Engagement im Bereich der Stadtplanung sowie Bürgerbeteiligungsformate erläutert [26].

### »Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany« in *Sustainability* 2020, 12 [englisch]

Im Zusammenhang mit dem Thema Smart Cities und Bürgerschaft wird in diesem Beitrag der Prototyp eines urbanen Digitalen Zwillings für die 30.000 Einwohner zählende Stadt Herrenberg in Deutschland vorgestellt. Der hier vorgestellte Prototyp umfasst ein 3D-Modell der bebauten Umwelt, ein Straßennetzmodell unter Verwendung der Theorie und Methode der Raumsyntax, eine urbane Mobilitätssimulation, eine Windströmungssimulation und eine Reihe von empirischen quantitativen und qualitativen Daten unter Verwendung freiwilliger geografischer Informationen (VGI). Darüber hinaus wurde der urbane Digitale Zwilling in eine Visualisierungsplattform für virtuelle Realität implementiert [27].

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hg.): Der „Digitale Zwilling für Städte und Kommunen“ kommt! - Erfolgreiche Konstituierung des Konsortiums zur DIN SPEC 91607 Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/smart-cities/aktuelles/der-digitale-zwilling-fuer-staedte-und-kommunen-kommt--859000>, zuletzt geprüft am 30.03.2022.
- [2] Geschäftsstelle IMA GDI.NRW (Hg.): GEOportal.NRW. Inhalt und Funktionen. Online verfügbar unter <https://www.geoportal.nrw/inhalt>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [3] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022): Geoportal.de. Online verfügbar unter <https://www.geoportal.de/>, zuletzt aktualisiert am 10.02.2022.
- [4] Landeshauptstadt Stuttgart - Stadtmessungsamt (Hg.): Stadtplan - GEOLINE. Online verfügbar unter <https://maps.stuttgart.de/stadtplan/>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [5] Stadt Heidelberg - Vermessungsamt (Hg.): Online Stadtplan Heidelberg. Online verfügbar unter <https://ww2.heidelberg.de/mapservicemobile/>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [6] virtualcitysystems GmbH (Hg.): Lösungen - 3D-Stadtmodell. Online verfügbar unter <https://vc.systems/loesungen/3d-stadtmodell/>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [7] Landeshauptstadt Stuttgart - Stadtmessungsamt (Hg.): Stuttgart 3D. Online verfügbar unter <https://3d.stuttgart.de/>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [8] Stadt Konstanz (Hg.) (2021): Konstanz in 3D. – ganz bequem von Zuhause aus: Entdecken Sie dank des 3D-Stadtmodells unsere schöne Konzilstadt! Online verfügbar unter <https://www.konstanz.de/digital/digitales+konstanz/projekte+und+massnahmen/3d-stadtmodell>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- [9] Guckenbiehl, Pascal; Hess, Steffen; Mumme, Moritz; Swarat, Gerald; Vogt-Hohenlinde, Sophie; Burton, Simon; Roscher, Karsten (2021): Der Digitale Zwilling für smarte Städte – zwischen Erwartungen und Herausforderungen. Was wir in der Zukunft erwarten können und wo wir heute stehen. Hg. v. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. München.
- [10] Kuhn, Thomas (2017): Digitaler Zwilling. Hg. v. Springer-Verlag. Fraunhofer IESE. Berlin, Heidelberg. Online verfügbar unter <https://gi.de/informatiklexikon/digitaler-zwilling/>, zuletzt geprüft am 19.02.2022.
- [11] Pfeiffer, Juliana (2019): Digitaler Zwilling. Was kann der Digitale Zwilling? Hg. v. Vogel Communications Group GmbH & Co. KG. Online verfügbar unter <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/was-kann-der-digitale-zwilling-a-702256/>, zuletzt geprüft am 19.01.2022.
- [12] Parrott, Aaron; Warshaw, Lane (2017): Industry 4.0 and the digital twin. Manufacturing meets its match. Hg. v. 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?msclkid=e9163a92ac1911ec9f0c25db4975a3ce](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-newsletter/2017/26_201706/kr_insights_deloitte-newsletter-26_report_02_en.pdf?msclkid=e9163a92ac1911ec9f0c25db4975a3ce).
- [13] Schwimmer, Edith (14.12.2021): Digitaler Zwilling für smarte Städte. Interview mit Steffen Hess. virtuell. Microsoft Teams.
- [14] Kolbe, Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. (2021): Semantische 3D-Stadtmodellierung mit CityGML. Seminar »Digital Twins für Städte«. Technische Universität München. virtuell, 05.02.2021.
- [15] Landesamt GeoInformation Bremen (Hg.): BREMEN 3D - DER DIGITALE ZWILLING. Online verfügbar unter <https://www.geo.bremen.de/online-dienste/bremen-3d-12558>, zuletzt geprüft am 14.12.2021.
- [16] Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen: DIPAS - Digitales Partizipationssystem. Hg. v. hamburg.de GmbH & Co. KG. Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/dipas/>, zuletzt geprüft am 14.12.2021.

- [17] Mohl, Markus; Ries, Ulf (2021): Simulationen und Analysen im Digitalen Zwilling München. Hg. v. Landeshauptstadt München. Online verfügbar unter <https://muenchen.digital/blog/simulationen-und-analysen-im-digitalen-zwilling-muenchen/>, zuletzt geprüft am 02.12.2021.
- [18] Landeshauptstadt Stuttgart (Hg.): Digitaler Zwilling – Mobilität und Umwelt. Online verfügbar unter <https://www.stuttgart.de/leben/bauen/geoportal/digitaler-zwilling/200010100000206061.php>, zuletzt geprüft am 02.12.2021.
- [19] Landeshauptstadt München (Hg.): Digitaler Zwilling München. Online verfügbar unter <https://muenchen.digital/twin/>, zuletzt geprüft am 02.12.2021.
- [20] Senat der Freien und Hansestadt Hamburg – Senatskanzlei (Hg.) (2021): Connected Urban Twins. Digitale Zwillinge für die Stadtentwicklung der Zukunft. Online verfügbar unter <https://connectedurbantwins.de/>, zuletzt geprüft am 02.12.2022.
- [21] Suomisto, Jarmo (2021): HELSINKI 3D+, City of Helsinki. Seminar »Digital Twins für Städte«. Technische Universität München. virtuell, 03.03.2021.
- [22] Zentralredaktion (ZR) der Ippen-Verlagsgruppe (Hg.): Infoveranstaltung zu 3D-Stadtmodellen in Grafing - Digitaler Zwilling. Online verfügbar unter <https://www.meine-anzeigenzeitung.de/lokales/ebersberg/digitaler-zwilling-8737026.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2022
- [23] Stadt Grafing b. München (Hg.): Zukunftsstadt Grafing. Online verfügbar unter <https://grafing.virtualcitymap.de/#/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022
- [24] Deigele, Wolfgang, Donaubaue, Dr.-Ing. Andreas; Moshrefzadeh, Mandana; Kolbe, Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. (2020): Leitfaden – Geobasierter Digitaler Zwilling nach der SDDI-Methode. Hg. v. Bayern Innovativ, ZD.B – Themenplattform Smart Cities and Regions. Online verfügbar unter <https://www.bayern-innovativ.de/services/asset/pdf-dokumente/zentrum-digitalisierung-bayern/smart-cities-regions-planen-bauen/leitfaden-geobasierter-digitaler-zwilling.pdf>, zuletzt geprüft am 02.12.2021
- [25] Deutscher Städtetag (Hg.) (2017): 3D-Geodaten in der integrierten Stadtentwicklung - Handreichung des Deutschen Städtetages. Online verfügbar unter <https://www.staedtetag.de/publikationen/weitere-publikationen/3d-geodaten-integrierte-stadtentwicklung-2017#:~:text=Dreidimensionale%20Geo%2DInformationen%20dienen%20u.a.&text=der%20Darstellung%20von%20Stadt%2D%20und,und%20von%20Tr%C3%A4gern%20%C3%B6ffentlicher%20Belange>, zuletzt geprüft am 02.12.2021
- [26] Kany, Christoph; Koblet, Thomas (2020): »Digitale Städte: 3D-Modelle als Basis für Prozesse, Partizipation und Planung« in fub - Flächenmanagement und Bodenordnung " - Die Zeitschrift für Liegenschaftswesen, Planung und Vermessung, Heft 3, 2020
- [27] Dembski, Fabian; Wössner, Uwe; Letzgus, Mike; Ruddat, Michael; Yamu, Claudia (2020): "Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany" Sustainability 12, no. 6: 2307. <https://doi.org/10.3390/su12062307>
- [28] Open Geospatial Consortium (Hg.): CityGML. Online verfügbar unter <https://www.ogc.org/standards/citygml>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- [29] The Engineering Community (Hg.) (2018): BIM Level of Detail (LOD) - Get ideas of each stage of a BIM modeling process. Online verfügbar unter <https://www.theengineeringcommunity.org/bim-level-of-detail-lod-get-ideas-of-each-stage-of-a-bim-modeling-process/>, zuletzt geprüft am 07.10.2020.
- [30] Schwimmer, Edith (2020): BIM 2 CIM - From Building to City Information Modeling. In: Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Steffen Braun, Ekaterina Dobrokhotova und Johannes Sautter (Hg.): Forum Urbane Daten 2020. Herausforderungen im Urbanen Datenmanagement. Forum Urbane Daten. Stuttgart, 07.10.2020. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Stuttgart. Online verfügbar unter [https://publica.fraunhofer.de/eprints/urn\\_nbn\\_de\\_0011-n-6088192.pdf](https://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-6088192.pdf).



# Impressum

---

**Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation IAO**

Nobelstrasse 12  
70569 Stuttgart

**Kontakt**

Günter Wenzel  
Telefon: +49 711 970-2244  
guenter.wenzel@iao.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Publica**

<https://doi.org/10.24406/publica-52>

**Titelbild**

Ludmilla Parsyak, © Fraunhofer IAO

