



ZD.B – Themenplattform Smart Cities and Regions



Leitfaden – Geobasierter Digitaler Zwilling nach der SDDI-Methode

Version 1.0

Impressum

**Leitfaden Geobasierter Digitaler Zwilling, Version 0.6 (Vorabversion),
erschienen 11/2020**

Herausgeber

Bayern Innovativ, ZD.B – Themenplattform Smart Cities and Regions

Autoren

Wolfgang Deigele¹

Dr.-Ing. Andreas Donaubaue¹

Mandana Moshrefzadeh¹

Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. Kolbe¹

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Geoinformatik

Redaktion

Willi Steincke

Reviewer

Dr. Inf. Stefan Trometer, Virtual City Systems GmbH (vcs), LRA Neustadt an der Waldnaab

Bildnachweise

Titelbild: Bayern Innovativ / Zentrum Digitalisierung.Bayern

Sämtliche weiteren Bilder: Lehrstuhl für Geoinformatik, TU-München

Erscheinungsweise

Dieser Leitfaden erscheint sowohl in Form des vorliegenden Dokuments, als auch in Form eines Wikis, das unter <https://wiki.tum.de/display/dzb> erreichbar ist.

Urheberrecht

Alle Rechte vorbehalten. Alle Beiträge und Abbildungen im Leitfaden Geobasierter Digitaler Zwilling sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz geschützt ist, bedarf der vorherigen Genehmigung durch Bayern Innovativ / ZD.B. Gezeichnete Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Die Vorstellung von Hard- und Softwareprodukten in diesem Leitfaden erfolgt ohne Gewähr oder Anspruch auf Vollständigkeit. Sämtliche Angaben zu den Produkten beruhen ausschließlich auf Informationen der jeweiligen Hersteller. Diejenigen Bezeichnungen von im Leitfaden genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung TM oder [®] nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beide Geschlechter.

Kurzbeschreibung

Ziel der ZD.B-Themenplattform „Smart Cities and Regions“ ist es, eine sektorenübergreifende Nutzung lokal oder regional erzeugter Daten von Kommunen, Unternehmen, der Wissenschaft sowie von Privatpersonen zu ermöglichen. Beispielsweise sollen damit Mobilitäts-, Energie- und Umweltdaten so aufbereitet und angeboten werden, dass für alle Beteiligten ein Mehrwert entsteht. Als Basis für die Datenverteilung dient die Smart District Data Infrastructure (SDDI), die als Kernkonzept die Verwendung von international standardisierten und offenen Schnittstellen vorgibt und dadurch eine Verknüpfung bestehender Systeme und Datenplattformen ermöglicht. Aufbereitete Geodaten (z.B. mit Fachdaten angereicherte 3D-Gebäudemodelle) mit gemeinsamer Semantik sollen als Grundlage für einen Geobasierten Digitalen Zwilling** einer Kommune oder Region dienen. Ziel der SDDI ist es, zunächst einen Überblick über die vorhandenen Daten, aber auch über eingesetzte IoT-Geräte, Sensoren, Software, Projekte und deren Beteiligte zu verschaffen. Ein weiteres Ziel ist, die anwendungsspezifischen Verknüpfungen dieser Daten und deren Nutzung für komplexe Planungs- und Anwendungsszenarien sowie für Bearbeitungsprozesse zu ermöglichen. Dazu führt die ZD.B-Themenplattform „Smart Cities and Regions“ in sechs verschiedenen SDDI-Modellregionen in ganz Bayern konkrete Projekte durch, um das Konzept des Digitalen Zwillings auf Grundlage der SDDI zu erproben und die gewonnenen Erkenntnisse aus anderen Regionen zugänglich zu machen.*

Mit diesem Leitfaden soll eine Sensibilisierung für das Thema der sektorenübergreifenden Datenintegration geschaffen werden. Ein Hauptaspekt dabei ist der Fokus auf eine verteilte und offene Dateninfrastruktur, die nicht nur für Transparenz, sondern auch für bessere Interoperabilität und Austauschfähigkeit sorgt.

Durch einen anwendungsgetriebenen „Bottom-Up“-Ansatz, zusammen mit allen beteiligten Akteuren, werden die unterschiedlichen Anforderungen und Bedürfnisse berücksichtigt, außerdem werden divergierende Interessensgruppen integriert. Dieser Ansatz bietet durch seine sektorenübergreifende Betrachtungsweise weitreichende Möglichkeiten und Vorteile für Kommunen, Unternehmen und Privatpersonen für eine zukunftsorientierte und nachhaltige Entwicklung.

*Durch einen Zusammenschluss der einzelnen Dateninfrastrukturen sowie durch die Bereitstellung von Open Source-Komponenten für Katalogplattformen und die Verwaltung von virtuellen Distriktmodellen auf der Basis des CityGML-Standards, wird ein bayernweites digitales Ökosystem*** geschaffen. Zum einen ermöglicht dies einen weitreichenden Datenaustausch zwischen einzelnen Kommunen, Verbänden, Unternehmen, zum anderen ein vollständiges Gesamtbild über alle vorhandenen Informationsressourcen.*

Der Leitfaden richtet sich an Entscheider und technisch organisatorische Verantwortliche in Gebietskörperschaften und ist in fünf Abschnitte gegliedert. Im ersten Kapitel erfährt der Leser, welche Voraussetzungen in einer smarten

Stadt oder Region vorhanden sein müssen, um die im weiteren Verlauf beschriebene SDDI-Methode anwenden zu können. Im zweiten Kapitel wird das Konzept der SDDI und von verteilten Daten näher erläutert. Das dritte Kapitel liefert anhand eines praxisbezogenen Beispiels eine Anleitung, nach der die beschriebenen Methoden erfolgreich in einer smarten Stadt oder Region umgesetzt werden können. Im vierten Kapitel werden bereits bestehende Ansätze und Lösungen aus den sechs Modellregionen vorgestellt. Das fünfte und letzte Kapitel enthält zusätzliche Informationen, Tabellen und Vorlagen, die bei der Umsetzung eines smarten Städte- und Regionen-Projektes von Nutzen sein können.

* Smart District Data Infrastructure (SDDI)

In dem vom EIT Climate-KIC (European Institute of Innovation & Technology, Climate- Knowledge and Innovation Community, <https://www.climate-kic.org/>) geförderten Leuchtturmprojekt **Smart Sustainable Districts (SSD)** wurde das Konzept „Smart District Data Infrastructure“ (SDDI) entwickelt. SDDI bietet Lösungen für die syntaktische und semantische Interoperabilität diverser verteilter Datenressourcen verschiedener Akteure, Tools und Anwendungen. Als Grundlage dient eine Reihe von ausgereiften **internationalen Standards** sowie bereits bestehende Lösungen und Datensätzen. Die SDDI definiert eine Struktur, die zwischen den verschiedenen Arten von Akteuren, der Menge aller Anwendungen, Sensoren und IoT, virtuellen Modellen der physischen Umgebung, einem städtischen Analyse-Toolkit und einer zentralen Katalogplattform unterscheidet. Alle Dienste, Anwendungen, Analysetools, Sensoren und die Katalogplattform sind als verteilte Webdienste implementiert, die von verschiedenen Akteuren betrieben werden können. Die verwendeten Datenmodelle, Austauschformate sowie die Webservice-Spezifikationen verwenden **offene Standards**, die vom Open Geospatial Consortium (OGC), ISO, W3C, IEC, IETF und OASIS aufgestellt wurden. Idee der SDDI ist nicht, bestehende Datenplattformen und Systeme abzulösen, sondern mittels standardisierter Schnittstellen miteinander zu verknüpfen. SDDI-Komponenten können sowohl mit Open Source, als auch mit kommerzieller Software realisiert werden. Entscheidend ist die Unterstützung der standardisierten Schnittstellen.

** Geobasierter Digitaler Zwilling

Ein Digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild eines physischen Objekts bzw. Systems mit einem bestimmten Detaillierungsgrad. Verwendet werden digitale Zwillinge z.B. in der Industrie zur Entwicklung, Steuerung und Wartung von Maschinen oder bei der Überwachung von Gebäuden und Anlagen. Ziel ist es den Digitalen Zwilling über den kompletten Lebenszyklus des physischen Objekts aufrecht zu erhalten. Ein **Geobasierter Digitaler Zwilling** ist ein virtuelles Abbild physischer Objekte oder Systeme mit Raumbezug. Diese können z.B. eine Maschine, eine Brücke, aber auch ein Stadt-Quartier oder eine Region sein. Ziel ist es, den Zustand der physischen Objekte im Digitalen Zwilling möglichst aktuell zu halten, um so den Zustand zu bewerten und Informationen zur Entscheidungsunterstützung zu erhalten. Mit Hilfe des Digitalen Zwillings lässt sich die Wirklichkeit nicht nur vorab planen. Durch ein Zurückverfolgen realer (Sensor-) Daten kann man auch neue Erkenntnisse über die zeitliche Entwicklung gewinnen und Alternativen simulieren, bevor man diese in der Realität testen kann. Ein Geobasierter Digitaler Zwilling, basierend auf semantischen 3D-Stadtmodellen (CityGML, Bestand und BIM (IFC Neubau), erlaubt Projekte zu planen, den gesamten Bauprozess zu begleiten und Was-wäre-wenn-Szenarien zu untersuchen. Anders als in der Industrie, wo Informationen zu einem bestimmten physischen Objekt, z.B. einer Maschine zentral erhoben und gespeichert werden können, sind die Informationen zu Objekten einer Kommune oder Region verteilt auf verschiedene Stakeholder (z.B. die Informationen zu einem Gebäude in unterschiedlichen kommunalen Ämtern, beim Eigentümer des Gebäudes oder beim Energieversorgungsunternehmen). Die SDDI wurde entwickelt, um diese Informationen anwendungsspezifisch zu verknüpfen, womit sie die Basis für einen geobasierten Digitalen Zwilling bildet.

*** Digitales Ökosystem

Digitale Ökosysteme orientieren sich hinsichtlich Struktur und Funktionsweise an biologischen Systemen. Es handelt sich dabei um technisch abgegrenzte Systeme, die Organisationen und deren digitale Services über Hardware, Software, und Plattformen miteinander vernetzen. Ein Beispiel für ein digitales Ökosystem liefert Apple, bestehend aus iPod, iPhone, iPad, Mac Desktop, MacBooks, Peripheriegeräten, iCloud, iTunes, etc. Im Gegensatz dazu aber ist der im Leitfaden vorgestellte Ansatz auf maximale Offenheit ausgelegt, sodass Informationen aus den verschiedensten Systemen zu sinnvollen Anwendungen zusammengeführt werden können. Ein erster Schritt in Richtung digitales Ökosystem besteht im Aufbau einer **standardisierten Katalogplattform**. Hierbei werden lokale/regionale Datensätze (aus OpenData, aber auch aus kostenpflichtigen Ressourcen) und geeignete Dienste und Softwaretools, Projekte und beteiligte Dienstleister für die (Weiter-) Entwicklung von Anwendungen aufbereitet. Die Anwendungen können öffentlich, oder für eine geschlossene Nutzergruppe zugänglich sein. Im Gegensatz zu einer offenen API von proprietären Systemen wird ein Zugriff auf digitale Ökosysteme über **standardisierte, offene Schnittstellen** ermöglicht.

Inhaltsverzeichnis

Impressum..... 2

Kurzbeschreibung 3

Inhaltsverzeichnis 5

1. Voraussetzungen für den Aufbau einer SDDI (SDDI-Readiness) 7

 Herausforderungen beim Aufbau einer Dateninfrastruktur 7

 Die zwei großen Abschnitte des SDDI-Prozesses..... 9

 Abschnitt 1: SDDI-Readiness..... 10

 Abschnitt 2: SDDI-Implementierung..... 11

2. Konzept der SDDI und ihre Anwendungsmöglichkeiten..... 12

 Verteilte Daten und Systeme 12

 Das SDDI-Framework..... 18

 SDDI-Prinzipien 20

 Der Katalogdienst – Die zentrale Plattform für alle Informationsressourcen.... 22

3. Aufbau einer Dateninfrastruktur auf Basis von SDDI..... 28

 Open Distributed Processing als Herangehensweise 28

 Vorgehensweise anhand eines Beispiels 30

 Enterprise Viewpoint..... 31

 Akteure und ihre Rollen..... 31

 Der Enterprise Viewpoint am Beispiel..... 35

 Information Viewpoint / Engineering Viewpoint / Computational Viewpoint .. 37

 Aufgaben im Information Viewpoint..... 38

 Der Information Viewpoint am Beispiel 39

 Aufgaben im Computational Viewpoint 39

 Der Computational Viewpoint am Beispiel 39

 Aufgaben im Engineering Viewpoint 40

 Der Engineering Viewpoint am Beispiel 41

 Technology Viewpoint 42

 Auswahl von Software und Hardware 42

 Der Technology Viewpoint anhand des Beispiels..... 42

4. Bestehende Ansätze und Lösungen aus den SDDI- Modellregionen 44

 Die sechs Modellregionen in der ZD.B-Themenplattform Smart Cities and Regions 44

 Ein Use Case am Beispiel der Modellregion Neustadt an der Waldnaab..... 44

Ausblick..... 46

Glossar	47
Anhang	48
Begleitendes Wiki	48
Beschreibung offener Standards	49
Vorlage zur Kostenschätzung	52
Weiterführende Literatur	53
Tabelle zum Herausfinden der Verfügbarkeit von Daten.....	62
Tabelle zum Berechnen der SDDI-Readnyess.....	63
Quellenverzeichnis	64

1. Voraussetzungen für den Aufbau einer SDDI (SDDI-Readiness)

Von der Planung bis zur Umsetzung einer Dateninfrastruktur nach dem SDDI-Konzept müssen verschiedene Schritte durchlaufen werden, um die Anwendungsfelder, die beteiligten Akteure und die zugrundeliegenden Daten zu ermitteln. Dieser Leitfaden soll dabei helfen, das Datenmanagement und die Datenintegration für smarte Regionen mittels SDDI zu optimieren. In diesem Leitfaden wird allerdings vorausgesetzt, dass gewisse Planungsschritte auf dem Weg zur SDDI-Implementierung bereits durchlaufen sind.

Gewisse Voraussetzungen sollten erfüllt sein

Dieses Kapitel liefert eine Übersicht darüber wie weit ein Projekt bereits im Vorfeld fortgeschritten sein sollte, um die hier beschriebenen Methoden anwenden zu können. Eine Tabelle zum Berechnen der SDDI-Readiness bzw. wie man die individuellen Voraussetzungen dazu evaluiert befindet sich im Anhang.

Herausforderungen beim Aufbau einer Dateninfrastruktur

Die Situation smarter Städte und Regionen-Projekte in Kommunen kann folgendermaßen charakterisiert werden: Es gibt eine Reihe von Akteuren - Bürger, öffentliche Verwaltung, Transportunternehmen, Energieversorger, Telekommunikationsunternehmen, Ärzte und Gesundheitsunternehmen, Medienunternehmen, Baufirmen, Wohnungsunternehmen u.a. -, die alle über eigenen Daten verfügen. Viele der Daten haben einen Bezug zu den physischen Objekten in einer Kommune (z.B. zu Gebäuden, Leitungsnetzen, Verkehrsinfrastruktur etc.). Sie liegen allerdings in isolierter Form vor. Häufig sind diese Daten nicht zugänglich, außerdem ist deren Struktur und Semantik (d.h. der Kontext, in dem die Daten vorliegen, sowie ihre Bedeutung und die Art und Weise, in der sie verwendet werden können) meist nicht beschrieben oder standardisiert. In einigen Fällen stellen einzelne Akteure bereits spezifische Daten- und Sensorplattformen zur Verfügung, die dabei zwar den Bedürfnissen des jeweiligen Akteurs/Stakeholders dienen, jedoch nicht mit den Plattformen anderer Akteure/Stakeholder interoperabel sind. Unterschiedliche Datenformate, Web-Service-Schnittstellen und andere APIs sowie Datensicherheitsstrategien erschweren die Zusammenführung der Informationen für die gemeinsame Analyse, Planung und Überwachung sowie für die Vorbereitung abgestimmter Entscheidungen. Während eine bestimmte Anwendung für eine einzelne Kommune (wie eine Stadtmodell- oder Dashboard-Anwendung) programmiert werden kann, sind die Daten- und Webservice-Schnittstellen möglicherweise nicht auf andere Anwendungen innerhalb derselben Kommune oder gar auf andere Kommunen übertragbar. Somit muss sich jede Anwendung separat mit der spezifischen Informationssystemlandschaft der jeweiligen Kommune auseinandersetzen, was die Entwicklung von Anwendungen a) sehr aufwändig und b) nicht übertragbar oder für andere Kommunen, die möglicherweise eine ähnliche Lösung benötigen, nutzbar macht. Die SDDI-Methode liefert hierfür einen Ansatz, um solche unterschiedlichen Systeme miteinander in Verbindung bringen zu können.

Es gibt viele Akteure mit zum Teil divergierenden Interessen

Gerade bei größeren Projekten gibt es oft eine Vielzahl verschiedener Teilnehmer und Interessengruppen. Neben eigenen Interessen bringen die Parteien in einem Smarte-Städte-und-Regionen Projekt dabei meist auch eigene Datensätze und Strukturen mit, die oft nur in isolierter Form vorliegen und deren Datenformat und Semantik nicht standardisiert oder beschrieben ist. Somit kommt es oftmals zu Interoperabilitätsproblemen zwischen diesen verschiedenen Datensätzen. Ein weiteres Problem stellt das fehlende Wissen um bereits vorhandene Informationsressourcen dar. So gibt es zu den meisten Anwendungen bereits einen in irgendeiner Form vorliegenden Datensatz sowie ein System, mit dem dieser Datensatz verwaltet wird. Er wird jedoch oft nur von einem einzigen Akteur genutzt. Dies führt dazu, dass Daten mehrfach erhoben werden und somit neben Mehraufwand auch unnötige Datensätze anfallen.

Informationsressourcen sind verteilt auf unterschiedliche Systeme und Akteure

Smarte-Städte-und-Regionen Projekte beschränken sich häufig auf die Verbesserung der Situation in einem bestimmten Sektor („Smart Mobility“, „Smart Health“, „Smart Energy“). Seiteneffekte auf andere Sektoren, z.B. die Auswirkung von Maßnahmen aus dem Bereich Mobilität auf den Bereich Umwelt, werden selten betrachtet. Dies liegt auch daran, dass sektorenübergreifende IT-Anwendungen schwierig zu realisieren sind, da sie oft Daten oder Funktionen aus unterschiedlichen Systemen benötigen. Verschiedene Datenquellen, sowie unterschiedliche Datensemantiken, erschweren eine Interoperabilität, da jedes System mit eigenen Datenmodellen arbeitet und so ein und das selbe Objekt in der Realität (z.B. eine Straßenkreuzung) in unterschiedlichen Systemen auch unterschiedlich modelliert wird. Externe Funktionen und Programme können dabei zwar integriert werden, besitzen allerdings oftmals eigene, nicht standardisierte API-Schnittstellen. Eine Implementierung und Wartung dieser Schnittstellen für die eigene Anwendung gestaltet sich somit oft schwierig und nicht rentabel.

Sektorenübergreifende Anwendungen verwenden Daten und Funktionen aus verteilten Systemen

Neben Datenbeschaffung und -integration ist es des Weiteren notwendig, Fachkräfte anzulernen und die benötigte Hardware bereitzustellen. Mangelt es an einem von beiden, können externe Partner beauftragt werden, die z.B. das Server Hosting übernehmen. Insgesamt wird in dem hier vorgestellten Konzept darauf geachtet, möglichst unkompliziert und ohne größere Implementierungsanforderungen vorzugehen, sodass es auch von Kommunen ohne größere IT-Abteilung umgesetzt werden kann.

Geschultes Personal und rechtliche Absicherung sind notwendig

Neben der technischen Seite gilt es stets darauf zu achten, dass sämtliche erhobenen Daten und deren Speicherung juristisch einwandfrei sind, sodass keine Ansprüche dritter Parteien geltend gemacht werden können. Vor allem im Zuge der Datenschutz-Grundverordnung (<https://dsgvo-gesetz.de/>) gilt es, strenge Richtlinien zu befolgen. Im Anhang befindet sich hierzu eine Liste mit Dingen, auf die es zu achten gilt.

Die zwei großen Abschnitte des SDDI-Prozesses

Generell lässt sich der Prozess der SDDI-Implementierung in zwei große Abschnitte unterteilen: Der erste Abschnitt befasst sich mit der Identifikation der Akteure sowie der Definition von Use Cases (konkrete Anwendungsfälle bzw. Problemstellungen) für eine derartige Infrastruktur. Im zweiten Abschnitt wird dann unter Einbezug der relevanten Akteure abgewogen, wie die geplanten Maßnahmen am sinnvollsten umzusetzen sind. Das Ergebnis ist eine konkrete Anwendung der SDDI-Methode auf eine Gegebenheit in der realen Welt.

Der SDDI-Prozess lässt sich in zwei große Abschnitte unterteilen. Der Leitfaden konzentriert sich auf den zweiten Abschnitt

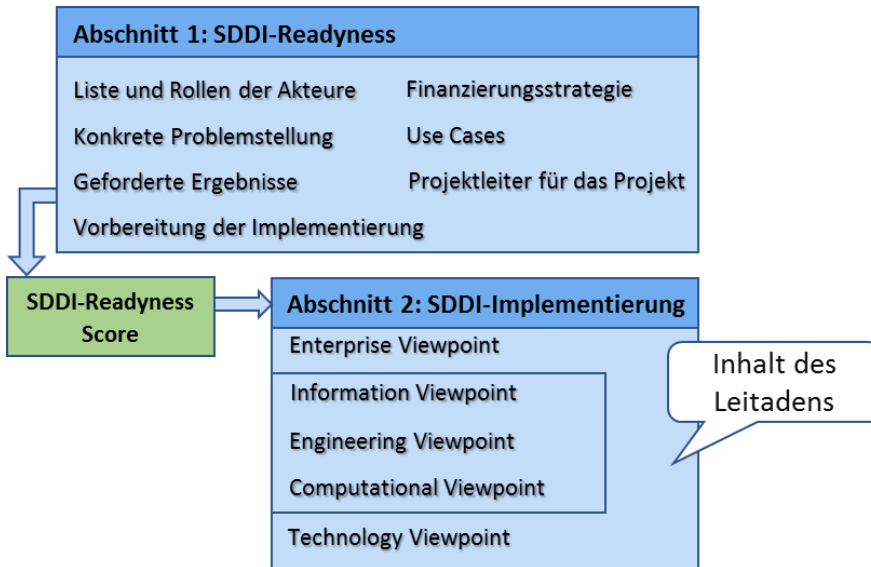


Abb. 1: Aufbau der SDDI in zwei Abschnitten

Der erste Abschnitt der Planung, die SDDI-Readiness, sollte für das weitere Vorgehen anhand dieses Leitfadens bereits durchlaufen sein. In diesem Leitfaden geht es konkret darum, wie anhand möglicher Problemstellungen das benötigte Know-how, d.h. relevante Daten, Software und Hardware, sowie Konzepte zur Beteiligung von Bürgern, ermittelt wird. Der genaue Ablauf dieses zweiten Planungsschrittes ist in Kapitel 3, „Aufbau einer Dateninfrastruktur auf Basis von SDDI“, beschrieben.

Eine mögliche Vorgehensweise in diesen beiden Abschnitten, beispielsweise für ein Projekt zur Aufwertung des öffentlichen Personennahverkehrs durch ein breiteres digitales Informationsangebot, könnte folgendermaßen gestaltet sein:

Beispiel: Aufwertung des ÖPNV-Angebots

Abschnitt 1: SDDI-Readiness

Zu Beginn gibt es die grundlegende Idee, das ÖPNV-Angebot aufzuwerten, jedoch noch ohne konkrete Vorschläge oder Umsetzungsstrategien. Durch Gespräche, Befragungen und Workshops mit Bürgern, Beteiligten und Dienstleistern ergeben sich im ersten Schritt die relevanten Akteure sowie mögliche Use Cases, Maßnahmen und Ideen zur Umsetzung.

Als Akteure oder Stakeholder werden alle Personen bezeichnet, die in irgendeiner Form etwas zum Thema beitragen können, oder Interesse daran zeigen. Mit ihnen zusammen werden die gewünschten Maßnahmen konkretisiert, sodass ein klares Ziel sowie eine Strategie zu dessen Umsetzung ersichtlich werden. Im Fall der ÖPNV-Aufwertung beispielsweise die Ausstattung der öffentlichen Verkehrsmittel mit Echtzeit-Positionsangaben.

Um die in diesem Leitfaden beschriebenen Planungs- und Handlungsschritte der SDDI durchführen zu können, ist eine gewisse Vorarbeit vorausgesetzt, d.h. die SDDI-Readiness muss gegeben sein. Die folgende Zusammenstellung liefert eine Übersicht sämtlicher Punkte, die bereits erfüllt sein sollten, um die sogenannte SDDI-Readiness und das weitere Vorgehen zu ermöglichen. Die nachfolgenden Punkte sind das Ergebnis gewonnener Erkenntnisse aus dem Smart Sustainable Districts-Projekt (SSD) (<https://www.climate-kic.org/areas-of-focus/urban-transitions-2/our-initiatives/smart-sustainable-districts/>).

SDDI-Readiness: Überblick über die bereits im Vorfeld zu erledigenden Punkte

Bei diesem europaweiten Projekt wurden bedeutende Stadtumbauprojekte begleitet, wie z.B. zur Nachnutzung des ehemaligen Olympiageländes in London. Zur Aufwertung von urbanen Lebensräumen wurden in einzelnen Stadtteilen Konzepte zur Verbesserung der dortigen Situation in Hinsicht auf Umwelt, Verkehr und Energieeffizienz sowie weiterer Aspekte erarbeitet. Hieraus ist auch das SDDI-Konzept entstanden, mit dessen Hilfe eine sektorenübergreifende Datenintegration einfach zu realisieren ist. Um dieses Konzept anwenden zu können, müssen folgende Kriterien zu einem gewissen Grad erfüllt sein:

- **Konkrete Problemstellung:** Das zugrundeliegende Problem oder verschiedene Use Cases, die eine Dateninfrastruktur auf Basis des SDDI-Konzepts erfordern, sind ausreichend erörtert. Es reicht dabei nicht zu wissen, was insgesamt getan werden soll, vielmehr müssen konkrete Probleme und Fragestellungen vorliegen. Die geplanten Maßnahmen sind bereits durchgesprochen und schriftlich festgehalten.
- **Use Cases:** Beispiele und konkrete Ideen sind gesammelt und erörtert. Die Anwendungsgebiete sind bekannt, und auch andere Problemstellungen aus ähnlichen Situationen wurden bereits betrachtet. Der Nutzen, der aus der geplanten Umsetzung gezogen wird, ist ersichtlich und der Allgemeinheit dienlich.
- **Geforderte Ergebnisse:** Die Ergebnisse und Veränderungen, die sich durch die Umsetzung der SDDI-Methode ergeben werden, sind bekannt und klar definiert. Die Erwartungen der einzelnen Akteure und die geplante

Umsetzungsstrategie sind miteinander abgestimmt, sodass die Ziele bereits im Vorfeld feststehen.

- **Liste und Rollen der Akteure:** Sämtliche für das Projekt benötigten und involvierten Personen, Institutionen und Dienstleister sind bekannt und wurden bereits in ersten Gesprächen in das Projekt einbezogen. Jeder der Akteure ist darüber informiert, welche Maßnahmen geplant sind. Für jede benötigte Rolle im Gesamtprojekt muss auch mindestens ein zugehöriger Akteur, sei es eine Person oder ein Dienstleister, gefunden sein. Die Rollenverteilung für die einzelnen Use Cases ist in Kapitel 3 im Abschnitt 2, „Akteure und ihre Rollen“, näher beschrieben.
- **Vorbereitung der Implementierung:** Damit die Use Cases im Hinblick auf Ihre Komplexität bewertet und ferner die Machbarkeit und der finanzielle Aufwand geschätzt werden können, müssen zur Vorbereitung der Implementierung Personen mit Expertenwissen zur Verfügung stehen, oder gegebenenfalls ein externer Dienstleister beauftragt werden. Unter den involvierten Experten sollte sich auch einer für Datenintegration befinden.
- **Finanzierungsstrategie:** Um die für die Umsetzung des Projekts erforderlichen Mittel zur Verfügung zu haben, ist es wichtig, eine konkrete Finanzierungsstrategie zu entwickeln. Die Strategie sollte auch zukünftige Projektentwicklungen beinhalten und neben Eigenleistungen der Stakeholder auch geplante Einnahmen und Fördermittel umfassen.
- **Projektleiter für das smarte Städte und Regionen-Projekt:** Für die Gesamtleitung des Projekts sollte eine Person gefunden sein, die die Koordination und den Ablauf managt. Diese Person benötigt ein allumfassendes Verständnis für die jeweilige Situation und sollte allen Akteuren möglichst neutral gegenüberstehen. Ohne eine treibende Kraft kommt es oft zu Stagnation bei der weiteren Entwicklung.

Im Anhang befindet sich eine Tabelle zum Berechnen der SDDI-Readiness mit deren Hilfe die individuelle SDDI-Readiness durch die Vergabe von Punkten in jedem Kriterium errechnet werden kann.

[Abschnitt 2: SDDI-Implementierung](#)

Im zweiten Schritt der Implementierung des SDDI-Konzepts, bei dem dieser Leitfaden ansetzt, geht es um die konkrete Ausgestaltung des Plans unter Beteiligung aller Akteure. Dabei werden benötigte Technologien und Dienstleister erörtert sowie ein Konzept zur Verfügbarmachung der Daten und zum effizienten Management der neuen Dateninfrastruktur diskutiert.

2. Konzept der SDDI und ihre Anwendungsmöglichkeiten

Die SDDI-Methode bietet ein Lösungskonzept für die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen allgemeinen Herausforderungen, die sich für Smarte-Städte-und-Regionen-Projekte ergeben. Sie stellt einen Ansatz dar, wie man die Umsetzung einer Dateninfrastruktur mit offenen und standardisierten Schnittstellen realisiert.

Die folgenden Abschnitte erläutern zunächst mögliche Herangehensweisen und Konzepte für die Integration verteilter Daten. Anschließend wird die Idee hinter der SDDI sowie deren Aufbau erläutert.

Verteilte Daten und Systeme

Eine empfohlene Herangehensweise zur Datenintegration sieht vor, ein verteiltes System aufzubauen, statt eine einzige zentrale Datenplattform zu nutzen. Dadurch kann jeder Dateneigentümer die volle Kontrolle über seine Informationsressourcen behalten, es besteht keine Abhängigkeit vom Betreiber einer zentralen Plattform und der Zugriff auf die originären, verteilten Quellen erlaubt den Nutzern, immer auf die aktuellsten Daten zuzugreifen. Einigen sich mehrere Dateneigentümer auf eine gemeinsame Plattform, so kann selbstverständlich auch diese in ein verteiltes System eingebunden werden.

Mithilfe einer service-orientierten Architektur (SOA), auch dienstorientierte Architektur genannt, können verteilte Systeme strukturiert und Komponenten dieser Systeme in verschiedenen Kombinationen genutzt werden. Ansatz der SOA ist es, die einzelnen Komponenten eines Systems jeweils so zusammenzufassen, dass sie in verschiedenen Kontexten verwendet werden können. So steigen auch der Wert und die Nützlichkeit einzelner Ressourcen, denn aufgrund möglicher Mehrfachverwendung lassen sich Redundanzen vermeiden, indem nicht für jeden einzelnen Anwendungsfall ein neues System aufgebaut werden muss.

An die Stelle einer zentralen Datenplattform rückt in einem verteilten System (in einer SOA) ein zentraler Katalog, der nicht die Daten selbst speichert, sondern darüber Auskunft gibt, wo, von wem und unter welchen Bedingungen welche Informationsressourcen zur Verfügung gestellt werden. Die Katalogplattform hilft dabei, den Überblick über die verteilten Informationsressourcen zu behalten, indem sämtliche Daten, Software, IoT-Geräte, Sensoren, Anwendungen, usw. dort registriert sind. Um eine gute Verwaltung und Nutzbarkeit zu gewährleisten gibt es bestimmte Anforderungen an einen solchen Datenkatalog. Zum einen ist es wichtig den Zugriff auf bestimmte Ressourcen einschränken zu können, wenn diese nicht-öffentliche sind. Zum anderen bedarf es guter Such- und Indexfunktionen, um relevante Datensätze schnell und einfach zu finden. Zu jedem Eintrag im Katalog sollte der Dateneigentümer einen Link zur Original-Ressource bereitstellen, da der Katalog lediglich ein Auffinden aller Informationsressourcen, nicht aber deren Speicherung selbst übernehmen soll (Stichwort: verteilte Systeme).

Die Herausforderung, eine Infrastruktur für die städtische bzw. regionale Datenintegration aufzubauen, wird nicht über die Frage entschieden, ob Open-Source- oder kommerzielle Software eingesetzt werden soll. Der Kernpunkt ist vielmehr, von allen Arten von Software zu verlangen, dass sie offene Standards und

Verteiltes System, statt zentrale Datenplattform

Eine service-orientierte Architektur hilft bei der kombinierten Nutzung von Komponenten aus verteilten Systemen

Eine zentrale Katalogisierung ist essentiell um den Überblick in einem smarten-Stadt-Projekt zu behalten

Standardisierte und offene Datenschnittstellen helfen bei der Interoperabilität

Schnittstellen unterstützen. Dies erleichtert den vollständigen Wettbewerb zwischen Softwareprodukten, unabhängig davon, ob sie von Unternehmen hergestellt und lizenziert oder von Entwicklergemeinschaften als Open Source erstellt werden und frei verfügbar sind.

Es gibt viele Argumente, die für den Einsatz von Open-Source-Software sprechen: keine Lizenzgebühren, uneingeschränkter Zugang zum Quellcode und oft große internationale Entwicklergemeinschaften. Open-Source-Implementierungen sind auch hilfreich, um eine niedrige Eintrittsbarriere zu schaffen und sowohl Menschen innerhalb der akademischen Welt sowie einzelne Enthusiasten zu motivieren, Dienstleistungen zu entwickeln und mit Datenressourcen beizusteuern. Es gibt jedoch auch gute Gründe, kommerzielle Software einzusetzen. Zum Beispiel sind bestimmte Software-Werkzeuge, wie komplexe Simulationssysteme auf der Grundlage von Spezialwissen einiger Firmen entstanden. Die zur Verfügung gestellten Funktionalitäten sowie die effiziente Art und Weise, wie diese Funktionalitäten implementiert werden, machen oft den Wettbewerbsvorteil und damit die wirtschaftliche Basis für den Softwarehersteller aus. Bei kommerzieller Software ist dabei der Support - zumindest für einen bestimmten Wartungszeitraum - garantiert. In vielen Fällen werden bei kommerzieller Software zudem eher die Aspekte Benutzerfreundlichkeit und Robustheit (insbesondere hinsichtlich der Benutzerschnittstellen) und eher Skalierbarkeit berücksichtigt im Vergleich zu Open-Source-Software. Darüber hinaus gibt es gemischte Modelle, bei denen Unternehmen Benutzerunterstützung, Anpassung, Markenbildung, Rollout-Support und Wartung für Open-Source-Software anbieten. Als Fazit lässt sich festhalten, dass eine Dateninfrastruktur für smarte Städte und Regionen sowohl die Nutzung von kommerzieller als auch von Open-Source-Software ermöglichen sollte. Der Schlüssel beim Aufbau einer Dateninfrastruktur ist die Gewährleistung der Interoperabilität und die Vermeidung von Herstellerabhängigkeiten, was durch die Verwendung offener Standards für Datenmodelle und offener Schnittstellen erreicht wird. Dieser Leitfaden soll als Entscheidungshilfe dienen, um die relevanten Software- und Hardwarekomponenten für eine Dateninfrastruktur nach der SDDI-Methode zu finden und zu integrieren.

Viele kommerzielle Unternehmen bieten bereits jetzt Zugang zu den Funktionalitäten ihrer Softwaresysteme über offene Programmier-Schnittstellen (open APIs) an. Durch die Bereitstellung offener APIs ermöglichen die Firmen es den Benutzern und Entwicklern, die jeweiligen Softwaresysteme von / ihren eigenen Anwendungen aus zu bedienen, zu steuern, auf sie zuzugreifen und sie zu integrieren. Während die Bereitstellung offener APIs eindeutig einen Mehrwert darstellt, der die Nutzung bestimmter Softwaresysteme attraktiver macht, löst sie das Problem der Datenintegration in smarten Städten und Regionen allerdings nicht, solange die API und die verwendeten Datenmodelle und Austauschformate nicht standardisiert sind.

Der Programmcode einer Anwendung, der die Funktionalitäten eines Softwaresystems eines Drittanbieters nutzt oder einbettet, muss sich auf die API verlassen und wird dadurch von ihr und dem Unternehmen, das sie definiert, abhängig, was zu einer Herstellerbindung führen kann. Dabei muss bedacht werden, dass offene APIs jederzeit und ohne Rücksprache mit Kunden und Benutzern von der besitzenden Firma geändert, modifiziert und ersetzt werden

**Open Source
Implementierung fördern
die Transparenz**

**Offene APIs (eng.
application programming
interface) sind nicht
ausreichend, entscheidend
für eine offene
Dateninfrastruktur sind
standardisierte
Schnittstellen**

können. Tatsächlich geschieht dies regelmäßig, zum Beispiel bei Softwarelösungen großer Unternehmen wie Google und Microsoft. Will man eine Anwendung bauen, die z.B. sechs verschiedene Plattformen oder Systeme miteinander verbindet, muss der Anwendungsentwickler sechs APIs überwachen und anpassen, was eine sehr häufige Aktualisierung dieser Anwendung allein aufgrund von Änderungen an den Schnittstellen zu Drittsystemen erfordert – möglicherweise sogar bis zu einmal pro Woche. Dieses Wartungsniveau ist normalerweise nur von Anwendungs- oder Lösungsanbietern aufrechtzuerhalten, die einen Teil ihres Entwicklungsteams für solche Aufgaben einsetzen können. Für kleinere Unternehmen und IT-Abteilungen öffentlicher Einrichtungen ist dies kaum zu bewältigen.

Manchmal weisen Unternehmen mit offenen, aber proprietären APIs darauf hin, dass sie Standards wie JSON oder XML für die Datenkodierung oder REST-basierte Web-Service-Schnittstellen für die Verbindung zu ihren Plattformen verwenden. Die Aussagekraft dieser Angaben ist jedoch begrenzt. Praktisch alle Software-Plattformen - einschließlich derer, die standardisierte APIs, Datenmodelle und Austauschformate verwenden - nutzen diese grundlegenden technologischen Webstandards. Dennoch sind proprietäre offene APIs unterschiedlicher Unternehmen aufgrund unterschiedlicher Protokolle, Strukturen und Bedeutungen der Datenelemente sowie unterschiedlicher Zugangskontroll- und Nutzer-Verwaltungsmechanismen nicht miteinander kompatibel.

Eine Lösung, proprietäre Systeme, mit offenen APIs, anzubinden, besteht darin, Übersetzer oder Fassaden zu bauen, die standardisierte APIs, Datenmodelle und Austauschformate anbieten gleichzeitig aber an die offene, aber proprietäre API des Systems anschließen. Anwendungen können dann standardisierte APIs verwenden, um mit proprietären Plattformen und Systemen zu arbeiten. Dies gilt für jegliche Systemkomponente, wird in der Praxis aber speziell für den Bereich IoT (Internet der Dinge) für die Vielzahl offener APIs für Sensoren und deren Beobachtungen angewendet.

Sollte ein smarte Städte und-Regionen Projekt durchgeführt werden, so sind meist viele Akteure betroffen und müssen zusammenarbeiten. Dies erfordert eine Kombination und gegenseitige Nutzung von Informationsressourcen verschiedener Entwicklungspartner. Da an jedem einzelnen smarte Städte und Regionen Projekt typischerweise verschiedene Interessengruppen beteiligt sind, ist es nicht sinnvoll zu versuchen, alle verfügbaren Datenressourcen von allen Interessengruppen im Voraus in einem zentralen städtischen Datenspeicher zu sammeln. Dies wird auch durch Datenschutzbedenken und durch den Wettbewerb zwischen verschiedenen Akteuren behindert. Dies bedeutet, dass die ursprünglichen Datenressourcen bei ihren Produzenten/Eigentümern verbleiben. Daten werden also nur für bestimmte Anwendungen oder Projekte zusammengeführt und integriert, denen die beteiligten Akteure ausdrücklich zugestimmt haben. Diese Anforderungen implizieren, dass der technische Rahmen für die Integration verschiedener Daten eine Architektur von verteilten Ressourcen und Funktionalitäten berücksichtigen muss, die bei Bedarf abgefragt und miteinander verknüpft werden. Die technische Integration kann dann auf eine schnelle und einfache Weise erfolgen. Durch die Verwendung internationaler Standards für die Modellierung, Beschreibung und Darstellung der Datenressourcen sowie für die Anbindung der verteilten Komponenten, die den Zugriff auf Daten, Visualisierungen und Analysewerkzeuge

Ein verteiltes System hilft Akteure mit ins Boot zu bringen

ermöglichen. Wenn Systeme auf der Ebene gemeinsamer Schnittstellen und Datenaustauschformate interagieren können, haben sie das erreicht, was als syntaktische Interoperabilität bezeichnet wird.

Bei der Datenintegration geht es aber nicht nur darum, Zugang und Schnittstellen zu verteilten Datenressourcen bereitzustellen. Dies stellt lediglich die niedrigste technische Hürde dar, die es zu überwinden gilt. Sobald Datensätze abgerufen wurden (dies kann auch Beobachtungsdaten von Sensoren einschließen), muss der Empfänger in der Lage sein, die Bedeutung jedes Datenelements vollständig zu verstehen, um die Daten in Berechnungen und Analysen richtig einzusetzen. Dies setzt voraus, dass auch die Bedeutung der im Format kodierten Informationen dokumentiert und diese Dokumentation den Nutzern zugänglich gemacht wird. Dieser Aspekt wird als semantische Interoperabilität bezeichnet; er stellt sicher, dass verschiedene Benutzer und Systeme Daten auf die gleiche Weise verstehen. Semantische Interoperabilität kann auch durch die Verwendung internationaler Standards für domänenspezifische Datenmodelle erreicht werden.

Nicht nur offene Standards und syntaktische Interoperabilität sind wichtig, sondern auch semantische Interoperabilität

Bei verschiedenen Akteuren in ein und derselben Dateninfrastruktur ist es wichtig die Integrität von Datensätzen zu bewahren. Sensible Daten dürfen nicht in die Hände von falschen Personen gelangen, gleichzeitig sollte das System so offen und transparent wie möglich sein. Eine verteilte rollenbasierte Zugriffskontrolle ermöglicht es jedem Akteur eine bestimmte Rolle zuzuweisen, mit der der Zugriff auf Informationsressourcen gesteuert wird. Eine solche Rollenzuweisung ist z.B. mit verschiedenen Organisationen möglich. Jede der Organisationen besitzt einen eigenen Bereich mit sensiblen Daten und eigenen Administratoren, über die neue Mitglieder hinzugefügt werden können. Da das System dezentral und verteilt aufgebaut ist, entfällt die Notwendigkeit die gesamte Rollenverteilung über eine einzelne Person zu organisieren.

Verteilte, rollen-basierte Zugriffskontrolle schafft Datensicherheit

Betrachtet man mehrere Use Cases für Dateninfrastrukturen, so stellt man fest, dass viele Anwendungen Daten über die gleichen Objekte der realen Welt benötigen. Dies eröffnet Möglichkeiten für Synergien, da sich bestimmte Datenpakete zusammenfassen und auf einheitliche Weise bereitstellen lassen, wodurch Redundanzen und wiederholte Datenerfassung vermieden werden können. Untersuchungen im Projekt SSD (zur Aufwertung urbaner Lebensräume in verschiedenen Stadtteilen) zeigten, dass sich die überwiegende Mehrheit der benötigten und angebotenen Daten auf Objekte der physischen Umgebung wie Gebäude, Straßen, Wege, Vegetation usw. bezog. In vielen Fällen standen die Daten in direktem Zusammenhang mit einigen Merkmalen dieser Objekte (Lage, Größe, Ausdehnung, Volumen, Grundfläche) oder mit einigen Teilen dieser Objekte (z.B. bei einem Gebäude, die Flächen der Gebäudefassade, der Dachfläche oder die gesamte Wohnfläche). In anderen Fällen bezogen sich die Daten nur auf Objekte der physischen Umwelt, z.B. den Heizenergiebedarf, den geschätzten Immobilienwert sowie die CO₂-Emissionen eines Gebäudes. Wenn es ein virtuelles Modell des Bezirks (oder einer ganzen Stadt oder Region) gibt, das alle relevanten physischen Objekte durch entsprechende Datenobjekte in einem ausreichenden Grad an thematischer und geometrischer Detailliertheit darstellt, können viele (manchmal sogar alle) erforderlichen Datenelemente für verschiedene Anwendungen direkt aus einem solchen Modell abgeleitet und für Berechnungen verwendet werden (wie z.B. die Ableitung von städtischen Indikatorwerten).

Digitale Modelle der bebauten Umwelt zur Informationsintegration nutzen

Beziehen zudem verschiedene Akteure Datenelemente oder Sensoren auf dasselbe Objekt im Modell der bebauten Umwelt, werden diese Datenelemente direkt vergleichbar - weil sie sich auf denselben Nenner beziehen (z.B. dasselbe Gebäudeobjekt des virtuellen Modells) - und können so leicht kombiniert und gemeinsam ausgewertet werden.

Der internationale Standard CityGML definiert eine Datenstruktur für derartige Modelle. In Bayern können alle im Liegenschaftskataster enthaltenen Gebäude nach diesem Standard bezogen werden. Semantische 3D-Modelle spielen auch im Bauwesen und in der Architektur eine immer größere Rolle. Building Information Modelling (BIM) ist eine Methode, bei der digitale Modelle verwendet werden, um die Planung, den Bau, den Betrieb sowie die Nachrüstung und den Rückbau von Gebäuden und anderer Infrastrukturobjekte zu unterstützen.

Mit den so genannten Industry Foundation Classes (IFC) hat die Organisation buildingSmart International (bSI) einen internationalen Standard für die Darstellung von BIM-Modellen und deren Datenaustausch herausgegeben. Eine Reihe von Ländern wie die USA, Großbritannien, Deutschland, Norwegen und weitere haben Vorschriften in Kraft gesetzt, nach denen neue Gebäude oder Infrastrukturobjekte in den nächsten Jahren nach der BIM-Methode geplant und gebaut werden müssen. Dies bedeutet, dass in naher Zukunft für alle neu geplanten und errichteten Gebäude sehr detaillierte semantische 3D-Modelle mit standardisierten Informationsinhalten zur Verfügung stehen werden. Alle Arten von Informationen zu diesen Gebäuden können dann mit den BIM-Modellen in Beziehung gesetzt werden, was die Datenintegration auf semantischer Ebene erleichtert.

Virtuelle Modelle der physischen Realität spielen auch dann eine Schlüsselrolle, wenn es um die Einschätzung und Bewertung der Auswirkungen geplanter Umgestaltungen einer Kommune, Stadt oder Region in Bezug auf die Lebensqualität, auf Umwelt- und Energieparameter, aber auch auf die Mobilität geht. Da viele dieser Parameter und Indikatoren, die vollständig auf angereicherten virtuellen Bezirks- bzw. Stadtmodellen basieren, durch Simulationswerkzeuge ermittelt oder angenähert werden können, können solche Schätzungen auch für 3D-Modelle durchgeführt und "Was-wäre-wenn"-Szenarien erstellt werden. Beispielsweise können so die Auswirkungen mögliche Energiesparmaßnahmen (z.B. Nachrüstung von 30% aller Wohngebäude in einem Stadtteil und die Installation von photovoltaischen Solarpaneelen auf 25% aller geeigneten Dächer und Fassaden) auf die Energieproduktion, den Energieverbrauch und die potenzielle Reduzierung der CO₂-Emissionen berechnet und mit den Kosten und benötigten Materialien in Beziehung gesetzt werden. Auch die veränderter Verkehrsströme in einigen Straßen auf den Energiebedarf, den Verkehrslärm und die Luftverschmutzung können analysiert und bewertet werden.

Bei der Umsetzung einer Dateninfrastruktur für smarte Städte und Regionen gibt es zwei gegensätzliche Herangehensweisen: Zum einen kann von bereits bestehenden Datensätzen ausgehend nach möglichen Use-Cases gesucht werden, die sich bezüglich der erhobenen Informationsressourcen eignen. Dieser Ansatz ist oft nicht ideal, da er zu stark auf die Nutzung vorhandener Daten fokussiert, anstatt auf die tatsächlichen Herausforderungen in einer Kommune, Stadt oder Region einzugehen.

**CityGML als
standardisiertes
Datenmodell für virtuelle
Stadt- und
Landschaftsmodelle**

**IFC als standardisiertes
Datenmodell für
Gebäudemodelle aus
Architektur und Bauwesen**

**Ein Use-Case orientiertes
Vorgehen mit einem
„Patent“ sorgt dafür, dass
es voran geht**

Ein anderer Ansatz, dem dieser Leitfaden zugrunde liegt und der empfohlen wird, ist ausgehend von einer bestehenden Herausforderung die benötigten Informationsressourcen zusammenzustellen. Hierbei liegt der Fokus auf dem Aufbau einer Dateninfrastruktur zur Lösung des Problems. Dieser Ansatz wird auch Use Case orientiertes Vorgehen genannt. Er sorgt dafür, dass aus einem Projekt tatsächlich ein Nutzen gezogen werden kann. Für die Umsetzung selbst empfiehlt es sich einen sogenannten „Paten“ einzusetzen, also eine Person, die den gesamten Projektverlauf überwacht und lenkt. Ohne einen solchen Paten besteht die Gefahr, dass aufgrund von Uneinigkeiten zwischen verschiedenen Projektteilnehmern und einem generellen Unwissen über die genaue Aufgabenverteilung der Fortschritt im Projekt gefährdet ist.

Um eine geeignete Person für diese Aufgabe zu finden, sollten einige Kriterien befolgt werden. Als geeignete Paten kommen Personen in Frage, die ein gutes Allgemeinwissen über das gesamte Projekt besitzen. Es nicht zwingend erforderlich einen Experten über sämtliche Teilbereiche zu finden, wohl aber eine Person zu haben die jeden Teilbereich grundlegend versteht und somit in der Lage ist die richtigen Verknüpfungen zwischen den Bereichen herzustellen. Hierfür empfiehlt es sich auch, eine Person mit guten Verbindungen zu sämtlichen involvierten Partnern einzusetzen, um die Kommunikation innerhalb des Projektes zu erleichtern. Somit kann auf die individuellen Anforderungen und Anliegen der beteiligten Akteure besser eingegangen werden. Gute soziale Fähigkeiten im Umgang mit Menschen und verschiedenen Interessensgruppen erleichtern diese Aufgabe. Einer der wichtigsten Aspekte dabei ist es, dass die Person allgemein als vertrauenswürdig gilt, sodass eine allgemeine Offenheit innerhalb des Projekts und bei jeder beteiligten Partei gefördert wird. Die somit geschaffene Vertrauensbasis ist der Grundstein für eine gute Zusammenarbeit und das Einbringen von individuellem Wissen. Zu guter Letzt sollte eine Person aus dem direkten Umfeld des Use Case berufen werden, da somit Grund ein guter Bezug zu den beteiligten Akteuren besteht. Wichtig ist dabei, dass es sich um eine neutrale Person handelt, die keinen persönlichen Nutzen aus dem Projekt ziehen kann. Wird eine einzelne Person den Anforderungen des Use Cases aufgrund seiner Komplexität nicht gerecht, kann auch ein Team an Paten eingesetzt werden, solange weiterhin eine Person als oberster Ansprechpartner für die Umsetzung zuständig ist.

Kriterien für die Wahl eines „Paten“

Der Aufbau eines derartigen, mit Informationen aus verschiedensten Quellen angereicherten virtuellen Modells (= Geobasierter Digitaler Zwilling) einer Kommune, Stadt oder Region ist mit Aufwand verbunden, den eine einzelne Anwendung allein nicht unbedingt rechtfertigt. Wird nach der SDDI-Methode vorgegangen, so kann ein derartiger Geobasierter Digitaler Zwilling schrittweise entstehen und mit jedem neuen Use-Case weiter angereichert werden.

Ein digitaler Zwilling wächst mit den Anforderungen unterschiedlicher Use Cases

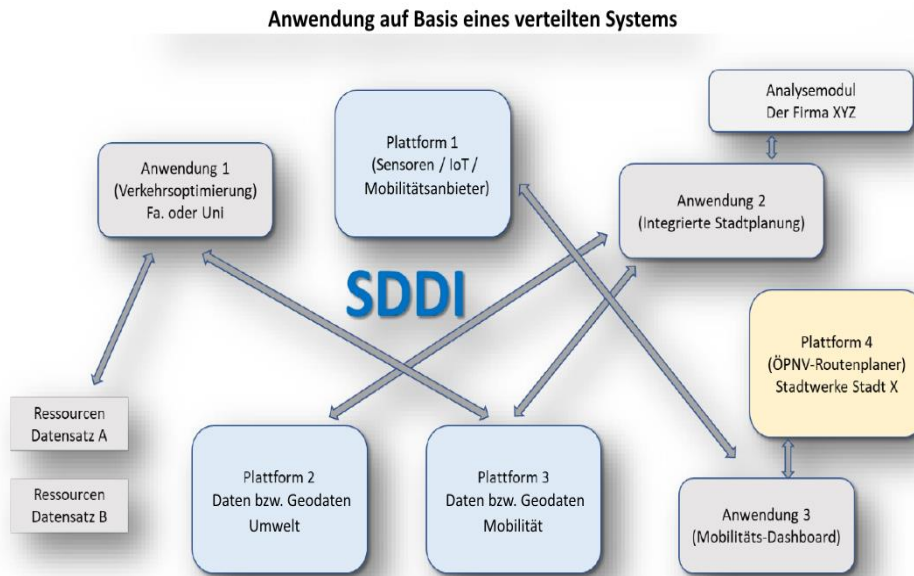


Abb. 2: Dateninfrastruktur-Konzept (SDDI)

Abb. 2 zeigt stilisiert das Problem von verteilten Ressourcen, die untereinander in Verbindung stehen, jedoch nicht immer untereinander kompatibel sind. SDDI hilft dabei ein standardisiertes Verwaltungssystem aufzubauen.

Das SDDI-Framework

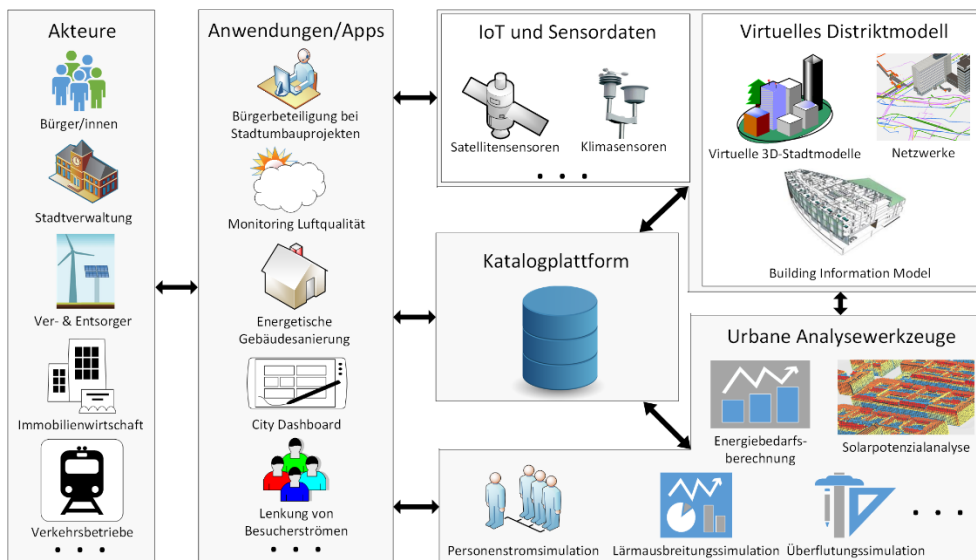


Abb. 3: SDDI-Konzept

Abb. 3 zeigt das Konzept, das hinter SDDI steckt. Diese Grafik ist das Ergebnis von weitreichenden und intensiven Überlegungen, und wurde im Rahmen des SSD-Projekts durch Rückkopplungen aus dem Einsatz der SDDI für Problemstellungen aus der Praxis weiterentwickelt. Insgesamt gibt es sechs Komponenten, die miteinander im Austausch stehen.

SDDI als Konzept zum Datenmanagement und zur Datenintegration

1. **Akteure:** Als Akteure werden sämtliche Personen, Behörden, Gesellschaften, Firmen und Verbände bezeichnet, die in irgendeiner Form etwas mit den gesammelten Daten und deren Anwendung zu tun haben. Sie können auch als Stakeholder bezeichnet werden. Akteure können verschiedene Rollen in Bezug auf die SDDI einnehmen (siehe Kapitel „Akteure und ihre Rollen“), von der Bereitstellung einzelner Komponenten bis zur Nutzung von Anwendungen für die Entscheidungsunterstützung.
2. **Anwendungen/Apps:** Mit Hilfe von Anwendungen/Apps haben die Akteure Zugriff auf die zur Verfügung stehenden Informationsressourcen. Die SDDI umfasst dabei ein breites Spektrum an möglichen Anwendungen, die in Abb. 3 aufgeführten, sind lediglich Beispiele. Eine Anwendung/App besteht dabei immer aus einem User-Interface und beruht, je nach Anwendungsfall, auf der Nutzung einer bestimmten Kombination aus IoT-Sensoren, virtuellem Distriktmodell und urbanen Analysewerkzeugen.
3. **IoT und Sensordaten:** Zusammengefasst in einer Kategorie IoT (Internet der Dinge) und Sensordaten sowie das Virtuelle Distriktmodell. Erstere sind Quelle neuer Daten wie beispielsweise Temperatur, Luftdruck, Stromverbrauch oder Parkplatzbelegung, letzteres ist ein virtuelles Modell einer Stadt oder Region samt semantischer Informationen und Möglichkeiten zur Interoperabilität.
4. Das **Virtuelle Distriktmodell (VDM):** ist ein grundlegender Bestandteil von SDDI, da es in den meisten Planungsschritten zum Einsatz kommt und der Informationsintegration dient. So lassen sich über die virtuellen Objekte des Distriktmodells Informationen aus den unterschiedlichsten Quellen miteinander verbinden (z.B. IoT-Daten und Ergebnisse von Urbanen Analysewerkzeugen), sodass ein umfassender Geobasierter Digitaler Zwilling entsteht.
5. **Urbane Analysewerkzeuge:** Als Urbane Analysewerkzeuge werden verschiedenste Dienste, die Datenanalysen im städtischen Raum ermöglichen, bezeichnet. Hierfür gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, die in Abb. 3 aufgeführten, sind lediglich Beispiele. Urbane Analysewerkzeuge können entweder von Anwendungen direkt aufgerufen werden und die Ergebnisse online produzieren oder die Ergebnisse werden im Voraus berechnet und stehen dann als Datenquelle in der SDDI zur Verfügung.
6. **Katalogplattform:** Die Katalogplattform steht im Zentrum der SDDI und verbindet die übrigen Themenfelder miteinander. Sie dient als zentrale Sammelstelle für sämtliche vorhandenen Daten, Dienste und Anwendungen und liefert eine Gesamtübersicht. Sie stellt eine Kernkomponente dar, die Use-Case-übergreifend und auch bereits im Prozess der SDDI-Implementierung genutzt wird. Im Katalog selbst werden keine Daten und Anwendungen gespeichert, lediglich der Verweis darauf wo die Daten zu finden sind, und wie sie verwendet werden können.

Um Verknüpfungen zwischen den einzelnen Komponenten der SDDI herstellen zu können bedarf es Datenschnittstellen, über die Dienste und Anwendungen kommunizieren können. Die SDDI setzt auf offene und standardisierte Schnittstellen, die einen einfachen Datenaustausch ermöglichen. Die Datenquellen, Anwendungen und Dienste selbst können dabei proprietär und in vollem Besitz der jeweiligen Eigentümer bleiben, wichtig ist, dass der Datenaustausch funktioniert. SDDI setzt des Weiteren auf einige Prinzipien, die im Folgenden beschrieben werden.

SDDI-Prinzipien

Vermeidung von Redundanzen: In vielen Fällen gibt es Datensätze, die ein bestimmtes Objekt der realen Welt beschreiben oder mit ihm in Beziehung stehen. Dieses Objekt ist in verschiedenen Quellen oder von verschiedenen Anbietern unterschiedlich definiert. Dies führt zu Mehrdeutigkeit und Redundanzen in den Daten. Beispielsweise erfordern Anwendungen wie Energiesimulationen, Fußgängerflusssimulationen oder Anwendungen mit Echtzeit-Sensorbeobachtungen in Gebäuden Informationen über Gebäude, die in jeder der Anwendungen auf eine eigene Art und Weise abgebildet werden. Es ist jedoch weitaus sinnvoller, ein und denselben Datensatz in jeder Anwendung zu verwenden, sodass die Daten nur einmal erhoben werden müssen, und zum anderen jede Anwendung mit derselben Version der Daten arbeitet. Um Datenredundanz zu vermeiden, spielen Standards eine entscheidende Rolle. SDDI ist auf der Grundlage von Standards von Open Geospatial Consortium (OGC) und ISO konzipiert. Hierfür eignet sich beispielsweise die Modellierungssprache CityGML, um Gebäude für alle oben genannten Anwendungen abzubilden, sodass ein einziger Datensatz ausreicht.

Vermeidung von Redundanz in Datensätzen senkt den Arbeitsaufwand und eliminiert Widersprüche

Gut spezifizierte Datensemantik: Eine der Herausforderungen besteht darin, dass Daten oft unterschiedlich interpretiert werden. Dies führt im Laufe der Zeit zu einer fehlerhaften Verwendung der Daten durch verschiedene Benutzer. Es ist daher entscheidend, Datenmodelle zu verwenden, die aussagekräftige Informationen für jeden Benutzer verständlich darstellen. Dies erfordert eine gut spezifizierte Datensemantik. Standards von ISO oder OGC sind gute Beispiele für die Umsetzung einer solchen standardisierten Datensemantik und werden im SDDI-Modell berücksichtigt.

Fehlinterpretationen und falsche Verwendung kann durch Datenstandards vermieden werden

Verknüpfung von Redundanzenvermeidung und gut spezifizierter Datensemantik: Die beiden Aspekte "Redundanzenvermeidung" und „gut spezifizierte Datensemantik" werden beispielsweise durch ein virtuelles Distriktmodells (VDM) angesprochen. Das VDM enthält neben Netzen für die Wasserversorgungs-, Smart Grids oder Verkehr auch Objekte wie Gebäude, Straßen, Stadtmobiliar, Gewässer etc. (Percivall et al. 2015¹) argumentieren, dass der Raum (Koordinaten, Geometrie) an sich eine grundlegende Methode zur Organisation der Smart City darstellt. Aus Sicht dieses Leitfadens ist der Raum nicht die einzige Methode, jedoch sollten semantische Objekte (mit räumlichen Eigenschaften) - wie sie vom VDM bereitgestellt werden - sollten als gemeinsamer

Das Virtuelle Distriktmodell als Beispiel für einen Baustein in der SDDI

¹ PERCIVALL, G., RÖNSDORF, C., LIANG, S., MCKENZIE, D. & MCKEE, L. (2015), OGC Smart Cities Spatial Information Framework, Open Geospatial Consortium, OGC Doc. No. 14-115

Nenner für die Darstellung und Organisation der Informationsressourcen der verschiedenen Anwendungsbereichen in smarten Städten und Regionen verwendet werden. Unsere detaillierten Analysen der SSD-Deep-Dive-Distrikte (Distrikte mit besonderem Fokus) zeigen deutlich, dass fast alle thematischen und sensorischen Informationen in direktem Zusammenhang mit den Objekten des VDM stehen. Die eingesetzten Sensoren messen dabei Eigenschaften der Objekte der realen Welt (z.B. Smart Meter messen den Stromverbrauch von Gebäuden). Die Verknüpfung der Sensoren mit den jeweiligen Gebäudeobjekten und Gebäudeeigenschaften spezifiziert daher implizit die Semantik der Sensorbeobachtungen. Das VDM ist eine Antwort auf das, was im Datenmanagement der heutigen anderen Smarte-Städte-und-Regionen-Initiativen weitgehend fehlt. Dabei handelt es sich um die Verwaltung der Daten durch ein gemeinsames digitales Modell der physischen städtischen Umgebung als Informationsdrehscheibe. Dies zeigt sich zum Beispiel in den auf IoT und Big Data-Analyse konzentrierten Smarte-Städte -Konzepten, bei denen offensichtlich das Konzept der Verknüpfung der Geräte mit einem gemeinsamen Datenknoten fehlt. Auf der Grundlage der im SSD-Projekt und durch die Arbeit mit verschiedenen Bezirken gewonnenen Erfahrungen können wir feststellen, dass die Bezirke in fast allen Fällen auf die eine oder andere Weise mit spezifischen Objekten arbeiten oder sich auf diese beziehen müssen. Diese Objekte werden hinsichtlich ihrer Standorte und ihrer physischen Eigenschaften in der realen Welt definiert. Daher ist es notwendig, ein virtuelles Modell dieser physischen Elemente des Gebiets zu haben - sei es nur für einen Bezirk oder für die gesamte Stadt. Das VDM ist auch der Schlüssel für verschiedene Arten von Simulationen (z.B. Energie-, Verkehrs- und Umweltsimulationen) und für die Abschätzung der Auswirkungen geplanter Veränderungen im Bezirk.

Interoperabilität: Nach ISO 2382-1 (vgl. ISO/IEC 10746-2:2009) wird der Begriff der Interoperabilität definiert als „die Fähigkeit, zwischen verschiedenen Funktionseinheiten auf eine Weise zu kommunizieren, Programme auszuführen oder Daten zu übertragen, die vom Benutzer wenig oder keine Kenntnisse über die einzigartigen Eigenschaften dieser Einheiten erfordert“. Die semantische und Syntaktische Interoperabilität ist eines der wichtigsten Merkmale und spielt eine Schlüsselrolle in der SDDI. Hierdurch werden Hindernisse wie z.B. institutionelle Barrieren überwunden und die Herstellerbindung vermieden, wodurch Offenheit für Erweiterungen geschaffen und der Informationsaustausch ermöglicht wird.

*Interoperabilität als
Basiskonzept der SDDI*

Erweiterbarkeit: Die Realisierung der SDDI als modularer, offener und interoperabler Zusammenschluss von verteilten funktionalen Komponenten gewährleistet die einfache Erweiterbarkeit um neue Akteure, Benutzer, Sensoren, thematische Informationen und Analysewerkzeuge. Darüber hinaus sollte das Modell nicht nur für den aktuellen Entwicklungsstand konzipiert werden, da sich die verschiedenen Technologien schnell weiterentwickeln. Die Struktur von SDDI selbst ist so konzipiert, dass sie erweiterbar ist, um den zukünftigen Bedürfnissen und Fällen gerecht zu werden.

*SDDI ist modular und
einfach zu erweitern*

Funktionalität: Eine standardisierte Lösung stellt die Funktionalität des SDDI-Konzeptes sicher. Das bedeutet, dass das SDDI-Modell so gestaltet ist, dass es für

*SDDI ist vielseitig
anwendbar*

verschiedene Anwendungsfälle verwendet werden kann, ohne dass jedes Mal aufwändige Neuimplementierungen vorgenommen werden müssen.

Übertragbarkeit: Das SDDI-Konzept wurde nicht für einen einzelnen Anwendungsfall oder einen bestimmten Bezirk entwickelt, sondern wurde bereits an verschiedenen Orten auf ähnliche Weise implementiert. Diese Eigenschaft von SDDI ist wiederum auf die umfassende Verwendung von Standards in der Infrastruktur zurückzuführen. So gibt es beispielsweise viele Städte auf der Welt, die das 3D-Modell ihrer Städte bereits nach dem OGC CityGML-Standard aufgebaut haben.

Eine Übertragung des Konzepts von einem Fall auf einen anderen ist leicht möglich

Der Katalogdienst – die zentrale Plattform für alle Informationsressourcen

Die Katalogplattform spielt eine zentrale Rolle in der SDDI. Sie dient als Informationsdrehscheibe und Wissensquelle, speichert jedoch selbst keine Daten, sondern nur die Verweise darauf, wo die entsprechenden Daten zu finden sind und in welcher Form sie vorliegen (=Metadaten). Eine geordnete Struktur und einfache Bedienung erleichtern die Arbeit mit dem Katalog und schaffen einen Überblick über den Gesamtbestand. Im Zuge des Projekts „Geobasierter Digitaler Zwilling“ ist eine Katalogplattform entstanden, die bayernweit Anwendung findet. Es ist möglich Instanzen dieses Katalogs in einzelnen Regionen aufzusetzen, sofern eine Kommune über die benötigte Infrastruktur verfügt oder einen Dienstleister beauftragt. Der bayernweite Hauptkatalog ist im Stande Einträge aus den regionalen Katalogen automatisch zu beziehen und so einen Gesamtüberblick zu verschaffen. Die Struktur der Katalogplattform wurde nach den Anforderungen und aus den Erfahrungen mit mehreren Smart-Städte-Projekten sowie aus einem Projekt zum Aufbau **Smart Rural Area Data Infrastructure (SRDAI)** für die Agrarwissenschaften der Technischen Universität München entwickelt. Wesentliche Merkmale sind eine übergeordnete Kategorisierung der Katalogeinträge in Hauptkategorien und Themen sowie die Möglichkeit, einzelne Katalogeinträge miteinander zu verlinken.

Über die Katalogplattform werden sämtliche Datensätze und Anwendungen referenziert

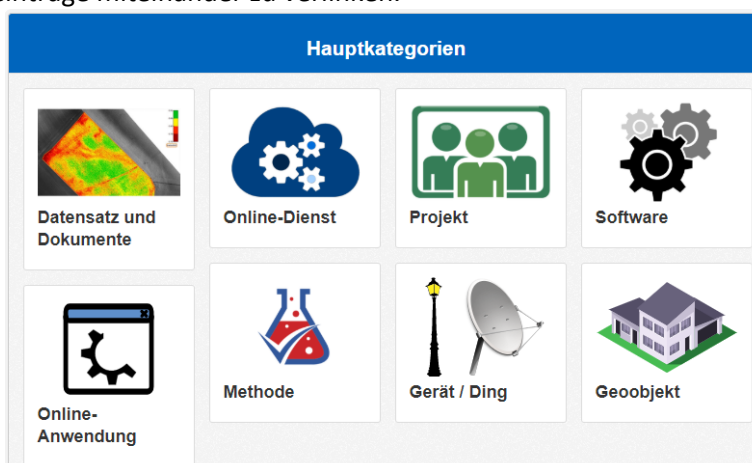


Abb. 4: Hauptkategorien in der Katalogplattform

Um einen besseren Überblick über die Katalogeinträge zu erhalten und die Suche zu erleichtern, ist jeder Katalogeintrag genau einer von acht Kategorien zugeordnet. Diese Kategorien setzen sich zusammen aus: „Datensatz und Dokumente“, „Online-Dienst“, „Online, Anwendung“, „Projekt“, „Software“, „Methode“, „Gerät / Ding“, und „Geoobjekt“. Über die Auswahl einer Kategorie ist es möglich sämtliche zugehörigen Katalogeinträge anzuzeigen. Abb. 4 zeigt die Hauptkategorien in der Katalogplattform.

Jeder Katalogeintrag ist einer Hauptkategorie und beliebig vielen Themen zugeordnet

Neben den acht Hauptkategorien gibt es noch 16 weitere Themenfelder, die sogenannten Themen. Bei den Themen handelt es sich um Überbegriffe für relevante Handlungsfelder im Bereich von Smarten Städten und Regionen. Die verfügbaren Themen decken daher nicht zwangsläufig sämtliche möglichen Gebiete ab wie es bei den Hauptkategorien der Fall ist. Jeder Katalogeintrag kann beliebig vielen Themen zugeordnet werden, es kann dabei aber auch kein Thema ausgewählt werden. Abb. 5 zeigt die Themenfelder in der Katalogplattform. Die 16 Themenfelder sind identisch mit den 16 Handlungsfeldern im Smart Cities & Regions Atlas Bayern (<https://smart-regions.bayern/>). Über eine Auswahl kann auch hier sehr schnell nach Katalogeinträgen, die ein bestimmtes Thema umfassen, gesucht werden.

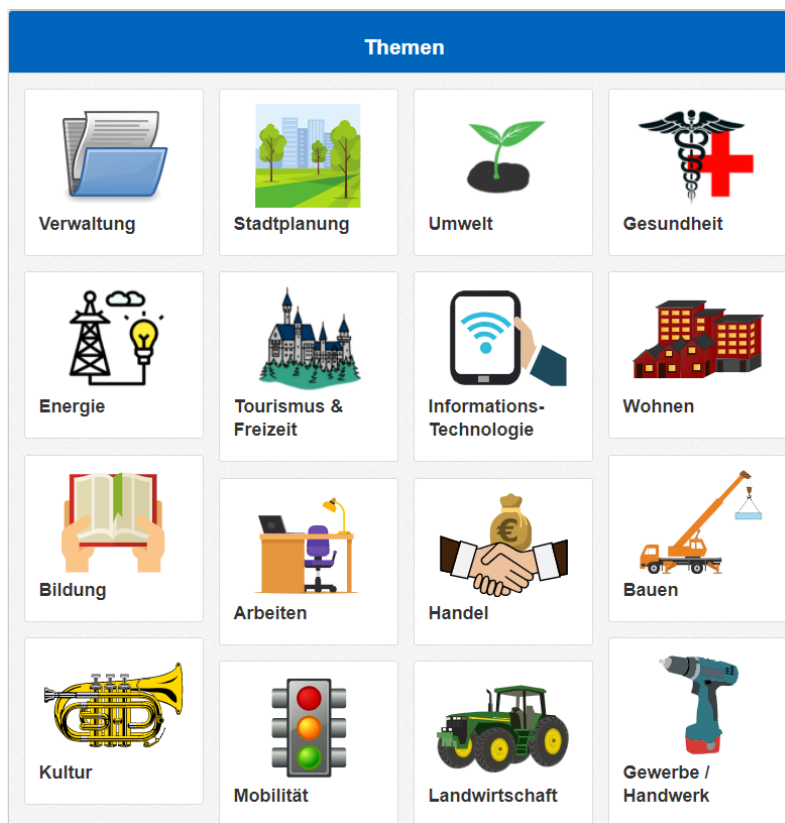


Abb. 5: Themenfelder in der Katalogplattform

Zusätzlich zu den Themen ist es möglich einen Katalogeintrag einer oder mehreren der Modellregionen zuzuweisen. Dies ist nur im Masterkatalog möglich, in regionalen Instanzen, die in den Modellregionen selbst betrieben werden, entfällt diese Möglichkeit. Bei einem Harvesting, also dem maschinellen Auslesen der Einträge des regionalen Katalogs können die entsprechenden Modellregionen auch

automatisiert im Masterkatalog der ZD.B-Themenplattform dargestellt werden. Abb. 6 zeigt die aktuellen Modellregionen in der Katalogplattform.



Abb. 6: Modellregionen in der Katalogplattform

Um die Suche nach Einträgen zu erleichtern, setzt der Katalog auf verschiedene Methoden zur Indexierung von Katalogeinträgen. In einem Katalogeintrag ist es neben einem aussagekräftigen Titel und Stichwörtern des Weiteren möglich einen zeitlichen Rahmen zu definieren, in dem der Katalogeintrag seine Gültigkeit besitzt. Anhand dieses Gültigkeitszeitraumes können die Katalogeinträge anschließend gefiltert werden, wobei auch ein einseitig offener Zeitraum, wie beispielsweise ein Projekt, das noch immer läuft, definiert werden kann. Die Suche filtert dabei Katalogeinträge, bei denen sich mindestens ein Tag des Gültigkeitszeitraums im Suchzeitraum befindet.

Jeder Katalogeintrag kann außerdem mit einer geografischen Ausdehnung versehen werden, die entweder aus einem einzelnen Punkt oder einem Polygon besteht. Beides kann über eine interaktive Karte gezeichnet werden. Die Umrisse von Bayern sowie der sieben Regierungsbezirke sind als vordefinierte Auswahl integriert. Über ein Eingabefeld kann ein beliebiges Polygon als GeoJSON Objekt eingefügt werden. So lassen sich zum Beispiel die Grenzen einer Kommune als räumliche Ausdehnung des Katalogeintrags ohne viel Aufwand einzutragen. Auch der Katalogeintrag eines einzelnen physischen Objekts, z.B. eines Luftqualitätssensors, kann auf diesem Weg mit einer Geometrie versehen werden, um eine ortsbezogene Suche nach Objekten zu ermöglichen.

Ein Eintrag im Katalog an sich enthält noch keine Daten, sondern lediglich Metadaten, also eine Beschreibung, die auch die oben genannten Attribute enthält. Für die Verlinkung externer Quellen, wie z.B. Webseiten, Webclients, Datenblätter oder Bilder werden im Katalog sogenannte Ressourcen angelegt. Dabei ist sowohl die Eingabe eines URL-Links, als auch ein direkter Dateiupload möglich. Da der Datenkatalog lediglich zum Finden der verfügbaren Informationsressourcen, und nicht zur Speicherung selbst verwendet wird, ist der Dateiupload primär für die Anzeige von Bildern gedacht. Jeder Katalogeintrag kann beliebig viele Ressourcen

Eine Suche nach Katalogeinträgen ist auch zeitlich und räumlich möglich

Ein Katalogeintrag kann beliebig viele Ressourcen enthalten

besitzen, wobei die Zugriffsberechtigung auf Ressourcen deutlich strenger als bei Katalogeinträgen selbst ist. So kann nicht nur zwischen öffentlich sichtbar und organisationsintern unterschieden werden, sondern auch der Zugriff auf Ressourcen auf bestimmte Personengruppen beschränkt werden. Es kann demnach vorkommen, dass ein Anwender einen Katalogeintrag sehen kann, nicht jedoch die darin verlinkten Ressourcen.

In der Katalogplattform können Katalogeinträge untereinander verknüpft werden. Eine solche Verknüpfung erfolgt dabei über einen Link zu einem anderen Katalogeintrag. Es gibt drei verschiedene Arten von Verknüpfungen:

1. Ein Katalogeintrag ist abhängig von einem anderen Katalogeintrag
2. Ein Katalogeintrag ist ein Teil von einem anderen Katalogeintrag
3. Ein Katalogeintrag weist auf einen anderen Katalogeintrag hin

Für jeden Katalogeintrag können beliebig viele verschiedene Verknüpfungen zu anderen Katalogeinträgen eingetragen werden. Bei den entsprechenden Gegenständen, also den Einträgen, auf die sich die Verknüpfungen beziehen, erscheinen automatisch auch die Gegenstände der Verknüpfungen. Es handelt sich demnach um zweiseitige Beziehungen.

Die Liste aller Katalogeinträge zeigt neben dem Titel und einem Ausschnitt aus der Beschreibung auch die verwendeten Ressourcen und die zugehörige Hauptkategorie an. Abb. 7 zeigt zwei Einträge aus der Katalogplattform.

**Verknüpfung von
Katalogeinträgen zeigt
Zusammenhänge auf**

**Beispiele aus der
Katalogplattform**



Abb. 7: Einträge in der Katalogplattform

Abb. 8 zeigt den BayernAtlas als einen Beispieleintrag aus der Katalogplattform. Die räumliche Ausdehnung ist auf die gesamte Fläche von Bayern festgelegt, sodass der Katalogeintrag bei jeder Suche innerhalb Bayerns erscheint.

BayernAtlas

Online-Anwendung

Der BayernAtlas ist eine Internetanwendung zum Betrachten amtlicher Karten und Luftbilder der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Für Privatanwender, Fachanwender und Smartphone-Nutzer oder als Anfahrtsplan für die eigene Homepage: Der BayernAtlas liefert für jeden Anwendungsbereich eine Lösung. Er enthält Luftbilder, eine zoombare Internetkarte, amtliche topographische Karten und Übersichtskarten, eine inhaltsreduzierte Ausgabe der Flurkarte (Parzellarkarte), historische Karten, dreidimensionale Gelände- und Gebäudedaten, saisonale Themenkarten und vieles mehr. Neben der Kartennavigation bietet der BayernAtlas zusätzliche Funktionen und Werkzeuge.

Daten und Ressourcen



Link zum BayernAtlas

Die Startseite des BayernAtlas zeigt ganz Bayern in einer Thematischen Karte.

Entdecke

Dataset extent



Tiles by MapBox

atlas bayern historisch karte kataster luftbild

Abb. 8: Beispielseintrag in der Katalogplattform

Ein wichtiger Aspekt ist die Datensicherheit und das Datenmanagement. Jeder Benutzer im Katalog ist einer Organisation zugeordnet, einzelne Organisationen können anderen Organisationen untergeordnet werden. Somit ist nicht nur gewährleistet, dass jeder Eintrag in der Katalogplattform automatisch der richtigen Organisation zugeordnet wird, sondern auch, dass keine organisations-fremden Katalogeinträge erstellt werden können. Ein Administrator für einen Bereich innerhalb einer Organisation kann neue Mitglieder hinzufügen, und Katalogeinträge können so konfiguriert werden, dass sie nur innerhalb der eigenen Organisation sichtbar sind.

Für die Implementierung der Katalogplattform wurde die freie Open-Source Software CKAN verwendet. Verschiedene Erweiterungen (Plugins) helfen dabei das Aussehen anzupassen und neue Features zu implementieren. Bei den Erweiterungen handelt es sich einerseits um bereits in anderen Katalogdiensten verwendete Software-Pakete, aber auch um Eigenentwicklungen des ZD.B, welche die Funktionalität und verschiedene Aspekte ergänzen.

Die Katalog-Plattform ist bayernweit hierarchisch gegliedert in mehrere Instanzen. Einerseits gibt zum einen landesweiten Datenkatalog, der Informationsressourcen aus sämtlichen Gebieten und (Modell) Regionen enthält. Zum anderen können smarte Städte und Regionen eine eigene Instanz dieses Katalogs aufsetzen. Der übergeordnete, landesweite Katalog ist in der Lage, Datensätze aus den regionalen Katalogen zu harvesten, also auf sie zuzugreifen und sich somit automatisch auf den aktuellen Stand zu bringen.

Datensicherheit und Zugriffsrechte

Der Katalog als Open Source Software mit verschiedenen Erweiterungen

Regionale Instanzen des Katalogs durch Docker-Technologie

Mit Hilfe der Docker-Technologie ist es sehr leicht möglich eine neue Instanz des Katalogs aufzusetzen, die als unabhängiger und (noch) leerer Katalog vorliegt. Dies erfordert lediglich eine Installation der Docker-Software auf einem Computer, die im Anschluss als Server für den Katalog dient. Um das Instanzieren eines Katalogs in einer Region zu vereinfachen, steht die kostenlose Katalog-Software als Docker-Container bereit. Docker ist eine Technologie zum Betrieb von Software-Paketen in Container-Form. Dies ermöglicht ohne größeren Zeit- und Programmieraufwand das Aufsetzen einer Katalogplattform, welche sämtliche Erweiterungen des Haupt-Katalogs enthält. Eine detaillierte Anleitung zur Installation dieses Docker-Containers ist zu finden unter <https://github.com/tum-gis/sddi-ckan-docker>.

Nach einem neuen Aufsetzen der Katalogplattform ist diese zunächst leer. Mit Hilfe von Content-Packages kann ein Grundbestand an Katalogeinträgen installiert werden, sodass der Katalog dann für bestimmte Anwendungsfälle relevante Einträge enthält. Ein solches Content-Package umfasst eine Liste an Katalogeinträgen, die zuvor sorgfältig ausgewählt worden sind, beispielsweise eine bestimmte thematische Zusammenstellung von Geodaten aus der GDI Bayern. Es gibt verschiedene Arten von Paketen mit Katalogeinträgen, von denen je nach Bedarf, eines oder mehrere installiert werden können. Im Begleitendes Wiki (<https://wiki.tum.de/display/dzb>) liegt eine Liste von Content-Packages, sowie eine Installationsanleitung vor.

Ein leerer Katalog kann mittels Content-Packages befüllt werden

3. Aufbau einer Dateninfrastruktur auf Basis von SDDI

Im Folgenden wird das Vorgehen beim Aufbau einer Dateninfrastruktur nach der SDDI-Methode beschrieben. Dabei wird zunächst der theoretische Hintergrund auf Basis einer ISO-Norm beleuchtet. Es folgen ein Vorschlag für die Definition der verschiedenen Rollen für die Akteure der Dateninfrastruktur und schließlich ein konkretes Beispiel für den Prozess des Aufbaus einer SDDI in einer Pilotregion.

Vorausgesetzt wird, dass von Beginn an eine zentrale Katalogplattform als Wissensbasis für die einzelnen Schritte des Aufbaus einer SDDI zur Verfügung steht. Eine Anleitung zum Aufsetzen einer solchen Katalogplattform basierend auf der CKAN-Technologie ist im Begleitendes Wiki (<https://wiki.tum.de/display/dzb>) zu finden. Die Installation kann zum einen als direkte Installation, aber auch mittels der Docker-Technologie erfolgen.

Open Distributed Processing als Herangehensweise.

Für den Aufbau einer verteilten Dateninfrastruktur für Smarte-Städte- und Regionen-Projekte wurde im Zuge des bereits erwähnten SSD-Projekts der ISO Standard 10746 „Information technology — Open Distributed Processing – Reference Model (ODP-RM)“ adaptiert und erfolgreich eingesetzt. Diese Norm beschreibt einen Ansatz zur Standardisierung von gemeinsam genutzten und offenen Prozessschritten und liefert somit eine Anleitung mit deren Hilfe komplexe Aufgaben mit verschiedenen Akteuren angegangen werden können. Das Modell kann unter anderem dabei eingesetzt werden plattformunabhängige, übertragbare und offene Systeme wie die SDDI aufzubauen und einen Gesamtüberblick über die Herausforderungen in einem Stadtteil, einer Kommune oder Region oder in einem bestimmten Projekt zu verschaffen. Mittels Open Distributed Processing können auch die Verantwortlichen und deren Aufgaben erarbeitet werden, da eine einzelne Person oftmals nicht die nötige Expertise und Zeit besitzt, um jeden einzelnen Schritt durchführen zu können. Somit kann an mehreren Bedarfspunkten in einem Projekt gezielt gearbeitet werden. Die verschiedenen Interessen, Bedarfe und Ressourcen der einzelnen Akteure können durch diese Herangehensweise als zentrale Ausgangsbasis verwendet werden, um in Folge geeignete technisch-organisatorischen Lösungen zu generieren, und sich nicht direkt auf die technische Realisierung stürzen zu müssen.

Arbeitsteilung nach Open Distributed Processing

Das Modell umfasst fünf verschiedenen Sichtweisen, die sogenannten Viewpoints, auf ein Projekt, die sich untereinander beeinflussen. Jede dieser Sichtweisen spiegelt einen Planungsschritt wieder und zielt auf einen anderen Aspekt in der Planungskette ab. Nach dem ISO 10746 Standard gibt es die folgenden Sichtweisen auf ein System: *Enterprise viewpoint*, *Information viewpoint*, *Computational viewpoint*, *Engineering viewpoint* und *Technology viewpoint*. Sie können in verschiedener Reihenfolge behandelt werden, es wird folgendes Ablaufschema (Abb. 9) vorgeschlagen:

Fünf Sichtweisen auf ein Projekt

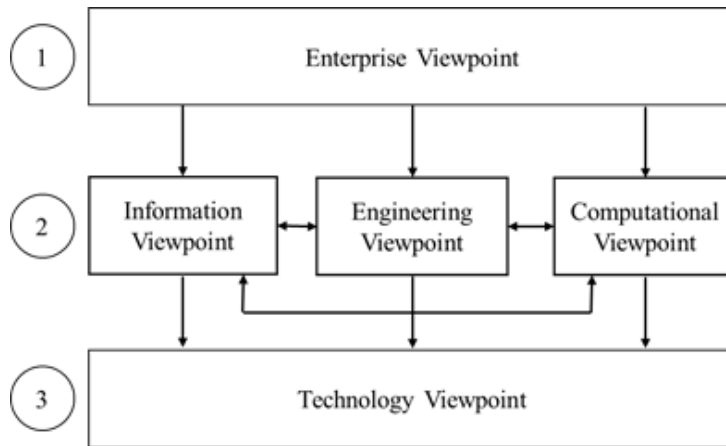


Abb. 9: Angepasstes Open Distributed Processing – Reference Model für SDDI

1) Der „**Enterprise Viewpoint**“, auch „Unternehmenssicht“ genannt, zielt darauf ab die beteiligten Parteien und Interessenvertreter zu verstehen und ihre Rollen und Interessen einschätzen zu können. Im ersten Schritt ist es notwendig, die beteiligten Parteien und Interessenvertreter zu finden und ihre Rollen und Interessen einzuschätzen. Der Enterprise Viewpoint konzentriert sich auf Zweck, Umfang und Richtlinien des Projekts. Er beschreibt die geschäftlichen Anforderungen und Möglichkeiten, die nötig sind, um diese zu erfüllen. Die "Unternehmenssicht" spielt eine entscheidende Rolle, da sie die Richtung der anderen Schritte definiert.

Schritt 1: Ziel des Projektes finden

2) Im zweiten Schritt wird das System aus drei verschiedenen Blickwinkeln betrachtet: Der „**Information Viewpoint**“, auch „Informationssicht“ genannt, konzentriert sich auf die Datenmodellierung und die Semantik der zu verwaltenden Informationen. Er definiert Ontologien, also Beziehungen zwischen bestimmten Bereichen, die durch Datenmodelle und deren semantische Definitionen spezifiziert sind. In der SDDI werden beispielsweise Datenmodelle für Sensorbeschreibungen, Sensorbeobachtungen und das 3D-Stadtmodell verwendet. Der „**Computational Viewpoint**“ beschreibt sowohl die Prozesse als auch die Daten- und Kontrollflüsse. Hier wird spezifiziert, wie die Benutzeraufgaben (und damit der im Enterprise Viewpoint definierte Zweck des Gesamtsystems) zusammen mit dem Informations- und Engineering-Viewpoint festgelegten Entitäten und Konzepten realisiert werden können. Der „**Engineering Viewpoint**“ zeigt, wie die Informationsinfrastruktur aus modularen, verteilten Elementen aufgebaut werden kann. In diesem Fall schließt dies die Entscheidung ein, eine serviceorientierte Architektur (SOA) unter Verwendung von standardisierten, offenen Web-Service-Schnittstellen- und Protokolldefinitionen, zum Beispiel des Open Geospatial Consortium (OGC), zu verwenden.

Schritt 2: Datenstruktur festlegen

3) Im dritten und letzten Schritt wird das System aus der technischen und implementierungstechnischen Perspektive betrachtet, d.h. aus dem „**Technology Viewpoint**“, betrachtet. Hier werden geeignete Software- und Hardwareprodukte ausgewählt und deren Konfiguration sowie die Implementierung des Systems geplant und beschrieben.

Schritt 3: Konkrete Implementierung planen

Vorgehensweise anhand eines Beispiels

Die verschiedenen Viewpoints werden im Folgenden anhand eines fiktiven Projekts im Detail erklärt. Im ersten Abschnitt des Aufbaus einer Dateninfrastruktur für Smarte Städte und Regionen wurden von einer Stadt die folgenden Herausforderungen identifiziert: die Nutzung erneuerbarer Energien fördern und die Klimaresilienz stärken. Im Rahmen eines Stadtumbauprojekts wurden daher zwei Use Cases definiert:

- Nutzung von Solarenergie für einen geplanten Gebäudekomplex der Stadtverwaltung. Mittels digitaler Modelle aus verschiedenen Varianten des geplanten Gebäudekomplexes soll diejenige ermittelt werden, die den besten Kompromiss aus Kosten und erzeugter Solarenergie darstellt. Die für diesen Use Case zu entwickelnde Dateninfrastruktur soll langfristig für alle Bauvorhaben im Stadtgebiet genutzt werden können.
- Entwicklung von Konzepten für eine grünere, attraktivere und klimaresiliente Innenstadt. Mittels digitaler Modelle eines geplanten Gebäudekomplexes soll diejenige Variante ermittelt werden, die aus Sicht des Stadtklimas (d.h. Vermeidung von Hitzeinseln, hohe Aufenthaltsqualität für Passanten, Kühlung der Gebäude und ihrer direkten Umgebung bis hin zur Nahrungsmittelproduktion auf den Dächern) den besten Kompromiss darstellt.

Für beide Use-Cases soll die Umgebung des geplanten Gebäudekomplexes in die Untersuchungen einbezogen werden. Abb. 10 zeigt die Struktur des geplanten Projekts und die beiden geplanten Use Cases mitsamt ihrer benötigten Daten und erwarteten Ergebnissen.

Beispiel: Konzept eines Projekts zum Aufbau einer Dateninfrastruktur für Smarte Städte und Regionen

Projekt in Stadt X			
Use Case 1 - Solarenergie		Use Case 2 – Grünere Innenstadt	
Nutzung von Solarenergie für einen geplanten Gebäudekomplex der Stadtverwaltung		Entwicklung von Plänen für eine grünere, attraktivere und klimaresiliente Innenstadt	
Benötigte und vorhandene Daten	Erwartete Ergebnisse	Benötigte und vorhandene Daten	Erwartete Ergebnisse
3D Gebäudemodell Bestand / Umgebung	Solarpotential für die Dachflächen	3D Gebäudemodell Bestand / Umgebung	Verschiedene Szenarien mit unterschiedlicher Bebauung und Begrünung
3D Gebäudemodell / Planung	Vergleich der Stromkosten mit der Solareinsparung	3D Vegetation	
3D Vegetation		Temperaturmessungen an Gebäuden	
Digitales Geländemodell			
Wetterdaten			

Abb. 10: Beispielprojekt mit zwei verschiedenen Use Cases

In Workshops mit den Akteuren wurden im ersten Schritt die in Kapitel 1. auf Seite 10 erwähnten Kriterien erarbeitet. Die folgenden Abschnitte beschreiben nun das Vorgehen zum Aufbau der Dateninfrastruktur innerhalb der einzelnen Viewpoints.

Enterprise Viewpoint

Bei der Implementierung der SDDI werden im Enterprise Viewpoint (Unternehmenssicht) folgende Schritte durchlaufen:

1. Für jeden Use Case wird ein „Pate“ festgelegt (siehe Abschnitt „Akteure und ihre Rollen“), der in Abstimmung mit dem Gesamtprojektleiter die Entwicklung des jeweiligen Use Case vorantreibt und steuert.
2. Vorbereitung eines Workshops zu den technischen Anforderungen sowie zu und den Datenanforderungen für die Use Cases. Hierzu zählt auch das Identifizieren der Akteure, die für die Umsetzung des Use Case wichtig sind. In dieser Phase dient die Katalogplattform dem „Paten“, dem Gesamtprojektleiter und den Experten für Datenintegration zu ersten Recherchen nach bereits vorhandenen Informationsressourcen des Gesamtprojekts sowie zur Katalogisierung bereits in dieser Phase bekannter Informationen (z.B. „es gibt für die Region bereits ein 3D-Modell“).
3. Durchführung des Workshops mit den in 2. identifizierten Akteuren, einschließlich der Experten für Datenintegration, die ihr Wissen zur Verfügung stellen. Die SDDI-Methode, wie auch dieser Leitfaden, beziehen sich dabei vorrangig auf die Datenintegration, und nicht auf andere Aspekte wie domänenspezifische Aspekte oder Interessenskonflikte zwischen Parteien.
4. Zusammenfassung der Workshop-Ergebnisse in tabellarischer Form, ggf. Aktualisierung der Liste über die Akteure in Abstimmung mit dem Gesamtprojektleiter
5. Eintragen der relevanten Informationen in die zentrale Katalogplattform

Damit stehen für jeden Use Case die Akteure, die benötigten Daten und ihre Bezugsquellen, die Urbanen Analysewerkzeuge, etc. fest.

Akteure und ihre Rollen

Um die verschiedenen Akteure besser einordnen zu können empfiehlt sich die Verwendung einer Stakeholder-Matrix. Diese ist in den SSD-Regionen bereits zum Einsatz gekommen und hat sich als sinnvolles Hilfsmittel bewährt. Die Stakeholder-Matrix ist ein 2-Achsen-Diagramm mit dem bekundeten Interesse eines Akteurs auf der horizontalen Achse und seinem Einfluss auf das Projekt in der vertikalen Achse. Jeder Stakeholder wird nun entsprechend seiner Involviertheit in diesem Diagramm frei platziert, je nachdem wie stark oder schwach seine Zugehörigkeit zu den beiden Achsen des Diagramms ist. Im Anschluss können die Stakeholder nun in vier Kategorien unterteilt werden:

- **Zufrieden halten:** Stakeholder mit wenig Eigeninteresse aber hohem Einfluss, z.B. die Eigentümer wichtiger Daten für das Projekt, sollten gut mit Informationen über den Fortgang des Projekts versorgt und zufrieden gehalten werden, da viel von ihnen abhängt. Dies kann zum Beispiel geschehen, in dem der Nutzen des Use Case für sie transparent gemacht und ihr Beitrag zum Use Case öffentlichkeitswirksam dargestellt wird.

Der Enterprise Viewpoint dient der Integration der Anforderungen verschiedener Akteure

Einschätzung und Auswahl von Akteuren für den weiteren Prozess mit Hilfe der Stakeholder-Matrix

- **Stark zusammenarbeiten:** Stakeholder die sowohl viel Einfluss als auch großes Interesse an einem Projekt haben sind die stärksten Partner. Mit ihnen ist eine enge Zusammenarbeit unabdingbar. Bei einer Steigerung der Attraktivität des ÖPNV-Netzes wären dies z.B. der ÖPNV-Netzbetreiber selbst oder Telekommunikationsanbieter.
- **Im Auge behalten:** Akteure mit geringem Interesse und Einfluss erweisen sich kurzfristig gesehen vielleicht nicht als großer Gewinn, bringen zu einem späteren Zeitpunkt jedoch vielleicht neue Ideen ein oder gewinnen an Relevanz, wenn es zu neuen Entwicklungen kommt. Sie sollten während der Planung und Umsetzung im Auge behalten werden. Als Beispiel dienen hier Bürger aus anderen Gemeinden oder kleinere Dienstleister, die nur am Rande in das Projekt involviert sind.
- **Informiert halten:** Stakeholder mit viel Interesse aber wenig Einfluss, z.B. Anwohner, sollten über die weiteren Schritte informiert bleiben, um ihre Interessen und Anregungen vorbringen zu können.

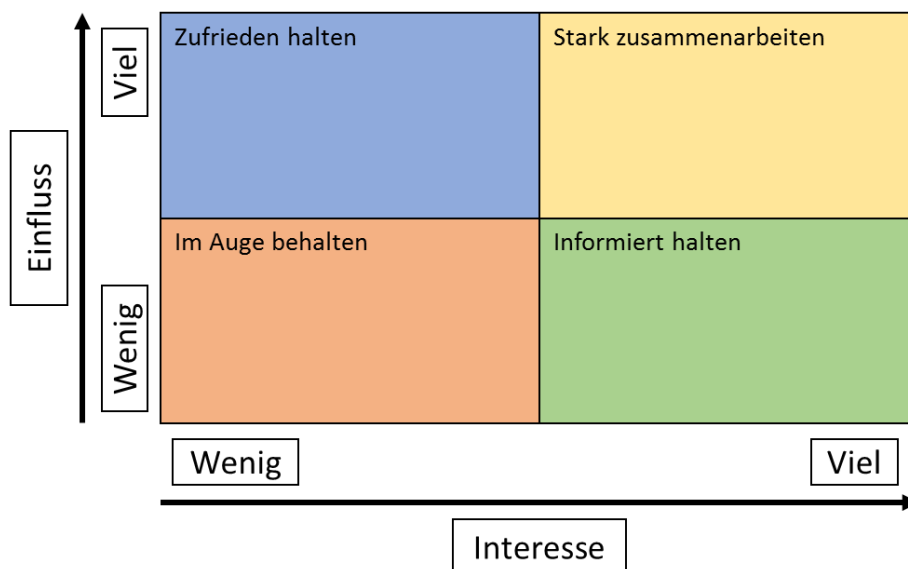


Abb. 11: Stakeholder-Matrix

Neben der Einteilung der Akteure nach Einfluss und Interesse in Bezug auf einen bestimmten Use Case ist auch eine Festlegung von Rollen für die tatsächliche Umsetzung eines Use Case sehr hilfreich. Die Akteure nehmen dabei im Gesamtprojekt und in den Use Cases unterschiedliche Rollen ein. Ein und derselbe Akteur kann so in verschiedenen Rollen im Gesamtprojekt und in den einzelnen Use Cases auftreten. Abb. 12 stellt diesen Zusammenhang in vereinfachter Form anhand des Beispiel-Projekts dar.

Verschiedene Rollen bei den Akteuren sollten klar definiert sein

Projektstruktur, Rollen und Akteure

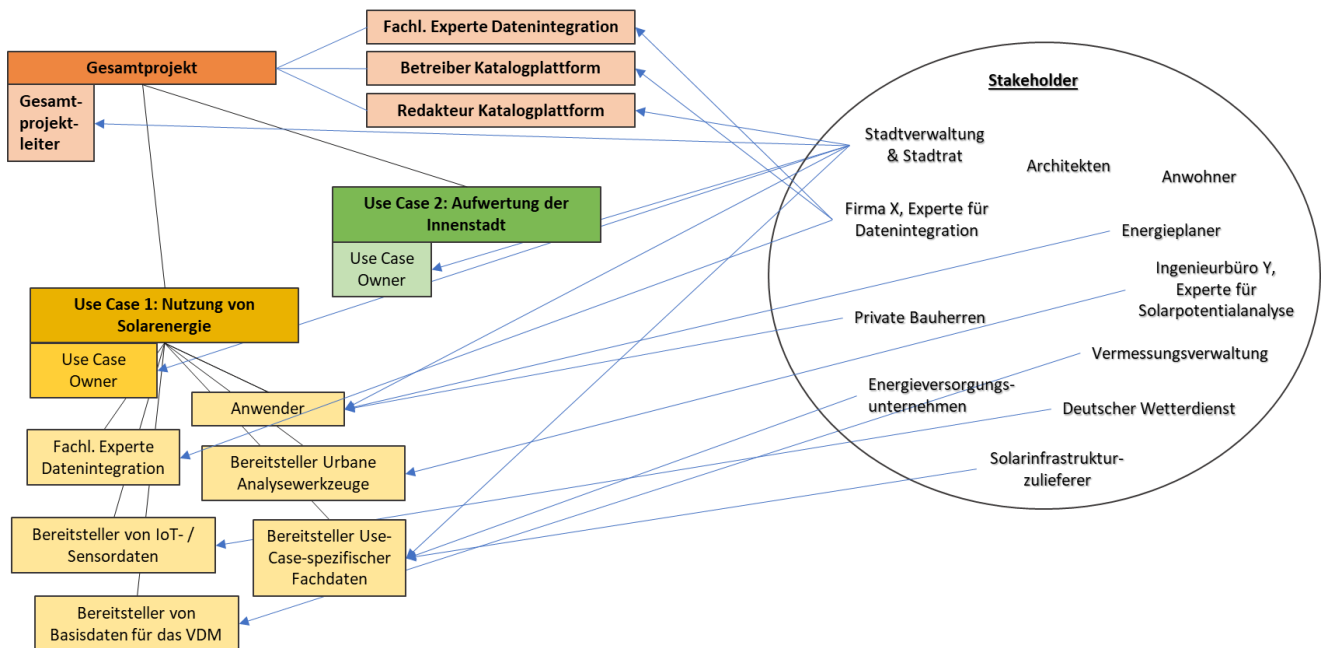


Abb. 12: Mögliche Projektstruktur, Rollen und Akteure am Beispiel

Um sicherzugehen, dass jede Rolle in der Umsetzung eines Projektes mit mindestens einem Stakeholder besetzt ist, empfiehlt es sich für jeden Use Case die vorhandenen Rollen aufzulisten und die Akteure darauf aufzuteilen. In Bezug auf das SDDI-Konzept können für jeden Use Case folgende Rollen mit der Unterteilung in die Bereiche „Zentrale Infrastruktur“ und „Use Case“ definiert werden:

- Rollen für das Bereitstellen der zentralen Dateninfrastruktur:
 - **Fachlicher Experte für Datenintegration:** Der fachliche Experte für Datenintegration hat einen Überblick über alle im Gesamtprojekt verwendeten Daten und über standardisierte Datenmodelle.
 - **Lieferant von Basisdaten für das virtuelle Distriktmodell:** Das virtuelle Distriktmodell als solches kann mittels bestehender Software (z.B. 3DCityDB) relativ leicht aufgesetzt werden. Es fehlen jedoch meist noch grundlegende Informationen wie Gebäudedaten oder Katasterinformationen. Anbieter dieser Daten ist meist die zuständige Geodatenverwaltung.
 - **Betreiber des virtuellen Distriktmodells:** Neben den Basisdaten und den spezifischen Fachdaten des Use Cases benötigt das virtuelle Distriktmodell auch eine Person oder einen Dienstleister, von dem das Hosting übernommen wird. Für diese Art der Anwendung wird ein Web-Server benötigt, auf dem die entsprechende Instanz des virtuellen Distriktmodells läuft.
 - **Betreiber und Redakteure der Katalogplattform:** Die zentrale Katalogplattform muss von einem Akteur bzw. Dienstleister betrieben werden². Ebenfalls bedarf es Personen mit Erfahrung in

² im Rahmen der ZD.B-Themenplattform „Smart Cities and Regions“ wird eine Katalogplattform („Masterkatalog“) zentral gehostet und bayernweit zur Verfügung

der Bedienung des Katalogs (hier „Redakteure“ genannt), um dem Use Case entsprechend Einträge vorzunehmen und Akteuren beim Eintrag ihrer Informationsressourcen zu unterstützen.

- **Fachlicher Experte für Sensoren / IoT:** Der fachliche Experte für Sensoren / IoT bringt Expertise im Bereich Sensoren / IoT / Sensordatenplattformen und -Schnittstellen ein.
 - **Fachlicher Experte für Interoperabilität und verteilten Systeme:** Für die Verknüpfung verschiedener Systeme wird gegebenenfalls ein eigener Experte benötigt. Dieser kümmert sich darum, dass die einzelnen Komponenten des Projekts auf technischer Ebene, im SDDI-Kontext also auf der Ebene von Web Services, miteinander reibungslos kommunizieren können.
- Use Case spezifische Rollen:
- **Anwender:** Der Anwender ist die Person, die nach Fertigstellung des Projekts einen Nutzen daraus zieht. Ein detailliertes Fachwissen ist meist nicht gegeben.
 - **Entwickler der Anwendung / App:** Für die Entwicklung einer spezifischen Anwendung für einen Use Case, zum Beispiel einer Smartphone-App, wird ein entsprechender Entwickler benötigt. Dies kann entweder eine Einzelperson oder ein externer Dienstleister sein
 - **Lieferant von urbanen Analysewerkzeugen:** Der Lieferant von urbanen Analysewerkzeugen ist meist ein externer Softwareanbieter, der bestimmte, für den Use Case relevante, Werkzeuge bereitstellt. Dabei muss es sich nicht zwingend um Software handeln, sondern es kann z.B. kann auch eine bestimmte Methode zur Einbindung der Bevölkerung ein wertvolles urbanes Analysewerkzeug sein.
 - **Lieferant von IoT-Sensordaten:** Für die Bereitstellung von IoT oder Sensordaten
 - **„Pate“ des Use Cases:** In jedem Use Case wird ein sogenannter „Pate“ (Use Case Owner) benötigt, der die Organisation übernimmt und für einen reibungslosen Ablauf sorgt. Der Pate muss selbst kein Experte für jedes einzelne Teilgebiet sein, das von dem Use Case tangiert wird, sollte jedoch genug Vorwissen mitbringen, um einen Überblick über alle Teilbereiche eines Projekts zu erlangen.
 - **Fachlicher Experte für den Use Case:** Der fachliche Experte für den Use Case kann sowohl eine Person mit entsprechendem Knowhow als auch ein externer Berater sein. Wichtig ist ein umfassendes Wissen im Bereich des Projekts, hierfür können auch mehrere Personen in einem Expertenkreis zusammengefasst werden.
 - **Lieferant von Use Case spezifischen Fachdaten:** Neben den genannten Basisdaten sind oft spezifische Daten für einzelne Use Cases erforderlich. Dies könnten zum Beispiel Daten über Versorgungsnetze, ÖPNV-Verkehrsnetze oder Anwohnerdaten

gestellt. Für regionale Kataloginstanzen wird eigene Hardware sowie eine zuständige Person oder ein Dienstleister benötigt.

sein. Diese Informationen können mit dem virtuellen Distriktmodell verknüpft werden, um dessen anzureichern.

Für jede einzelne dieser Rollen sollte eine Stakeholder-Matrix aufgesetzt und mit den verschiedenen Stakeholdern befüllt werden. Somit erhält man verschiedene Diagramme, welche die unterschiedlichen Interessens- und Einflusslagen der Akteure widerspiegeln. Es ist durchaus möglich, dass ein Stakeholder in einer Rolle starkes Interesse zeigt, in einer anderen jedoch nur geringes oder andersherum. Die Ergebnisse können in einer gemeinsamen Tabelle kombiniert werden, sodass man eine übersichtliche Darstellung erhält, welche Personen, Dienstleister, Behörden, usw. auf welche Art und Weise an dem Use Case mitwirken.

Der Enterprise Viewpoint am Beispiel

Für den Use Case (A) ergab sich im Zuge des Abschnitts 1 (SDDI-Readiness) die folgende Stakeholder-Matrix. Als erster Schritt im Rahmen des Enterprise Viewpoint wurden vom Gesamtprojektleiter anhand der Matrix und in Gesprächen mit den potenziellen Stakeholdern diejenigen identifiziert, die für die Umsetzung des Use Case wichtig sind (in Abb. 12 rot markiert). Im Zuge dessen wurde auch der "Pate" (Use Case Owner) für den Use Case bestimmt (in Abb. 12 grün markiert).

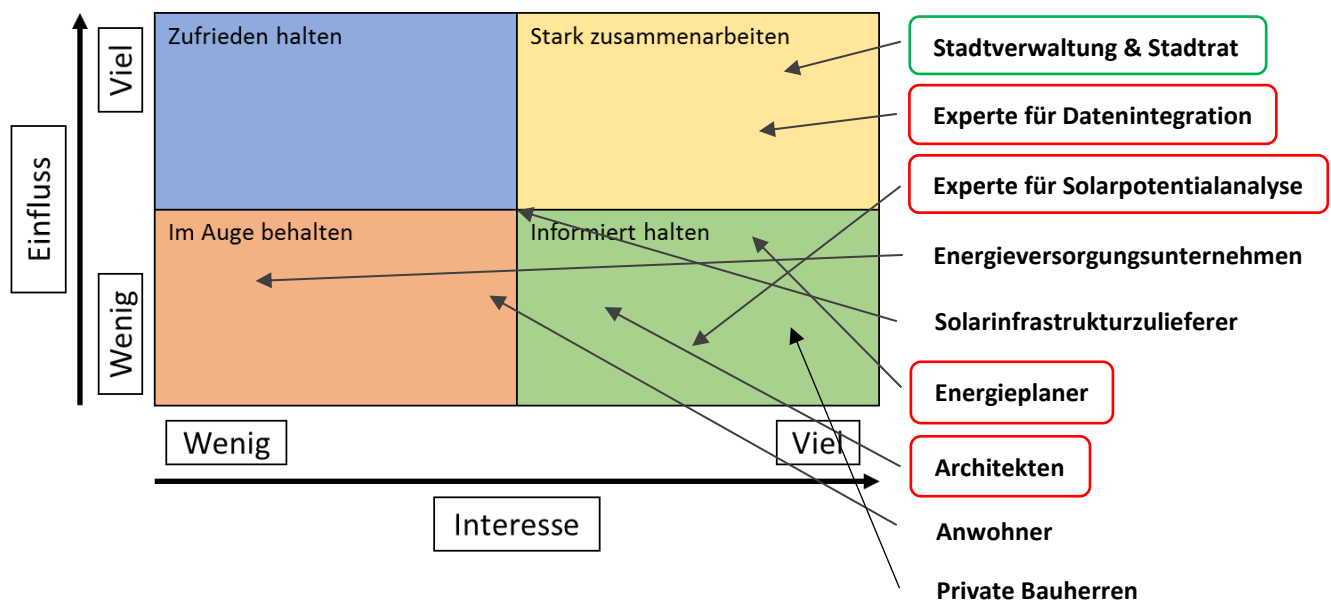


Abb. 13: Ausgefüllte Stakeholder-Matrix im Beispiel

In einem anschließenden Workshop mit den ausgewählten Akteuren wurden die technischen Anforderungen sowie die Datenanforderungen an die Daten erarbeitet. Die SDDI-Methode, sowie dieser Leitfaden beinhalteten dabei ausschließlich Aspekte der Datenintegration, keine anderen domänenspezifischen Aspekte, wie zum Beispiel Energieversorgung oder Mobilität.

Im Workshop entstanden die folgenden Tabellen, die für jeden Use Case die erforderlichen Informationsressourcen und die möglichen Bezugsquellen enthalten. Dabei wurde in der zentralen Katalogplattform recherchiert ob diese Informationsressourcen im Gesamtprojekt bereits an anderer Stelle genutzt werden. Im Workshop wurden auch sämtliche Konflikte und Probleme bei der

Für benötigte Daten können Bezugsquellen mit Hilfe einer Tabelle ermittelt werden

Bereitstellung der Daten identifiziert und dokumentiert. Mögliche Alternativen zur Konfliktlösung wurden ebenfalls erörtert. Für Use Case (A) ergaben sich die folgenden Tabellen, mit dem Ziel, das Solarpotenzial für die verschiedenen Gebäudevarianten zu ermitteln. Dies erfolgt über zwei Urbane Analysewerkzeuge. Werkzeug 1 schätzt die solare Einstrahlungsenergie, Werkzeug 2 berechnet daraus den potenziellen Stromertrag unter Berücksichtigung der Spezifikation unterschiedlicher Photovoltaik-Module. Beispielhaft werden in Tabelle 1 die benötigten Daten für Werkzeug 1 den Bezugsquellen gegenüber gestellt. Mit Symbolen wird die Verfügbarkeit der Daten näher beschrieben. So wird mit (✓) angezeigt, dass die Daten verfügbar sind (!) deutet dagegen an, dass es im Anschluss an den Workshop noch Klärungsbedarf gibt. (x) bedeutet, dass benötigte Daten nicht verfügbar sind. Ein Muster für eine derartige Tabelle befindet sich im Anhang

Tabelle zur Feststellung der Verfügbarkeit von Daten.

Bezugsquelle \ Benötigte Daten	Stadtverwaltung	Vermessungs- verwaltung	Architekt X	Deutscher Wetterdienst, alternativ: NASA
Gebäudemodelle Bestand / Umgebung	LOD2-Modelle (Ursprung Vermessungsver- waltung) ✓			
Gebäudemodelle Planung			Architektur modell (!)	
3D-Vegetation		Punktwolke bDOM (kosten- pflichtig) (!)		
Wetterdaten				Wetterstations- daten, alternativ: Satellitendaten (!)
Digitales Geländemodell	DGM1 (Ursprung Vermessungs- verwaltung) ✓			

Tabelle 1: Verfügbarkeitstabelle für Daten und Akteure am Beispiel

Sobald die benötigten Informationsressourcen (im Beispiel die benötigten Daten und Urbanen Analysewerkzeuge) feststehen, aktualisiert der Datenintegrationsexperte zusammen mit dem „Paten“ des Use Cases in Abstimmung mit dem Gesamtprojektleiter die folgenden Informationen (z.B. wird die Vermessungsverwaltung als wichtiger Datenbereitsteller für den Use Case in die Liste der Akteure aufgenommen) und fasst sie in einer weiteren Tabelle zusammen (Vorlage siehe Anhang):

- Beteiligte Akteure und deren Rollen mit Ansprechpersonen
- Verfügbarkeit von Daten und Werkzeugen

Als letzter Schritt im Rahmen des Enterprise Viewpoint, werden grundlegende Informationen in die Katalogplattform (siehe Kapitel „Der Katalogdienst – die zentrale Plattform für alle Informationsressourcen“) des Projekts eingetragen. Dies kann zum Beispiel durch den Datenintegrationsexperten, oder durch die jeweiligen Bereitsteller der Informationsressourcen erfolgen.

Information Viewpoint / Engineering Viewpoint / Computational Viewpoint

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Enterprise Viewpoint werden nun auch diese weiteren Viewpoints von einem Team bearbeitet, das sich aus Personen in den folgenden Rollen zusammensetzt:

- Fachlicher Experte Datenintegration
- Betreiber des Virtuellen Distriktmodells

**Der Information Viewpoint
konzentriert sich auf die
Datenmodellierung**

- Fachlicher Experte für Sensoren / IoT
- Fachlicher Experte für Interoperabilität und verteilte Systeme
- Fachlicher Experte für den Use Case

Aufgaben im Information Viewpoint

In einem ersten Schritt wird das Datenmodell des Virtuellen Distriktmodells festgelegt. Das ist entscheidend, um in weiteren Schritten die Verknüpfungen zwischen den Objekten des Distriktmodells und weiteren, Use-Case-spezifischen Daten definieren zu können. Im SSD-Projekt hat sich CityGML als Datenmodell für das Virtuelle Distriktmodell bewährt, unter anderem, weil es die reale Welt in dreidimensionale, semantische Objekte zerlegt und bereits Möglichkeiten zur anwendungsspezifischen Modellerweiterung, zur Verlinkung mit weiteren Daten sowie zur semantischen Anreicherung der Objekte vorsieht.

Im nächsten Schritt werden die für den Use Case benötigten Daten dem Datenmodell des VDM gegenübergestellt und soweit sinnvoll ein semantisches Mapping Daten bzw. Datenmodellen definiert. Um das semantische Mapping umzusetzen, ist es ggf. erforderlich Konvertierungsregeln zu erarbeiten (z.B. Regeln für die Überführung eines Architekturmodells eines Gebäudes in das Datenmodell von CityGML).

Da nicht alle Fach- und Sensordaten durch ein Datenmodell beschrieben sind, können ggf. Datenmodelle im Reverse Engineering aus den vorhandenen Daten (z.B. Excel- oder CSV-Daten) erzeugt werden.

Ergebnis des Information Viewpoint ist eine Zusammenstellung der für den Use Case benötigten Daten in der richtigen Struktur, so dass sie miteinander verknüpft werden können.

***Bestehende,
standardisierte
Datenmodelle erleichtern
eine Integration der Daten***

Der Information Viewpoint am Beispiel

Für den Use Case (A) aus unserem Beispiel entstand unter anderem die folgende Tabelle:

Benötigte Informationen	Vorhandene Daten	Datenmodell und Transformation
Gebäudemodelle Bestand / Umgebung	LOD2 Gebäudemodelle	CityGML (keine Transformation erforderlich)
Gebäudemodelle Planung	Architekturmodell	Abbildung auf CityGML Gebäudemodell erforderlich
3D-Vegetation	Punktwolke	Extraktion von Vegetationsobjekten und Abbildung auf CityGML Vegetationsmodell erforderlich
Wetterdaten	Wetterstationsdate n (CSV), alternativ: Satellitendaten	Abbildung auf OGC Observations & Measurements erforderlich
Digitales Geländemodell	DGM1 (CSV)	Abbildung auf CityGML Relief Modell, Triangulation mit Gebäudeumringen als Bruchkanten

Tabelle 2: Ermittlung der Verfügbarkeit von Daten am Beispiel

Aufgaben im Computational Viewpoint

Im Computational Viewpoint werden alle Daten und Kontrollflüsse für das Zusammenwirken der verteilten Systemkomponenten der SDDI analysiert und beschrieben. Als Ergebnis sollte eine Strategie vorliegen, mit der ausgehend von den Eingangsdaten und Modellen das im Vorfeld definierte Ziel des Use Cases erreicht werden kann.

Der Computational Viewpoint beschreibt Daten- und Kontrollflüsse

Der Computational Viewpoint am Beispiel

Für den Use Case (A) entstand das folgende Diagramm für den Teil des Use Cases, der sich mit der Solarpotenzialanalyse beschäftigt:

Aktivitätsdiagramm des Computational Viewpoints

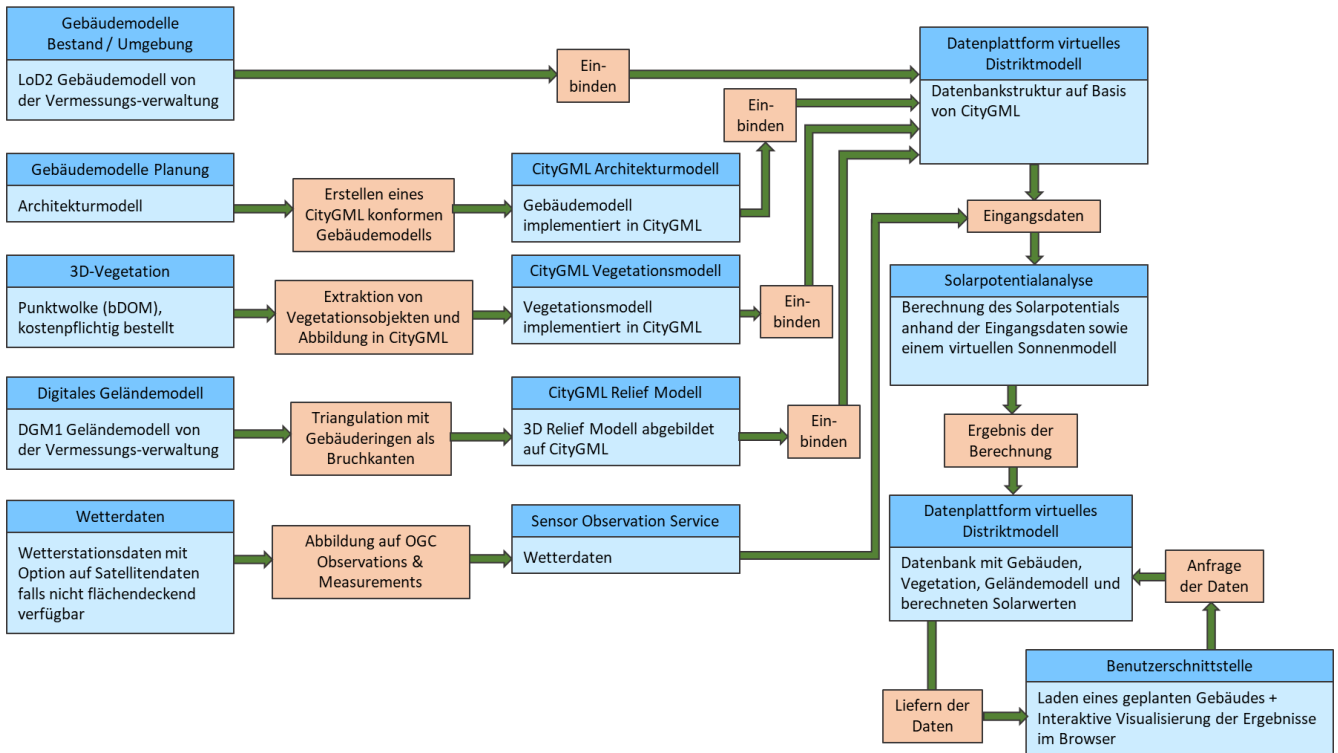


Abb. 14: Aktivitätsdiagramm des Computational Viewpoints am Beispiel A des Use Cases

Ausgehend von den fünf Eingangsdatenquellen, die im Kapitel „Der Enterprise Viewpoint am Beispiel“ festgelegt wurden, soll ein anwenderfreundlicher 3D Web Map Client entstehen, der das Geländemodell, die Vegetation, die Bestandsgebäude, sowie die berechneten Solarwerte für Dachflächen geplanter Gebäude aufzeigt. Der 3D-Web-Map-Client soll die Funktionalität bieten, ein geplantes Gebäude zu laden (ggf. bestehende Gebäude am Ort des geplanten Gebäudes auszublenden) und die Solarpotenzialanalyse für das geplante Gebäude anzustoßen. Hierfür wurden die in Abb. 13 als blaue Kästchen dargestellten Systemkomponenten identifiziert. Die ockerfarbenen Kästchen zeigen Prozessierungsschritte auf, die grünen Pfeile verbinden die Systemkomponenten. Die Darstellung erfolgt auf konzeptueller Ebene, d.h., dass die Systemkomponenten unabhängig von einem bestimmten Softwareprodukt beschrieben werden. Fest stehen an dieser Stelle lediglich die im Information Viewpoint definierten Datenmodelle (im Beispiel CityGML für das VDM und Observations&Measurements für die Wetterdaten).

Aufgaben im Engineering Viewpoint

Im Engineering Viewpoint müssen nun die im Computational Viewpoint identifizierten Systemkomponenten und Datenflüssen in einer verteilten Informationsinfrastruktur abgebildet werden, d.h. unter anderem, dass Schnittstellen zwischen den Komponenten definiert werden müssen.

Das SDDI-Konzept setzt hier auf standardisierte, offene Web Service Schnittstellen. Vorhandene Systemkomponenten bieten diese Schnittstellen entweder direkt an,

Identifikation von Systemkomponenten, Prozessierungsschritten und Datenflüssen

Der Engineering Viewpoint beschreibt den Aufbau der Dateninfrastruktur

oder müssen mit Wrappern gekapselt werden. Dies wird beispielhaft anhand des Themas Sensordatenintegration im Folgenden erklärt.

In der SDDI spielt die Verknüpfung von verschiedenen IoT- und Sensordaten eine zentrale Rolle. Viele große Akteure wie Google, Amazon, Microsoft und IBM bieten eine cloud-basierte Speicherung, Verwaltung und Analyse von Sensordaten an, aber jeder von ihnen nutzt dafür seine eigene API. Darüber hinaus bieten viele kleinere Unternehmen und Initiativen im IoT-Bereich wie Thingspeak und OpenSensors ähnliche Funktionalitäten an, jedoch ebenfalls mit eigenen APIs und unterschiedlichen Ebenen von Analysefähigkeiten. Im SSD-Projekt wurde eine leichtgewichtige Open-Source-Software namens „InterSensor Service“ entwickelt und implementiert, die Anwendungsentwicklern die standardisierten APIs bietet, die im "Sensor Web Enablement" (OGC SWE) des Open Geospatial Consortium definiert sind, und die mit vielen verschiedenen proprietären APIs wie IBM WUnderground, Thingspeak, OpenSensors, aber auch mit einfachen relationalen Datenbanken und sogar Tabellenkalkulationen (die tabellarische Daten, die in lokalen Daten gespeichert sind, virtuelle Sensorbeobachtungen zugänglich machen) verbunden ist. Da der InterSensor Service quelloffen ist, können weitere Schnittstellen zu proprietären offenen APIs leicht hinzugefügt werden.

Die Verknüpfung von Sensordaten ist ein zentraler Aspekt in der SDDI

Der Engineering Viewpoint am Beispiel

Für den Use Case (A) entstand das folgende Diagramm, das hier ausschnittsweise dargestellt wird:

Aktivitätsdiagramm des Computational Viewpoints [Ausschnitt]

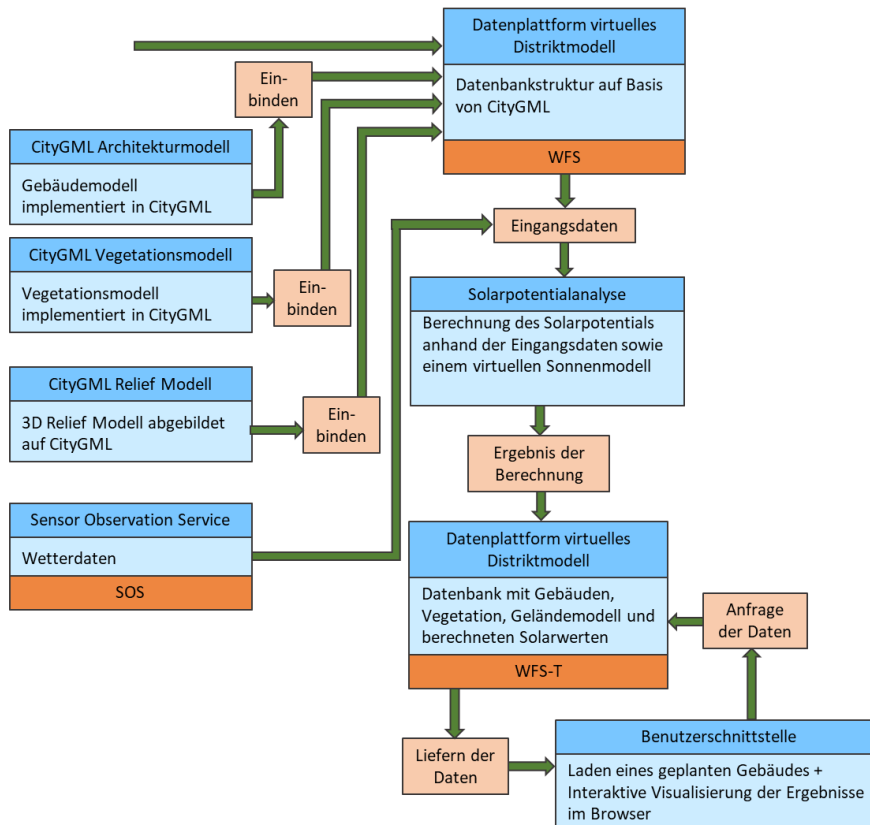


Abb. 15: Aktivitätsdiagramm des Engineering Viewpoints am Beispiel A des Use Cases

Ziel des Engineering Viewpoints ist es zu dem im vorherigen Schritt entstandenen Use Case Modell für die einzelnen Komponenten die richtigen (Web-Service) Schnittstellen zu finden, um so Interoperabilität zu ermöglichen. Wo immer möglich sollte bei der Wahl der Schnittstellen auf internationale Standards zurückgegriffen werden. Im Beispiel handelt es sich um die Sensor Observation Service (SOS), sowie um die Web Map Service (WMS) und die transactional Web Feature Service-Schnittstelle (WFS-T).

Technology Viewpoint

Auswahl von Software und Hardware

Verschiedene Use Cases haben verschiedene Anforderungen an die eingesetzten Software- und Hardwarekomponenten. Neben Datensammlungen und Web-Anwendungen können auch mobile Anwendungen eine entscheidende Rolle spielen. In den meisten Use Cases wird jedoch hauptsächlich ein Online-Dienst benötigt, der relevante Daten an verschiedene Clients liefert. Das Grundgerüst besteht in diesem Fall aus einer Datenbank sowie einer API-Schnittstelle, die mittels offener Standards angesprochen werden kann.

Der Technology Viewpoint anhand des Beispiels

Für die Umsetzung des Use Case (A) wurden folgende Systemkomponenten ausgewählt, die in Abb. 15 ausschnittsweise dargestellt sind.

Aktivitätsdiagramm des Computational Viewpoints [Ausschnitt]

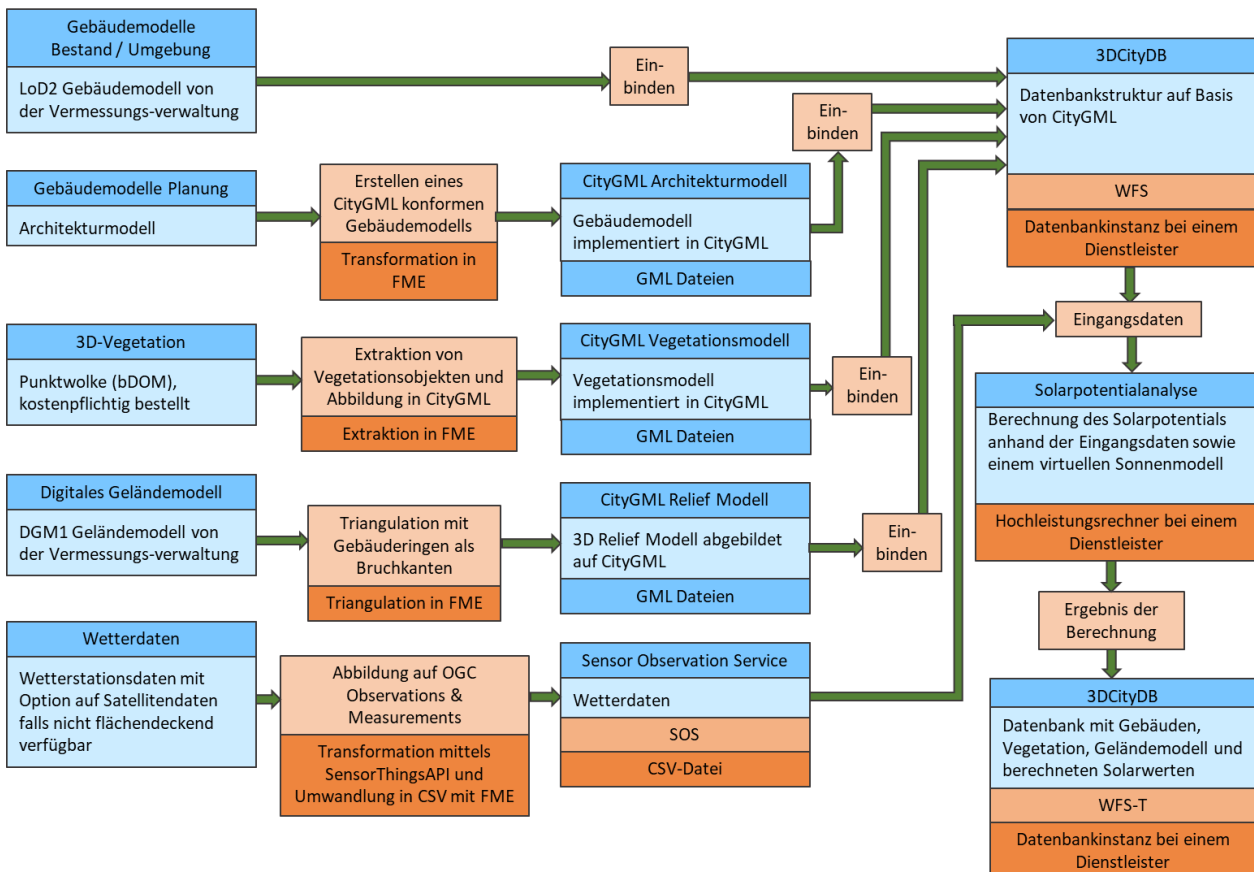


Abb. 16: Aktivitätsdiagramm des Technology Viewpoints am Beispiel A des Use Cases

Im Technology Viewpoint werden die benötigten Hardware- und Softwarekomponenten für die Umsetzung des Use Case ermittelt. Abb. 16 zeigt die technische Umsetzung des im Kapitel „Der Computational Viewpoint am Beispiel“ aufgezeigten Arbeitsflusses in einem kleineren Ausschnitt. In Rot sind die neuen Komponenten markiert. Sämtliche Transformationen der ursprünglichen Daten in CityGML konforme Datenmodelle erfolgen in unserem Beispiel mittels der Software FME. Die Open Source Software 3DCityDB zur Verwaltung des Virtuellen Distriktmodells wird von einem Dienstleister aufgesetzt und verwaltet. Ein Hochleistungsrechner des Experten für Solarpotentialanalysen übernimmt die Berechnung der Sonneneinstrahlungswerte auf die jeweiligen Dachflächen und reichert die Objekte in der 3DCityDB über die WFS-T-Schnittstelle mit den Berechnungsergebnissen an. Anschließend werden die konkreten Instanzen der Systemkomponenten (z.B. Web Feature Service für den Zugriff auf das Virtuelle Distriktmodell mit Web-Adresse unter der dieser Dienst erreichbar ist) in die Katalogplattform eingetragen, um sie für das Gesamtprojekt und darüber hinaus sichtbar zu machen. Da an dieser Stelle alle benötigten Systemkomponenten und ihre Schnittstellen bekannt sind, eignen sich die vorliegenden Ergebnisse des SDDI-Prozesses auch zur Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für die Implementierung des Use Case. Da die verschiedenen Use Cases in einem Projekt auf die selben Ressourcen und ähnliche Prozessschritte zurückgreifen können, ist es oft sinnvoll sämtliche Komponenten eines Projekts zeitgleich zu betrachten.

Die benötigte Hardware und Software ist gefunden und die Implementierung des Use Case kann begonnen werden

4. Bestehende Ansätze und Lösungen aus den SDDI-Modellregionen

4. Bestehende Ansätze und Lösungen aus den SDDI-Modellregionen

Die sechs Modellregionen in der ZD.B-Themenplattform Smart Cities and Regions

Die Themenplattform führt im Jahr 2020 mit sechs bayerischen Gebietskörperschaften, den sogenannten SDDI-Modellregionen Projekte durch, um das Konzept des Geobasierten Digitalen Zwillings zu erproben und die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen an andere Regionen weitergeben zu können. Bei den sechs Modellregionen handelt es sich sowohl um Städte als auch um Landkreise, die mit professioneller Hilfe durch die Firma Virtual City Systems GmbH, anhand der SDDI Methode bestimmte Use Cases umsetzen. Die Modellregionen sind:

- Landkreis Freyung-Grafenau
- Landkreis Neustadt a. d. Waldnaab
- Landkreis Wunsiedel
- Stadt Garching
- Stadt Grafing
- Stadt Haßfurt

Das SDDI-Konzept wird in sechs Modellregionen angewandt

Zum Erscheinungszeitpunkt dieses Leitfadens befindet sich die Umsetzung in den Modellregionen noch im Anfangsstadium. Aufgrund der COVID-19 Pandemie können zum aktuellen Zeitpunkt noch keine ausführlicheren Ergebnisse dokumentiert werden. Eine detaillierte Übersicht über die noch geplanten und durchgeführten Use Cases wird im begleitenden Wiki (<https://wiki.tum.de/display/dzb>) erscheinen.

Ein Use Case am Beispiel der Modellregion Neustadt an der Waldnaab

Der Landkreis Neustadt an der Waldnaab liegt im Norden der Oberpfalz. Entsprechend dem Use-Case orientierten Vorgehen, das nicht zuerst die vorhandenen Daten und Ressourcen ins Auge fasst, sondern ein tatsächliches Problem, wurden zwei Use-Cases definiert.

1. Es ist der Wunsch aufgekommen, die Ärztelandschaft im Landkreis in einer öffentlich zugänglichen Plattform zu registrieren, sodass mit wenig Aufwand der nächstliegende Arzt von jedem Standpunkt aus gefunden werden kann. Die Hauptschwierigkeiten setzen sich aus zwei Punkten zusammen. Zum einen sind zwar sämtliche Daten wie Öffnungszeiten, Anfahrtswege und E-Mail-Adressen öffentlich verfügbar, nicht jedoch zentral erfasst und somit übersichtlich dargestellt. Zum anderen ist die individuelle Altersstruktur in Arztpraxen oft nicht bekannt, d.h. es ist unklar in welchen medizinischen Versorgungseinrichtungen es demnächst Veränderungen geben wird bzw. wo Schließungen von Praxen anstehen.

Use-Case 1: Digitales Kundencenter für die Ärzte im Landkreis

Ziel des Use-Case ist das Erstellen eines digitalen Kundencenters, das zunächst die Ärzte im Landkreis nach Postleitzahl auflistet und im nächsten Schritt die Daten grafisch z.B. im Masterportal abbildet. Dies ermöglicht eine interaktive Darstellung und Suche, um etwa verschiedene Anfahrtswege direkt zu vergleichen. Die Vorgehensweise im Landkreis Neustadt an der Waldnaab besteht darin, sich zunächst einen Überblick über die vorhandenen Arztpraxen mittels öffentlich zugänglicher Dienste wie Google Maps und Gesundheitsregion Plus, sowie individuell geführter Telefongesprächen mit sämtlichen Arztpraxen zu verschaffen. Über Workshops werden alle beteiligten Akteure eingebunden, alle Aktionen geplant und die Ergebnisse diskutiert. Hierbei soll u.a. die Gesundheitsregion Plus helfen. Zudem soll es eine digitale Umfrage für die Ärzteschaft geben. Die so erzeugten Inhalte des Use-Cases werden mit einem externen Dienstleister entsprechend dem SDDI-Konzept in einem digitalen Zwilling umgesetzt.

Das Projekt befindet sich zum Stand Oktober 2020, wie eingangs beschrieben, noch in der Aufbauphase. In einem ersten Schritt wurden zwei Projektleiter definiert, die als treibende Kraft die verschiedenen Aufgaben koordinieren. Weitere externe Berater und Mitarbeiter sind ebenfalls involviert im aktuellen Stand des Projekts. Die Daten zu sämtlichen Arztpraxen sind inzwischen größtenteils zusammengetragen. Als schwierig stellt sich heraus, dass unterschiedliche Quellen unterschiedliche Praxen auflisten und nicht alle Angaben stets korrekt sind, sodass Gespräche mit jeder Arztpraxis geführt werden mussten. In den nächsten Monaten werden unter Leitung der Firma Virtual City Systems Workshops zur Konkretisierung des Use Case durchgeführt, und anschließend das weitere Vorgehen beschlossen.

In Zukunft soll das digitale Kundencenter in regelmäßigen Zyklen kontrolliert werden, um die Aktualität der Daten zu gewährleisten. Als Erweiterung des Use-Case ist zudem konzeptionell geplant, eine flächendeckende Übersicht mit Rettungsstandorten zu erstellen, sodass vor allem in ländlicheren Gebieten besser ersichtlich wird, wie weit die nächste Praxis im Notfall entfernt wäre.

2. Analog zum digitalen Ärzte-Kundencenter soll ein Bildungsatlas für die Region aufgebaut werden, der Kindertagesstätten, Schulen, Museen und sonstige Weiterbildungseinrichtungen verzeichnet. Dieser Use-Case ist noch nicht ausgearbeitet und wird erst in den kommenden Workshops weiter erörtert werden.

Use-Case 2: Bildungsatlas für den Landkreis

Ausblick

Das Konzept des Geobasierten Digitalen Zwillings und der SDDI steht zum aktuellen Zeitpunkt in den sechs Modellregionen noch im Aufbau. Die ZD.B-Themenplattform Smart Cities and Regions wird nach Abschluss dieser ersten Modellphase zum Jahresende 2020 die bisher gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse weiter fortführen und sowohl die sechs Modellregionen bei der weiteren Nutzung ihrer SDDI-Infrastruktur bei Folgeprojekten unterstützen, als auch mit neuen, interessierten bayerischen Gebietskörperschaften den SDDI-Ansatz weiter ausbauen.

Rückmeldungen aus den sechs SDDI-Modellregionen, aber auch von anderen Lesern und Experten werden in zukünftigen Versionen dieses Leitfadens berücksichtigt und im begleitenden Wiki erscheinen.

Die bayernweite Katalogplattform (<https://catalog.gis.lrg.tum.de/>) für das SDDI-Konzept der Themenplattform steht zur Verfügung. Eine automatisierte Befüllung mit Inhalten ist möglich und soll auch weiterhin mit Daten aus den Modellregionen erfolgen, um einen Grundbestand an Daten zu erhalten.

Neben den Daten aus den Modellregionen und der Technischen Universität München (TUM) werden auch zukünftig relevante Daten aus dem Bestand der ZD.B-Themenplattformen und von Bayern Innovativ in der Katalogplattform veröffentlicht. Ebenso ist geplant, dass sich Smart City/Regions Dienstleister, die Projekte in Bayern realisiert haben, hier mit ihren Services darstellen können.

Darüber hinaus kann dieses kostenlose Tool auch als Docker-Container mit geringem Aufwand in einzelnen Regionen, Kommunen, Netzwerken, Unternehmen, Vereinen als sogenannte „Insellösung“ für den internen Gebrauch, d.h. zur eigenen Datentransparenz aufgesetzt werden. Das Erstellen der Content-Packages ermöglicht es, eine leere Katalog-Instanz direkt mit eigenen Informationen zu befüllen.

Um auch in den kommenden Jahren einen Erfolg des SDDI-Ansatzes zu garantieren, startet Ende 2020 die Entwicklung einer Online-Ausbildung von sogenannten SDDI-Managern. Die Ausbildung beinhaltet die technische Qualifizierung, wie auch das partizipative Vorgehen beim Aufbau einer SDDI. Ziel ist es engagierte Personen aus Verwaltung, Unternehmen und Hochschulen zu qualifizieren, um die Weiterentwicklung und Weiterführung von SDDI-Projekten und von innovativen Use Cases professionell betreuen zu können.

Glossar

API	Application Programming Interface
BIM	Building Information Modeling
CityGML	Anwendungsschema für Stadtmodelle auf Basis der Geographic Markup Language (GML)
DGM	Digitales Geländemodell
DOM	Digitales Oberflächenmodell
FME	Feature Manipulation Engine
Informationsressourcen	Überbegriff für Datensätze, Software, Methoden, Geräte, Anwendungen, Dienste, etc.
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
ODP	Open Distributed Processing
OGC	Open Geospatial Consortium
SCR	Smart Cities and Regions
SDDI	Smart District Data Infrastructure
SOA	Service-orientierte Architektur
SRADI	Smart Rural Area Data Infrastructure
SSD	Smart Sustainable Districts
Stakeholder	Beteiligte Personen / Unternehmen, auch als Akteure bezeichnet
TUM	Technische Universität München
WFS	Web Feature Service
WFS-T	Transaction Web Feature Service
WMS	Web Map Service
VDM	Virtuelles Distriktmodell

Anhang

Begleitendes Wiki

Die Inhalte dieses Leitfadens sind in einem ergänzenden Wiki ebenfalls verfügbar. Das Wiki wird in den kommenden Monaten und Jahren stetig erweitert werden, sodass Feedback von den Modellregionen, von SDDI-Experten und anderen Experten im Bereich Smarte Städte und Regionen in einem dynamischen Prozess integriert werden kann. Dadurch wird das Wiki zu einer fortlaufend wachsenden Schnittstelle des Wissens innerhalb der Themenplattform.

Das Wiki ist aufrufbar unter der Adresse: <https://wiki.tum.de/display/dzb>

Beschreibung offener Standards

Die folgende Liste enthält eine Reihe von offenen Standards und entsprechenden Implementierung.

- **Catalog Service for the Web (CS/W)**
Der OGC Catalogue Service for the Web (CS/W) bietet die Möglichkeit, Sammlungen beschreibender Informationen (Metadaten) für Daten, Dienste, Anwendungen und verwandte Informationsobjekte zu veröffentlichen und zu durchsuchen. Metadaten in Katalogen stellen Ressourcenmerkmale dar, die sowohl von Menschen als auch von Software abgefragt und zur Auswertung und Weiterverarbeitung präsentiert werden können. Katalogdienste sind erforderlich, um das Auffinden und die Bindung an registrierte Informationsressourcen innerhalb einer Informationsgemeinschaft zu unterstützen.
- **Sensor Observation Service (SOS)**
Der OGC Sensor Observation Service-Standard (SOS) ist auf Anwendungsfälle anwendbar, in denen Sensordaten auf interoperable Weise verwaltet werden müssen. Dieser Standard definiert eine Webdienst-Schnittstelle, die die Abfrage von Beobachtungen, Sensormetadaten sowie Darstellungen beobachteter Merkmale ermöglicht. Darüber hinaus definiert dieser Standard Mittel zur Registrierung neuer Sensoren und zur Entfernung vorhandener Sensoren. Er definiert auch Operationen zum Einfügen neuer Sensorbeobachtungen. Sensorbeschreibungen werden mit dem SensorML-Standard und Sensordaten (Beobachtungen) mit dem O&M-Standard kodiert.
- **Web Feature Service (WFS)**
Der OGC Web Feature Service Interface-Standard (WFS) bietet eine standardisierte und offene Schnittstelle für die Anforderung von geografischen Merkmalen über das Web mittels plattformunabhängiger Aufrufe. Anstatt z.B. geografische Informationen auf Dateiebene gemeinsam zu nutzen, bietet der WFS einen direkten, feinkörnigen Zugriff auf geografische Informationen auf der Ebene der Merkmale und Merkmalseigenschaften. Web-Feature-Dienste ermöglichen es Kunden, nur die Daten abzurufen oder zu ändern, die sie suchen, anstatt eine Datei abzurufen, die die gesuchten Daten und möglicherweise noch viel mehr enthält.
- **Web Map Service (WMS)**
Der OGC Web Map Service-Standard (WMS) bietet eine einfache Schnittstelle zur Anforderung von georegistrierten Kartenbildern aus einer oder mehreren verteilten Geodatenbanken oder Geoinformationssystemen. Eine WMS-Anforderung definiert die zu verarbeitende(n) geografische(n) Ebene(n) und das zu bearbeitende Interessengebiet. Die Antwort auf die Anfrage sind ein oder mehrere georegistrierte 2D-Kartenbilder (zurückgegeben als JPEG, PNG usw.), die in einer Browser-Anwendung angezeigt werden können. Die Schnittstelle unterstützt auch die Möglichkeit, anzugeben, ob die zurückgegebenen Bilder transparent sein sollen, so dass Schichten von mehreren Servern kombiniert werden können oder nicht.

- **Web Processing Service (WPS)**

Die OGC Web Processing Service-Spezifikation (WPS) bietet Regeln für die Standardisierung von Ein- und Ausgaben (Anfragen und Antworten) für georäumliche (und auch nicht-georäumliche) Verarbeitungsdienste. Bei diesen Diensten kann es sich um sehr einfache Funktionen wie Polygonüberlagerung handeln, sie können aber auch so komplex sein wie die Simulation der Sonneneinstrahlung auf Gebäudeoberflächen oder die Abschätzung des Energiebedarfs von Gebäuden. Der Standard definiert, wie ein Kunde die Ausführung eines Prozesses anfordern kann und wie das Ergebnis des Prozesses gehandhabt wird. Er definiert eine Schnittstelle, die die Veröffentlichung von Prozessen und die Entdeckung und Bindung von Kunden an diese Prozesse erleichtert. Die von der WPS benötigten Daten können über ein Netzwerk geliefert werden oder auf dem Server verfügbar sein.
- **City Geography Markup Language (CityGML)**

CityGML ist ein internationaler Standard für die interoperable Darstellung und den Austausch von virtuellen 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen. CityGML definiert ein konzeptionelles Schema für die wichtigsten Einheiten des Stadtraums wie Gebäude, Straßen, Eisenbahnen, Tunnel, Brücken, Stadtmobiliar, Gewässer, Vegetation und das Gelände. Das konzeptuelle Schema legt fest, wie und in welche Teile und Stücke physische Objekte der realen Welt zerlegt und klassifiziert werden sollen. Alle Objekte können hinsichtlich ihrer Semantik, 3D-Geometrie, 3D-Topologie und ihres Erscheinungsbildes in fünf vordefinierten Detailstufen (LOD 0-4) dargestellt werden. CityGML wird formal durch UML-Klassendiagramme, einen Feature-Katalog mit Definitionen und Erläuterungen der Objektklassen und Attribute und ein XML-Schema für das Dateiaustauschformat spezifiziert. CityGML wird vom Open Geospatial Consortium (OGC) herausgegeben. Die aktuelle Version ist Version 2.0.0.
- **Geography Markup Language (GML)**

Die OGC Web Processing Service-Spezifikation (WPS) bietet Regeln für die Standardisierung der Ein- und Ausgaben (Anfragen und Antworten) für georäumliche (und auch nicht-georäumliche) Verarbeitungsdienste. Bei diesen Diensten kann es sich um sehr einfache Funktionen wie Polygonüberlagerung handeln, sie können aber auch so komplex sein wie die Simulation der Sonneneinstrahlung auf Gebäudeoberflächen oder die Abschätzung des Energiebedarfs von Gebäuden. Der Standard definiert, wie ein Kunde die Ausführung eines Prozesses anfordern kann und wie das Ergebnis des Prozesses gehandhabt wird. Er definiert eine Schnittstelle, die die Veröffentlichung von Prozessen und die Entdeckung und Bindung von Kunden an diese Prozesse erleichtert. Die von der WPS benötigten Daten können über ein Netzwerk geliefert werden oder auf dem Server verfügbar sein.
- **Sensor Modeling Language (SensorML)**

Die OGC Sensor Modeling Language (SensorML) bietet Mittel zur Definition von Prozessen und Verarbeitungskomponenten im Zusammenhang mit der Messung und der Transformation von Beobachtungen nach der Messung. Dazu gehören sowohl Sensoren und Aktoren als auch Rechenprozesse, die

vor und nach der Messung angewendet werden. Das Hauptziel ist die Ermöglichung von Interoperabilität, so dass Sensoren und Prozesse von Maschinen besser verstanden, in komplexen Arbeitsabläufen automatisch verwendet und zwischen intelligenten Sensor-Webknoten leicht ausgetauscht werden können. Informationen über Sensoren, die von einem Sensorbeobachtungsdienst (Sensor Observation Service, SOS) abgefragt werden, werden typischerweise mit dem SensorML-Datenmodell und -format kodiert.

- **Observations & Measurements (O & M)**

Der OGC-Standard für Observations & Measurements (O & M, Beobachtungen und Messungen) spezifiziert ein konzeptionelles Modell und Austauschformat für Beobachtungen und Merkmale, die bei der Stichprobenziehung bei Beobachtungsdurchführung eine Rolle spielen. Solche Beobachtungen sind in der Regel das Ergebnis von Messungen, bei denen verschiedene Arten von Sensoren verwendet werden. Beobachtungen, die von einem Sensorbeobachtungsdienst (Sensor Observation Service, SOS) abgefragt werden, werden typischerweise unter Verwendung des O&M-Datenmodells und -formats kodiert.

- **Keyhole Markup Language (KML)**

Die OGC Keyhole Markup Language (KML) ist eine XML-Sprache, die sich auf die geografische Visualisierung, einschließlich der Annotation von Karten und Bildern, konzentriert. Die geografische Visualisierung umfasst nicht nur die Darstellung grafischer Daten auf dem Globus, sondern auch die Navigationssteuerung des Benutzers im Sinne von „wohin man gehen und wohin man schauen soll“. KML ist komplementär zu GML in dem Sinne, dass es eine visuelle Darstellung von Geodaten liefert (was typischerweise kartographische Stilisierungen beinhaltet) und nicht die Geodaten selbst (wie es mit GML dargestellt wird). KML-Daten können direkt in Google Earth, Cesium Virtual Globe und den meisten Geoinformationssystemen angezeigt werden.

- **SensorThings API**

Die OGC SensorThings API bietet eine offene, georäumliche und einheitliche Möglichkeit, Geräte, Daten und Anwendungen des IoT (Internet der Dinge) über das Web miteinander zu verbinden. Die OGC SensorThings API ist ein offener Standard, d.h. sie ist nicht proprietär, plattformunabhängig und dauerhaft gebührenfrei. Obwohl es sich um einen neuen Standard handelt, baut er auf einer Vielzahl von bewährten und weit verbreiteten offenen Standards auf, wie z.B. den Web-Protokollen und den OGC Sensor Web Enablement-Standards (SWE), einschließlich des ISO/OGC Observation & Measurement-Datenmodells (O&M). Der Hauptunterschied zwischen der SensorThings-API und dem OGC Sensor Observation Service (SOS) besteht darin, dass die SensorThings-API speziell für die ressourcenbeschränkten IoT-Geräte und die Web-Entwicklergemeinschaft entwickelt wurde. Infolgedessen ist die SensorThings-API leichtgewichtig und folgt den REST-Prinzipien, der Verwendung einer effizienten JSON-Kodierung, der Verwendung des MQTT-Protokolls, der Verwendung des flexiblen OASIS-OData-Protokolls und den URL-Konventionen.

Vorlage zur Kostenschätzung

Die folgende Anlage liefert eine Übersicht über die größten Kostenquellen eines Use Case in einem Smarten Städte und Regionen Projekt. Werden mehrere Use Cases durchgeführt, können sich einige der Aspekte der nachfolgenden Tabelle überschneiden und somit Kosten eingespart werden. Die Tabelle enthält keine absoluten Werte, sondern Angaben zum relativen Kostenaufwand mit € Zeichen. Ein einzelnes € steht für geringe Kosten, zwei €€ für etwas höhere Kosten, und drei €€€ für sehr hohe Kosten. Je nach Use Case und Projekt können diese Werte stark variieren, sodass die Angaben mit Vorsicht zu genießen sind. Die Tabelle setzt ab dem Zeitpunkt an, an dem sämtliche Anforderungen der SDDI-Readiness erfüllt sind, Kosten, die vorher entstehen, sind hier nicht aufgelistet. Es wird keine Unterscheidung getroffen zwischen einmaligen und laufenden Kosten, da dies von Use Case zu Use Case und von Projekt zu Projekt sehr unterschiedlich sein kann und individuell bestimmt werden muss.

Ursprung der Kosten	Anmerkungen	Kosten- abschätzung
1. Workshops	Bezahlung von Experten, aber auch Zusicherung an Firmen	
1.1. Vorbereitung der Workshops		€
1.2. Durchführung der Workshops		€ - €€
1.3. Nachbereitung der Workshops		€
2. Datenbeschaffung		
2.1. Kosten zum Finden von Daten und Registrieren im Katalog		€
2.2. Kosten für Daten	Abhängig von der Datenqualität und Aktualisierungsintervall	€
3. Software & Hardware		
3.1. Kosten für Software		€€ - €€€
3.2. Kosten für Hardware		€€ - €€€
3.3. Kosten für Cloud-Zugang	Kann die Kosten für Hardware ersetzen	€€
4. Implementation		
4.1. Kosten für Experten bei der Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> - Fachlicher Experte Datenintegration - Betreiber des Virtuellen Distriktmodells - Fachlicher Experte für Sensoren / IoT - Fachlicher Experte für Interoperabilität und verteilte Systeme - Fachlicher Experte für den Use Case 	Wird entweder durch eigenes IT-Department oder externe Dienstleister durchgeführt	€€€
4.2. Training von zukünftigen Experten		€ - €€
4.3. Betrieb		€€

Weiterführende Literatur

Zum Thema „Geobasierter Digitaler Zwilling“ und der Smart District Data Infrastructure (SDDI) ist nachfolgend eine Sammlung an weiterführender Literatur aufgelistet.

- **SDDI-Modellregionen in Bayern - Aufbau von geobasierten Digitalen Zwillingen**
Autoren: Willi Steincke, Marc Kolbe
Es gibt in Bayern mittlerweile zahlreiche Smart Cities and Regions Projekte. In den verschiedensten Bereichen, wie Energie, Mobilität, Wasser, Last Mile Logistik, Wirtschaft, etc. messen Sensoren z.B. die Luftqualität oder unsere Bewegungen in der Stadt. Alle diese Geräte, Sensoren, Aktoren generieren in zunehmendem Maße Daten. Dies geschieht bisher jedoch weitgehend ungeordnet und hauptsächlich innerhalb des jeweiligen Bereichs. Aufzuzeigen wie diese Daten für Smarte Städte und Regionen bereichsübergreifend produktiv genutzt werden könnten, ist zentrale Aufgabenstellung der 2020 von der ZD.B-Themenplattform Smart Cities and Regions gestarteten Bayerischen Modellregionen.
https://zdb.netz.bayern/net_home/Files?fileId=303354
- **Smart City / Smart Region: Handlungsleitfaden für Praktiker*innen**
Herausgeber: bee smart city GmbH, Wiesenstraße 35, 45473 Mülheim an der Ruhr
Autoren: Bart Gorynski, Paul Mikołajczyk
Der Begriff Smart City entwickelt sich zunehmend zu einem omnipräsenten Begriff, der neben der reinen digitalen Transformation der Verwaltung einer Kommune (Smart Government) auch die Aktionsfelder Wirtschaft (Smart Economy), Umwelt und Energie (Smart Environment), Lebensqualität (Smart Living), Mobilität (Smart Mobility) und Menschen (Smart People) umfasst. Doch wodurch zeichnet sich eine „smarte“ Kommune aus und wie können Sie ihre Kommune zu einer Smart City weiterentwickeln? Um diese Fragestellungen zu beantworten, wurde der vorliegende anwendungsorientierte Handlungsleitfaden Smart City / Smart Region für Kommunen veröffentlicht. Er zeigt Ihnen konkrete Handlungsschritte für die nachhaltige und praxisorientierte Transformation Ihrer Kommune zur Smart City auf. Nach einem Vorbereitungsschritt, in dem Sie das Smart City Konzept, die Smart City Definition und Begriffsabgrenzung sowie die bisherige Entwicklung von Smart Cities (Evolution) verstehen lernen, folgen drei Handlungsschritte, die im Ergebnis die sukzessive Weiterentwicklung Ihrer Kommune zur Smart City fördern und das Ökosystem von Smart City Lösungen in Ihrer Kommune systematisch beschleunigen. Der vorgestellte Prozess ist in jeder Kommune individuell anwendbar, unabhängig von deren Größe oder ihrer geografischen Lage. Die drei Handlungsschritte enthalten Checklisten und Präsentationen, die Sie in Ihren Arbeitsalltag integrieren und verwenden können. Die aus der internationalen Praxis entnommenen Inhalte sind Empfehlungen, die Sie mit Ihren eigenen Ideen bereichern können.

Der Handlungsleitfaden befähigt Sie, Ihre Kommune systematisch zu einem nachhaltig prosperierenden und lebenswerteren Ort zu transformieren, der bedarfsorientiert den Menschen und nicht die Technik in den Mittelpunkt stellt, zu transformieren.

<https://hub.beesmart.city/de/handlungsleitfaden-smart-city-smart-region>

- **Smart City Charta - digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten**

Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Deichmanns Aue 31–37, 53179 Bonn

„Smart Cities sind nachhaltiger und integrierter Stadtentwicklung verpflichtet.“ So formuliert es die Smart City Charta gleich zu Beginn und beschreibt ein normatives Bild einer intelligenten, zukunftsorientierten Stadt. Damit knüpft sie nicht nur an die Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt, sondern auch an die New Urban Agenda der Vereinten Nationen an, die als Ergebnis der Habitat III-Konferenz zu Wohnen und nachhaltiger Stadtentwicklung in Quito im Oktober 2016 weltweit Maßstäbe für die Stadtentwicklung der kommenden zwanzig Jahre gesetzt hat. Zwei Ziele der New Urban Agenda sind für uns besonders wichtig, zum einen lebenswerte Städte für Menschen zu schaffen und zum anderen Städte als Entwicklungs - akteure anzuerkennen und zu befähigen. Diese beiden Ziele werden angesichts der weltweit zunehmenden Urbanisierung, Digitalisierung und Vernetzung künftig von zentraler Bedeutung sein. Denn es geht darum, wie wir in Zukunft leben wollen und die dafür nötige Handlungsfähigkeit und Gestaltungskraft der Kommunen sichern und stärken.

https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichung/en/themen/bauen/wohnen/smart-city-charta-kurzfassung-de-und-en.pdf?__blob=publicationFile&v=4

- **Integrating and Managing the Information for Smart Sustainable Districts - The Smart District Data Infrastructure (SDDI)**

Autoren: Mandana Moshrefzadeh, Kanishk Chaturvedi, Ihab Hijazi, Andreas Donaubaue and Thomas H. Kolbe

Das Ziel, Städte intelligent und nachhaltig zu machen, führt zu dem dringenden Bedarf eine stabile Informationsarchitektur zu entwickeln, die interoperabel, funktional, erweiterbar, sicher und übertragbar ist. Ein Hauptbestandteil dieser Architektur ist die Dateninfrastruktur, die die Dienste zur Unterstützung der von verschiedenen Sensoren gesammelten dynamischen Daten sowie ein virtuelles Bezirksmodell umfasst, das die Objekte des physischen Bezirks darstellt. Diese können mit semantischen Informationen, d.h. thematischen Informationen aus verschiedenen Anwendungsbereichen, angereichert werden. Offene Standards des Open Geospatial Consortium (OGC) wie CityGML und Sensor Web Enablement (SWE) sind für die Einrichtung dieses Modells von entscheidender Bedeutung. In diesem Paper werden der Prozess und das Konzept der für Smart Districts entwickelten intelligenten Dateninfrastruktur unter fünf

Gesichtspunkten gemäß dem Standard ISO 10746 "information technology - Open Distributed Processing - Reference model" ausführlich beschrieben. Das Paper schließt mit einem Beispiel, das die Konfiguration von die so genannte SDDI (Smart District Data Infrastructure).

<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1350813/>

- **The Data Integration Challenge in Smart City Projects**

Autoren: Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, M. Sc. Mandana Moshrefzadeh, M. Sc. Kanishk Chaturvedi, Dr. Andreas Donaubauer

Dieses Dokument wurde im Rahmen der Projekte „Smart Sustainable Districts“ und „Smart District Data Infrastructure“ erstellt, die von der Knowledge and Innovation Community on Climate Change and Mitigation (Climate-KIC) des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) finanziert werden. Es werden die wichtigsten Anforderungen und Überlegungen erläutert, mit denen jede Art von Infrastruktur für die Integration städtischer Daten (wie Smart City-Plattformen) umgehen muss. Im Rahmen des SSD-Projekts hat der Lehrstuhl für Geoinformatik der TU München zusammen mit den SSD-Projektpartnern eine Architektur namens „Smart District Data Infrastructure“ (SDDI) entwickelt. Die SDDI wurde für eine Reihe von Bezirken größerer europäischer Städte implementiert, darunter London, Paris, Berlin und Utrecht.

https://www.researchgate.net/publication/343851605_The_Data_Integration_Challenge_in_Smart_City_Projects

- **The Role of Geospatial Technologies in Building Smarter Cities**

Autoren: Klei, S. van der

In dieser Masterarbeit wird das Konzept der intelligenten Stadt in Bezug auf Geodaten und -technologien überprüft. Dazu soll das ideale intelligente Stadtinformationssystem definiert und mit einem Prototyp eines Geodatenmodells verglichen werden. Außerdem wird ein Überblick über Geodatenanwendungen bei der Entwicklung intelligenter Städte gegeben. Da es sich bei Städten um räumliche Einheiten handelt, können Geografie und Geotechnologien eine wichtige Rolle bei der Umsetzung des Konzepts der intelligenten Stadt spielen (Percivall et al., 2015). Geografische Informationssysteme (GIS) können daher als zentralisierte Informationssysteme dienen, die alle Aspekte der Prozesse in Städten, die „intelligent“ sein wollen, integrieren.

<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/397432>

- **Technologie und Mensch in der Kommune von morgen - Impulspapier zu Normen und Standards SMART CITY**

Herausgeber: DIN e.V., Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin
Shakespeare, so heisst es, fragte einst: „Was ist die Stadt, wenn nicht die Menschen?“. Seit etwa fünf Jahren wird der Begriff „Smart City“ oder auch „Digitale Transformation“ in Deutschland aufgegriffen und diskutiert. Während anfangs häufig die Darstellung der technischen Möglichkeiten im Vordergrund stand, verschiebt sich dieser Schwerpunkt zusehends in Richtung eines bürgerzentrierten Ansatzes im Rahmen einer integrierten Stadtentwicklungspolitik. Technologische Neuerungen sollen zum Wohle

der Allgemeinheit eingesetzt werden und zur Steigerung der Lebensqualität beitragen. Die Menschen stehen wieder im Mittelpunkt der Ideen zur Smart City.

<https://www.din.de/blob/237630/4a7ee615d0ae296706f6a95705f584c1/smart-city-impulspapier-zu-normen-und-standards-data.pdf>

- **Towards a Distributed Digital Twin of the Agricultural Landscape**

Autoren: Mandana Moshrefzadeh, Thomas Machl, David Gackstetter, Andreas Donaubauer, Thomas H. Kolbe

Agrarlandschaften bilden ein komplexes System interagierender und sich verändernder Elemente und Subsysteme. Sie involvieren Akteure aus unterschiedlichen Disziplinen mit jeweils eigenen Ressourcen und Perspektiven. Um ein solch komplexes System zu verstehen und mit ihm zu arbeiten, bedarf es einer umfassenden Beschreibung des gesamten Ökosystems und eines Ansatzes, der ein interoperables und maßstabsübergreifendes Management von verteilten Informationsressourcen ermöglicht. Wir stellen das Konzept des verteilten digitalen Zwillings der Agrarlandschaft vor, das die verteilte Natur von Ressourcen über verschiedene Interessengruppen und Plattformen verbindet und gleichzeitig eine Grundlage für deren Integration bietet.

https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/DLA_2020/537690019.pdf

- **The Kalasatama Digital Twins Project**

Autoren: Enni Airaksinen, Mija Bergström, Hannu heinonen, Kari Kaisla, Kristiina Lahti, Jarmo Suomisto

Das allgemeine Ziel dieses Projekts bestand darin, qualitativ hochwertige digitale Zwillingsstadtmodelle des Kalasatama-Gebiets zu erstellen und die Modelle als offene Daten auszutauschen. Die Modelle dienen als Plattform für Entwurf, Erprobung, Anwendung und Wartung des gesamten Lebenszyklus der gebauten Umgebung. Der Fortschritt des Projekts wurde in fünf Zwischenziele unterteilt. Das allgemeine Ziel der Erstellung der Modelle war das erste. Die gemeinsame Nutzung der 3D-Stadtmodelle als offene Daten war das zweite Ziel des Projekts. Es gibt Hunderte von Anwendungen für Stadtmodelle, aber das Fehlen einer geeigneten Größe und einer detaillierten Entwicklungsplattform stellte einen Engpass bei der Entwicklung dar. Das Ziel des zweiten Meilensteins in diesem Projekt ist es, zur Beseitigung dieses Engpasses beizutragen und die Entwicklung der Plattform mit Hilfe von Open-Source-Werkzeugen zu ermöglichen. Das dritte Ziel konzentrierte sich auf die Zusammenarbeit mit dem Hauptpartner, dem Smart-Kalasatama-Projekts. Die digitalen Zwillinge sind Teil dieses Projekts, das eine Plattform für Innovation und Entwicklung darstellt. Im Rahmen des Projekts wurde auf der 3D-Modellplattform eine Online-Plattform für Aktivitäten in Kalasatama und die Interaktion mit den Bewohnern aufgebaut. Das vierte Ziel bestand darin, die neuesten Möglichkeiten zur Modellierung, Erprobung und Nutzung von 3D-Stadtmodellen auszuprobieren. Insbesondere die Simulationen und Analysen mit CityGML-Modellen befinden sich in einer starken Entwicklungsphase. Dieses Zwischenziel wendet die Grundidee der

digitalen Zwillinge an: „Zuerst digital entwerfen, testen und bauen“. Das fünfte Ziel war die Förderung der Nutzung von digitalen Zwillingen in Stadtprozessen und der Dienstleistungsproduktion. Ein genaues, aktuelles Modell einer bestehenden Stadtstruktur und die Zukunftspläne werden die Entwicklung von Prozessen, Praktiken und Dienstleistungen auf der Grundlage der 3D-Technologie ermöglichen.

https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kaupunginkanslia/Helsinki3D_Kalatatama_Digital_Twins.pdf

- **Smart City Platform Enabling Digital Twin**

Autoren: Timo Ruohomäki, Enni Airaksinen, Petteri Huuska, Outi Kesäniemi, Mikko Martikka, Jarmo Suomisto

Visuelle 3D-Modelle werden in intelligenten Städten auf der ganzen Welt eingesetzt. Während früher die Motivation hauptsächlich darin bestand, die Gebäude zu visualisieren, werden die neuesten Entwicklungen die 3D-Modelle zu einer reichhaltigen Informationsquelle in Bezug auf die Stadtlandschaft und die gebaute Umwelt machen. Die Modelle können verwendet werden, um den Energieverbrauch zwischen ähnlichen Gebäuden zu vergleichen oder um die potenziellen Solarpaneele anzuzeigen, die bei der Montage in einem bestimmten Stadtviertel vorhanden wären. Diese Modelle sind nicht nur für die Verwaltung einer intelligenten Stadt, sondern auch als Plattform für die Mitgestaltung und Entwicklung gemeinsam mit den Bürgern elementar.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8710517>

- **Smart City Platform Interoperability and Vendor Lock-In**

Autoren: Roy Ouwerkerk

Es wird davon ausgegangen, dass die Zahl der Smart City-Projekte weltweit rapide zunehmen wird, wobei diese Projekte eine zunehmende Zahl von städtischen Problemen lindern müssen. Es gibt jedoch keine klaren Standards für diese Smart City-Projekte, und je mehr Projekte abgeschlossen werden, desto größer werden die Unterschiede zwischen den Smart Cities. Gerade die Interoperabilität zwischen den Smart Cities ist jedoch ein Hauptziel vieler Smart City-Initiativen. Diese Masterarbeit arbeitet daher darauf hin, dem Problem der mangelnden architektonischen Interoperabilität zwischen Smart City-Plattformen entgegenzuwirken. Konkret bedeutet dies, dem Problem der Herstellerabhängigkeit entgegenzuwirken, da ein Mangel an Interoperabilität eine Smart City-Plattform dazu zwingen könnte, entweder den Wünschen eines Herstellers zu entsprechen oder einen Teil der Funktionalität der Plattform zusammenbrechen zu sehen.

https://www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/ECFEB/pdf/2018_thesis_Ouwerkerk_Smart_City_Platform_Interoperability_and_Vendor_Lock-in.pdf

- **Entwicklungsstand und Perspektiven von Smart-City- Lösungen**

Autoren: Prof. Dr. Anna Nagl, Dr. Karlheinz Bozem, Prof. Dr. Verena Rath
Wie bereiten sich Kommunen auf die künftigen Herausforderungen einer Smart City vor? Diese Frage ist Prof. Dr. Anna Nagl von der Hochschule Aalen gemeinsam mit dem Geschäftsführer des Zentrums für Digitale Entwicklung (ZDE), Wolfgang Weiß, nachgegangen. Dass dieses Thema kleinere Gemeinden genauso wie Millionenmetropolen bewegt, zeigen die Ergebnisse der bundesweit durchgeführten Online-Umfrage. An den notwendigen Ressourcen für eine umfassende Digitalisierungs- und Smart-City-Strategie fehlt es vielerorts aber noch.

<https://www.digitaleentwicklung.de/wp-content/uploads/2019/10/Prof-Nagl-ZDE-Smart-City-Ergebnisse-Online-Umfrage-1.pdf>

- **Smart City Digital Twins**

Autoren: Neda Mohammadi & John E. Taylor

Angetrieben von den Herausforderungen der raschen Urbanisierung sind die Städte entschlossen, fortschrittliche sozio-technologische Veränderungen umzusetzen und sich in intelligentere Städte zu verwandeln. Der Erfolg einer solchen Transformation hängt jedoch in hohem Maße von einem gründlichen Verständnis der Zustände ab, in denen sich die Stadt im raum-zeitlichen Wandel befindet. Die Fähigkeit, solche Fluktuationen im Kontext und in Bezug auf die Interdependenzen zu verstehen, die zwischen verschiedenen Einheiten in Zeit und Raum bestehen, ist entscheidend, wenn Städte ihr intelligentes Wachstum aufrechterhalten wollen. Hier stellen wir ein „Smart City Digital Twin“-Paradigma vor, das eine bessere Sichtbarkeit der Mensch-Infrastruktur-Technologie-Interaktionen in Städten ermöglichen kann, bei dem raum-zeitliche Fluktuationen der Stadt in eine Analyseplattform an der Echtzeit-Kreuzung von Realitäts-Virtualität integriert werden. Durch das Lernen und den Austausch von raum-zeitlichen Informationen mit der Stadt, ermöglicht durch Virtualisierung und die Konnektivität, die das Internet der Dinge (IoT) bietet, wird dieser digitale Zwilling der Stadt im Laufe der Zeit intelligenter und ist in der Lage, vorausschauende Einblicke in die intelligentere Leistung und das Wachstum der Stadt zu geben.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8285439>

- **IoT Platforms for Cities: A Comparative Survey**

Autoren: Theodoor van der Klaauw

Tausende von Stadtverwaltungen auf der ganzen Welt führen derzeit ihre ersten Projekte für intelligente Städte im Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) durch. Dabei werden Software-Plattformen eingeführt, die dabei helfen, Datenflüsse zu verwalten, die Anwendungsentwicklung zu unterstützen und grundlegende Analysen bereitzustellen. Der Auswahlprozess für IoT-Plattformen ist jedoch eine Herausforderung und von Gemeinde zu Gemeinde unterschiedlich, d.h. wenn es den Auswahlprozess überhaupt gibt, akzeptieren viele Kunden von IoT-Lösungen die vertikal integrierte Software eines bestimmten Anbieters, was die Städte dem Risiko der Anbieterbindung aussetzt. Einige

Stadtverwaltungen ziehen es vor, mit kleineren Anbietern von IoT-Plattformen zusammenzuarbeiten, die eine starke Unterstützung bieten können und flexibel genug erscheinen, um sich besser und schneller an lokale Anforderungen und Ökosysteme anzupassen; andere Städte geben der Skalierbarkeit, der End-to-End-Sicherheit und der Benutzerfreundlichkeit größerer Technologieanbieter den Vorzug. Wie dem auch sei, die meisten öffentlichen und viele private Organisationen betonen die Notwendigkeit eines offenen Ökosystemansatzes.

<https://tasc.world/wp-content/uploads/2019/01/IoT-Platforms-for-Cities-a-Comparative-Survey-January-2019-v1.pdf>

- **The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures**

Autoren: David J. Maguire, Paul A. Longley

Geoportale sind World-Wide-Web-Gateways, die Inhalte und Dienste wie Verzeichnisse, Suchwerkzeuge, Gemeinschaftsinformationen, Support-Ressourcen, Daten und Anwendungen organisieren. Dieses Papier zeichnet das Entstehen von Geoportalen nach und skizziert die Bedeutung der Entwicklungen in Unternehmens-GIS und nationalen Geodateninfrastrukturen (SDIs) unter besonderer Berücksichtigung der Erfahrungen in den USA. Unsere Ziele sind in erster Linie pädagogischer Natur, um die Entwicklung von Geoportalen mit SDI-Initiativen in Beziehung zu setzen und die jüngsten technologischen Durchbrüche zu untersuchen - insbesondere die Entwicklung von Einrichtungen für den direkten Zugriff auf Anwendungsdienste und Metadatensätze sowie die Möglichkeit, Dienste direkt von herkömmlichen Desktop-GIS-Anwendungen aus zu nutzen. Wir diskutieren auch die Beiträge, die Geoportale und SDI zur Vereinfachung des Zugangs zu GI geleistet haben, und ihren Beitrag zur Verbreitung von GI-Konzepten, Datenbanken, Techniken und Modellen. Schließlich wird die Rolle von Geoportalen in der elektronischen Verwaltung (e-Government) betrachtet.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971504000456>

- **The Gemini Principles**

Autoren: Bolton, Alexandra, Butler, Lorraine, Dabson, Ian, Enzer, Mark, Evans, Matthew, Fenemore, Tim, Harradence, Fergus

Bis zu 30 % der jährlichen Ausgaben in der gesamten gebauten Umwelt gehen durch Ineffizienzen im Zusammenhang mit Daten schlechter Qualität verloren. Dies äußert sich in Produktivitätsverlusten aufgrund einer leistungsschwachen wirtschaftlichen und sozialen Infrastruktur. Ein effektives Informationsmanagement ermöglicht bessere Entscheidungen, die zu finanziellen Einsparungen, verbesserter Leistung und verbessertem Service sowie zu besseren Ergebnissen für Wirtschaft und Gesellschaft pro Pfund für das gesamte Leben führen. Um dies zu ermöglichen, ist ein Rahmen für das Informationsmanagement erforderlich. In diesem Papier wird versucht, einen Konsens über grundlegende Definitionen und Leitwerte - die Gemini-Prinzipien - herzustellen und damit zu beginnen,

eine Angleichung des Ansatzes für das Informationsmanagement in der gesamten gebauten Umwelt zu ermöglichen.

<https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/284889>

- **Urbane Datenräume - Möglichkeiten von Datenaustausch und Zusammenarbeit im urbanen Raum**

Autoren: Ina Schieferdecker, Lina Bruns, Silke Cuno, Matthias Flügge, Karsten Isakovic, Jens Klessmann, Philipp Lämmel, Dustin Stadtkewitz, Nikolay Tcholtchev, Christoph Lange, Benedikt T. Imbusch, Leonie Strauß, Alex Vastag, Florian Flocke, Volker Kraft

Kommunen verwalten umfangreiche Datenbestände unterschiedlichster Art. Auch hier nimmt die Menge der Daten permanent zu. Kommunale Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger gehen davon aus, dass deren systematische Nutzung erheblich zur Verbesserung der Arbeits- und Lebensqualität, zu gesteigerten Wachstumschancen – gerade auch für ansässige Unternehmen – und zu mehr Sicherheit und besserer Politikgestaltung führen wird. Das Ziel urbaner Datenräume sind eigene kommunale, datenbasierte Dienste und Angebote. Diese sollen kommunalen Unternehmen, der Verwaltung und Stadtentwicklung wie auch der Wirtschaft und Bürgergesellschaft zur Verfügung stehen. Grundlage dieser Dienste und Angebote ist die gemeinsame Datenbasis im urbanen Datenraum. Dieser bezeichnet einen digitalen Raum, der die für den kommunalen Politik-, Verwaltungs- und Wirtschaftsraum relevanten Daten enthält sowie alle dazugehörigen Informationen (sogenannte Metadaten), um die Daten auffindbar und umgehend nutzbar zu machen.

<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-500021.html>

- **Leitfaden Wirtschaftlichkeit von GIS im kommunalen eGovernment**

Autoren: H. Gotthardt, K. Jaenicke, Prof. H. Krcmar, Prof. M. Schilcher, P. Wolf

eGovernment nimmt in Deutschland derzeit deutlichere Formen an. Zahlreiche Kommunen bieten heute Informationen über ihre Aktivitäten, Möglichkeiten zur Kommunikation und auch Internet-basierte Transaktionen im Rahmen von eGovernments an. Dabei spielt die Integration von GIS in die vorhandene kommunale EDV eine große Rolle, da GIS ein ideales Werkzeug zur Unterstützung zahlreicher kommunaler Verwaltungs-abläufe darstellen und die Erledigung der zahl-reichen kommunalen Aufgaben heute ohne die Unterstützung von Geoinformationssystemen fast nicht mehr denkbar ist. Während der generelle Nutzen des kommunalen GIS-Einsatzes heute nicht mehr in Frage gestellt wird, bleibt allerdings die Frage nach dem wirtschaftlichsten GIS-Einsatz. Diese kann bisher aufgrund fehlender Arbeitshilfen nur unzureichend von Kommunen beantwortet werden. Der Druck, Investitionen in eGovernment-Infrastrukturen - inklusive GIS - zu rechtfertigen wird größer, da der kommunale Finanzspielraum immer enger wird. Das Thema Wirtschaftlichkeit gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung und der Bedarf in den Kommunen nach Unterstützung bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit. Dabei ist die

quantitative Wirtschaftlichkeit - und damit das Verhältnis der in Geldwerten auszudrückenden Kosten und Nutzen - nur ein Teil der Wirtschaftlichkeit. Auch qualitative Nutzenpotenziale wirken sich vorteilhaft aus und müssen im Zuge der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden.

Es sollte beachtet werden, dass der Leitfaden „Wirtschaftlichkeit von GIS im kommunalen eGovernment“ bereits 2008 veröffentlicht worden ist und sich hauptsächlich mit kommunalen Geoinformationssystemen beschäftigt. Einige zeitlose Inhalte des Leitfadens lassen sich jedoch mit Sicherheit auch auf Smart City Projekte übertragen.

https://rundertischgis.de/images/9_documents/downloads/leitfaden_wirtschaftlichkeit_2008_11_12.pdf

Tabelle zur Feststellung der Verfügbarkeit von Daten

Die folgende Tabelle kann verwendet werden, um für benötigte Daten in einem Smarte Städte und Regionen Projekt herauszufinden, welche Bezugsquellen verwendet werden können, und welche Daten noch fehlen.

Bezugsquelle Benötigte Daten				

Tabelle zum Berechnen der SDDI-Readyness

Mithilfe der nachfolgenden Tabelle kann die individuelle SDDI-Readiness einer Kommune oder Region in einem Smarte Städte und Regionen Projekt bewertet werden. Um die SDDI-Readiness zu erfüllen, ist in jedem der Punkte mindestens eine 3 zu erwarten. Mithilfe der Tabelle kann im Anschluss auf individuelle Schwachstellen in der Planung besser eingegangen werden.

Komponente	Beschreibung	Readiness-Bewertung				
		1 Fehlend	2 Im Aufbau	3 Grundlegend Vorhanden	4 Vorhanden und im Ausbau	5 Stark vorhanden
Konkrete Problemstellung	Das zugrundeliegende Problem oder mehrere Use-Cases, die eine Dateninfrastruktur auf Basis des SDDI Konzepts erfordern, sind ausreichend erörtert. Es reicht dabei nicht zu wissen was insgesamt getan werden muss, sondern es müssen konkrete Probleme und Fragestellungen vorliegen. Die geplanten Maßnahmen sind hierbei bereits durchgesprochen und schriftlich gesammelt.					
Use Cases	Beispiele und konkrete Ideen sind gesammelt und besprochen. Die Anwendungsgebiete sind bekannt, und auch andere Problemstellungen aus ähnlichen Situationen wurden bereits betrachtet. Der Nutzen der aus der geplanten Umsetzung gezogen wird ist ersichtlich und der Allgemeinheit dienlich.					
Geforderte Ergebnisse	Die Ergebnisse und Veränderungen, die sich durch die Umsetzung der SDDI Methode ergeben werden, sind bekannt und klar definiert. Die Erwartungen der einzelnen Akteure und die geplante Umsetzungsstrategie sind miteinander abgestimmt sodass die Ziele bereits im Vorfeld feststehen.					
Liste und Rollen der Akteure	Sämtliche für das Projekt benötigten und involvierten Personen, Institutionen und Dienstleister sind bekannt und wurden bereits in ersten Gesprächen in das Projekt einbezogen. Jeder der Akteure ist darüber informiert welche Maßnahmen geplant sind. Für jede benötigte Rolle im Projekt muss auch mindestens ein zugehöriger Akteur, sei es eine Person oder ein Dienstleister, gefunden sein.					
Vorbereitung der Implementierung	Damit die Use Cases im Hinblick auf ihre Komplexität bewertet, und ferner die Machbarkeit und der finanzielle Aufwand geschätzt werden können, müssen zur Vorbereitung der Implementierung Personen mit Expertenwissen zur Verfügung stehen, oder gegebenenfalls ein externer Dienstleister beauftragt werden.					
Finanzierungsstrategie	Um die für die Umsetzung des Projekts erforderliche Mittel zur Verfügung zu haben, ist es wichtig eine konkrete Finanzierungsstrategie zu entwickeln. Die Strategie sollte auch zukünftige Projektentwicklungen beinhalten und neben Eigenleistungen der Stakeholder auch geplante Einnahmen und Fördermittel umfassen.					
Projektleiter für das Projekt	Für die Gesamtleitung des Projekts sollte eine Person gefunden sein, die die Koordination und den Ablauf managt. Diese Person benötigt ein allumfassendes Verständnis für die jeweilige Situation sollte allen Akteuren möglichst bekannt sein und ihnen neutral gegenüberstehen. Ohne eine treibende Kraft kommt es oft zu Stagnation bei der weiteren Entwicklung.					

Quellenverzeichnis

- Airaksinen, E., Bergström, M., Heinonen, H., Kaisla, K., Lahti, K., & Suomisto, J. (2019). *The Kalasatama Digital Twins Project*. https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kaupunginkanslia/Helsinki3D_Kalasatama_Digital_Twins.pdf: Umweltministerium Helsinki.
- Angermaier, B., Bräuer, R., Falley, N., Fulger, D., Giern, S., Illigmann, K., . . . Wilhelm, D. (2017). *Technologie und Mensch in der Kommune von morgen - Impulspapier zu Normen und Standards SMART CITY*. <https://www.din.de/blob/237630/4a7ee615d0ae296706f6a95705f584c1/smart-city-impulspapier-zu-normen-und-standards-data.pdf>: DIN e.V., Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.
- Bolton, A., Butler, L., Dabson, I., Enzer, M., Evans, M., Fenemore, T., & Harradence, F. (2018). *The Gemini Principles*. <https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/284889>: Univerity of Cambridge.
- Climate-KIC. (22. Okt 2020). *Smart Sustainable Districts*. Von <https://www.climate-kic.org/areas-of-focus/urban-transitions-2/our-initiatives/smart-sustainable-districts/> abgerufen
- Dr. Grobe , A., & Rissanen, M. (2017). *Smart City Charta - Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten*. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/bauen/wohnen/smart-city-charta-kurzfassung-de-und-en.pdf?__blob=publicationFile&v=4: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.
- Gorynski, B., & Mikolajczyk, P. (2019). *Smart City / Smart Region: Handlungsleitfaden für Praktiker*innen*. <https://hub.beesmart.city/de/handlungsleitfaden-smart-city-smart-region>: bee smart city GmbH.
- Gotthardt, H., Jaenicke, K., Krcmar, H., Schilcher, M., & Wolf, P. (2006). *Leitfaden Wirtschaftlichkeit von GIS im kommunalen eGovernment*. https://rundertischgis.de/images/9_documents/downloads/leitfaden_wirtschaftlichkeit_2008_11_12.pdf: Runder Tisch Geoinformationssysteme e.V.
- Klaauw, T. (2019). *IoT Platforms for Cities: A Comparative Survey*. <https://tasc.world/wp-content/uploads/2019/01/IoT-Platforms-for-Cities-a-Comparative-Survey-January-2019-v1.pdf>: TASC.
- Klei, S. (2019). *The Role of Geospatial Technologies in Building Smarter Cities*. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/397432>: Utrecht University.
- Kolbe, T., Moshrefzadeh, M., Chaturvedi, K., & Donaubaue, A. (2020). *The Data Integration Challenge in Smart City Projects*. https://www.researchgate.net/publication/343851605_The_Data_Integration_Challenge_in_Smart_City_Projects: ResearchGate.
- Maguire, D., & Longley, P. (2005). *The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971504000456>: Elsevir.
- Mohammadi, N., & Taylor, J. (2017). *Smart city digital twins*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8285439>: Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

- Moshrefzadeh, M., Chaturvedi, K., Hijazi, I., Donaubaue, A., & Kolbe, T. (2017). - *Integrating and Managing the Information for Smart Sustainable Districts - The Smart District Data Infrastructure (SDDI)*. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1350813/>: Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Moshrefzadeh, M., Machl, T., Gackstetter, D., Donaubaue, A., & Kolbe, T. (2020). *Towards a Distributed Digital Twin of the Agricultural Landscape*. https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/DLA_2020/537690019.pdf: GisPoint.
- Nagl, A., Bozem, K., & Rath, V. (2019). *Entwicklungsstand und Perspektiven von Smart-City- Lösungen*. <https://www.digitaleentwicklung.de/wp-content/uploads/2019/10/Prof-Nagl-ZDE-Smart-City-Ergebnisse-Online-Umfrage-1.pdf>: Utrecht University.
- Ouwerkerk, R. (2018). *Smart City Platform Interoperability and Vendor Lock-In*. https://www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/ECFEB/pdf/2018_thesis_Ouwerkerk_Smart_City_Platform_Interoperability_and_Vendor_Lock-in.pdf: Rotterdam School of Management, Burgemeester Oudlaan 50, 3062 PA, Rotterdam.
- Percivall, G., Rösndorf, C., Linag, S., & Mckenzie, D. (2015). OGC Smart Spatial Information Framework. *Open Geospatial Consortium*, S. 14-115.
- Ruohomäki, T., Airaksinen, E., Huuska, P., Kesäniemi, O., Martikka, M., & Suomisto, J. (2018). *Smart City Platform Enabling Digital Twin*. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/ieeeshutpages/xplore/xplore-ie-notice.html?>: Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).
- Schieferdecker, I., Bruns, L., Cuno, S., Flügge, M., Isakovic, K., Klessmann, J., . . . Kraft, V. (2018). *Urbane Datenräume - Möglichkeiten von Datenaustausch und Zusammenarbeit im urbanen Raum*. <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-500021.html>: Fraunhofer.
- Steincke, W. (2020). *SDDI-Modellregionen in Bayern - Aufbau von geobasierten Digitalen Zwillingen*. https://zdb.netz.bayern/net_home/Files?fileId=303354: Zentrum Digitalisierung.Bayern.
-