

# Anforderungsanalyse zur Integration von raumzeitlichen Daten in 4D-Geodateninfrastrukturen (4D-SDIs)

## *Requirements Analysis to Integrate Spatio-temporal Data in 4D Spatial Data Infrastructures (4D-SDIs)*

Manfred Mittlböck<sup>1</sup>, Bernhard Vockner<sup>1</sup>, Laura Knoth<sup>1</sup>, Caroline Atzl<sup>1</sup>, Stefan Jaquemar<sup>2</sup>, Clemens Naderer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RSA iSPACE · manfred.mittlboeck@researchstudio.at

<sup>2</sup>SynerGIS GmbH

**Zusammenfassung:** Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war die Durchführung einer Anforderungsanalyse für die (harmonisierte) Integration von 3D räumlichen und 4D (raumzeitlichen) Datenbeständen und verorteten Messdatenströmen, um Geodateninfrastrukturen (4D-SDIs) in Österreich Richtung 4D zu erweitern. Hierzu wurde auch eine Expertenbefragung durchgeführt, deren Resultate in diesem Beitrag vorgestellt werden. Diese dienen als Basis für eine künftige, abgestimmte Vorgehensweise, um neu raumzeitlich hoch aufgelöste Geodaten für die vielfältigen zukünftigen Aufgaben und Anforderungen der Digitalisierung in Geodateninfrastrukturen mit aufzunehmen.

**Schlüsselwörter:** Geodateninfrastrukturen, raumzeitliche Daten, GDI

**Abstract:** *The goal of this article is a requirements analysis for the integration of spatio-temporal data for 4D spatial data infrastructures (4D-SDIs) in Austria. As a first step, we carried out a survey with experts. The results are presented in this paper. Based on the results, we will prepare a technically standardized and semantically harmonized concept for spatial and temporal high-resolution infrastructure data for future tasks and requirements of digitization.*

**Keywords:** *Spatial Data Infrastructures, spatio-temporal data, SDI*

## 1 Ausgangslage

Datenbestände für den Außen- und Innenbereich liegen derzeit in vielen Fällen dezentralisiert, in unterschiedlichen Formaten und Standards und nur selten anhand der anwendungsneutralen Gliederungsebenen Zeit und Raum strukturiert vor. Für den Bereich des Umweltmanagements wurden daher in den letzten Jahren, basierend auf den österr. Geodateninfrastrukturgesetzen und den INSPIRE-Durchführungsbestimmungen mit den dazugehörigen Normen und Standards enorme Anstrengungen unternommen, um die für das Umweltmanagement notwendigen Datenbestände europaweit auf Basis der INSPIRE-Directive<sup>1</sup> (EU 2007) inhaltlich zu harmonisieren und deren Austausch technisch zu standardisieren. Der INSPIRE State-of-Play Analysis Report (Umweltbundesamt, 2016) weist für das Jahr 2015 in Österreich 700 Geodatensätze in 2D und 200 Datendienste aus und zeigt auf, dass die Bestrebungen zum Aufbau einer übergreifenden Geodateninfrastruktur erfolgreich sind. Von

---

<sup>1</sup> <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj>

diesen harmonisierten Datenbeständen gibt es mit Stand 2016<sup>2</sup> über den 2D-Gebäudegrundriss hinaus ausschließlich 2.5D Gebäudebestandsdaten der Länder Wien und Tirol, die auch eine visuell ansprechende Auswertung und Kommunikation in 3D erlauben. Dabei bietet nur der Bestandsdatensatz von Wien auch eine (Block-)Höheninformation als Attributwert (Level of Detail 1) an. Eine komplexere Darstellung von Gebäuden in 3D (Level of Detail 2) ist in nicht-standardisierter Form nur von der Stadt Linz über das Open-Data-Portal Austria<sup>3</sup> in einfacher Form zugänglich, bietet jedoch keine Information über Innenraumbereiche. Im Bereich der raumzeitlich dynamischen Darstellung (4D) z. B. von Messdaten werden aktuell nur Luftgüteinformationen<sup>4</sup> in inhaltlich abgestimmter und standardisierter Form durch das österr. Umweltbundesamt bereitgestellt. Zusätzliche, räumlich-zeitlich hochauflösende Datenbestände sind z. B. auch über das OGD Portal<sup>5</sup> verfügbar, jedoch sind diese Datenbestände inhaltlich und technisch nicht aufeinander abgestimmt.

Wissenschaftliche Herausforderung und Innovation der neu zu konzipierenden 4D-SDIs ist es daher, räumlich und zeitlich hochauflösende Datenbestände so aufzubereiten und gegebenenfalls mit den Kontexten (3D-)Raum und Zeit zu erweitern, dass diese in dynamischen 4D-Geodateninfrastrukturen (GDIs)/Spatial Data Infrastructures (SDIs) vorgehalten und damit domänenübergreifend in unterschiedlichen Systemen und Anwendungen verwertet werden können, um die komplexen räumlichen und funktionalen Beziehungen mithilfe von 3D-Karten sowie 4D-Dashboardvisualisierungen besser verstehen und kommunizieren zu können (Thill et al., 2011). Während aktuelle BIM- und CAD-Lösungen<sup>6</sup> auf lokale Strukturen (Bauplätze/Sites) begrenzt sind, können mit einer detailreichen, realistischen Darstellung von Innen- und Außenbereichen mehrere Sites kombiniert und im geographischen Raum analysiert werden.

## 2 Ziele

Unsere Forschungsarbeit zielt auf den Aufbau und die nachhaltige Führung von neuen räumlich und zeitlich hochauflösenden 4D-Geodateninfrastrukturen (4D-SDIs) ab. Im Fokus steht dabei die Konzeption neuer Ansätze der interoperablen Organisation, der Analyse und Kommunikation von 4D-Geodaten und raumzeitlich verorteten Datenströmen. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Anforderungsanalyse an 4D-SDIs basierend auf einer Expertenbefragung in Österreich durchgeführt, deren Ergebnisse in diesem Artikel vorgestellt werden. In einem weiteren Schritt wird basierend auf diesen Ergebnissen der Expertenbefragung ein Konzept erstellt sowie eine prototypische Infrastruktur aufgebaut werden, in der exemplarisch ausgewählte Geodatenbestände hinsichtlich Datenintegration, Organisation, Analyse und Ergebniskommunikation vergleichend bewertet werden.

---

<sup>2</sup> [http://www.inspire.gv.at/dam/jcr:a4d52078-7728-4c66-b8f3-e1b7f0d4f008/INSPIRE\\_MR\\_indicators\\_Austria\\_2017.xls](http://www.inspire.gv.at/dam/jcr:a4d52078-7728-4c66-b8f3-e1b7f0d4f008/INSPIRE_MR_indicators_Austria_2017.xls)

<sup>3</sup> <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/5f4440ca-90b7-4875-a0e4-bce7f8abb13e>  
(Online: 2017-08-28)

<sup>4</sup> <http://luft.umweltbundesamt.at/inspire/sos?service=SOS&request=getCapabilities>  
(Online 2017-08-28)

<sup>5</sup> <http://data.gv.at>

<sup>6</sup> Z. B. <http://ifcwebserver.org>

## 3 Erhebung der Anforderungen von 4D-SDIs

### 3.1 Expertenbefragung

Zur Erhebung der Anforderungen an 4D-SDIs wurden im deutschsprachigen Raum im Zeitraum von Juli 2018 bis Oktober 2018 Befragungen mit einem strukturierten Fragebogen durchgeführt. Dieser Fragebogen umfasste 37 Fragen unterteilt in die Kategorien „Zielgruppen für 4D-SDIs“, „Anforderungen an die Aufnahme von 3D/4D-Daten“, „Technische Anforderungen an 3D-/4D-SDIs“ und „Verwaltung von Inhalten, Anforderungen an die Analyse, Bereitstellung und Kommunikation von 4D-SDI Inhalten“. Großteils wurden für den Fragebogen quantitative Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten verwendet. Bei einigen Fragen gab es die Möglichkeit zusätzlich noch offene Anmerkungen einzutragen. Die Beantwortung der Fragen dauerte zwischen 5-10 Minuten. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten ihr Expertenwissen online mithilfe des Tools Survey123 von Esri in die Anforderungsanalyse von 4D-SDIs einbringen. Insgesamt wurden 47 Experten zum Thema des Aufbaus und Betriebs von 4D-SDIs befragt.

### 3.2 Ergebnisse

Von den 47 befragten Experten organisieren 70 % hauptsächlich regionale Daten, 35 % der Experten organisieren außerdem lokale Daten und 35 % nationale Daten. Ganz selten werden EU-weite oder sogar globale Daten organisiert. In ihrem Unternehmen bzw. ihrer Einrichtung sehen ungefähr drei Viertel der befragten Experten den Bedarf der Organisation von 3D-Daten in einer GDI, lediglich ein Viertel sieht hier keinen Bedarf. Der zukünftige Bedarf der Organisation von 3D-Daten in einer GDI besteht bei mehr als 90 % der Befragten.

Gebäudeinnenbereichsdaten, welche von der Datenkomplexität einen Großteil der 3D-Daten ausmachen, spielen derzeit nur bei ca. 30 % der befragten Organisationen eine Rolle. Jedoch glauben 40 %, dass diese Daten in Zukunft benötigt werden, auch wenn 30 % angeben, dass ihrerseits aktuell kein Bedarf besteht.

Die befragten Organisationen brauchen zur Erfüllung ihrer Aufgaben in mehr als 50 % der Fälle Regionalmodelle (LoD0), Gebäudeblöcke (LoD1), sowie 3D-Außenhüllen mit Dachstrukturen und einfachen Texturen (LoD2). Nur 13 % der Organisationen benötigen 3D-Architekturmodelle (LoD3). Gleichzeitig benötigt jedoch ca. ein Viertel der Organisationen Innenraummodelle mit Etagen, Innenräumen und Texturen.

Insgesamt glauben 23 Experten (ca. 50 %), dass sie in Zukunft höhere Detaillierungsgrade bzw. (zusätzliche) 3D-Informationen benötigen werden. Dies vor allem für 3D-Analysen (Lärmkarten, Schadstoffausbreitung) und Simulationen (Sonnenschein, Hochwasser, Rutschungen oder auch Sichtbarkeiten von Windrädern). Zusätzlich werden 3D-Daten in Zukunft für die Planung als wichtig empfunden, z. B. zur Raumplanung oder Stadtteilplanung, für neue Bauprojekte, aber auch zur Landschaftsbildbewertung und zur Visualisierung von Planungsvorhaben. Auch zur Instandhaltung werden 3D-Daten in Zukunft benötigt. Weiterhin als wichtig angesehen werden 3D-Tracking und -Routing, First-Response-Szenarien für die Evakuierung oder Einsatzkräfte, Untergrundinformationen (z. B. Geologie, Leitungen), sowie Gebäudeinformationen und BIM aus der Architektur-Konstruktionsdomäne. Zusätzlich wurden als mögliche Szenarien auch die „Entscheidungsfindung in der Fertigung“, die „Darstellung von Gelände“, aber auch Smart Cities, Real-Time-Tasks und Kataster genannt.

Inhalte, die derzeit schon in 3D dargestellt, verwaltet, organisiert und verwertet werden sind vor allem Gebäude und das Gelände (Höhenmodell, zum Teil auch mit thematischen Informationen wie der Landbedeckung). Gebäude werden zum Teil auch bereits mit den Innenräumen und Objekten, welche sich innerhalb dieser Räume befinden, verwendet. Als Objekte werden vor allem Maschinen und Produkte bzw. deren Bewegungen (Tracking/Navigation) dargestellt. Klassische 3D-Objekte wie Tunnel und Überbauten werden auch bereits in 3D organisiert. Ein Experte verwendet derzeit bereits Simulationsergebnisse von Lärmuntersuchungen und -ausbreitungen sowie Hochwassersimulationsergebnisse in 3D. Auch Neubauten und (Frei-)Leitungen werden bereits in 3D organisiert. Nischendaten in 3D sind auch Paragleiter- und Wandererdaten in 3D, Bäume, sowie Notausgänge und Treppen.

Gebäudedaten werden von den Experten bereits verwendet. Gleichzeitig wird jedoch der Import von BIM in ein GIS zur dortigen Weiterverarbeitung von fast 45 % der befragten Experten als „weniger wichtig“ wahrgenommen. Knapp ein weiteres Viertel gibt an, einen solchen Import sogar „unwichtig“ zu finden. Ein Drittel findet diesen Import „wichtig“ oder „sehr wichtig“. Hingegen finden fast zwei Drittel den Import von CAD „sehr wichtig“ oder „wichtig“. Ein Viertel findet den CAD-Import „weniger wichtig“ und nur 13 % findet CAD-Importe „unwichtig“. Ein Import aus anderen GIS-Formaten ist für fast 60 % der Experten „wichtig“, für ca. 30 % ist dies „weniger wichtig“. Für weitere 13 % wird ein Import aus anderen GIS-Formaten als „unwichtig“ angesehen.

Die Neuerfassung von Gebäudedaten in GIS (notwendig, sofern keine bestehenden Daten aus anderen Fachdomänen existieren) ist für etwa ein Drittel der 47 Befragten „sehr wichtig“. Weitere 30 % meinen, dass diese für sie zumindest „wichtig“ ist. Ein Viertel findet das eher unwichtig. Für eine solche Neuerfassung werden derzeit von 70 % der Nutzer vor allem Produkte aus der Esri-Produktpalette verwendet. 40 % nutzen hierzu die Autodesk-Familie. Weitere 30 % gaben an, andere Produkte zur 3D-Aufnahme bzw. Neuerfassung zu verwenden. An anderen Produkten werden vor allem der Global Mapper, aber auch GPS-Tracker, BricsCad und Opals verwendet, aber auch eine Eigenentwicklung.

Innerhalb der letzten zwei Jahre haben insgesamt zwei Drittel der Experten in ihrer Organisation einen verstärkten Bedarf bzw. Trend zu 3D feststellen können. Die Zeit als weitere Dimension wird von ca. 60 % der Experten als „wichtig“ oder sogar „sehr wichtig“ für ihre Organisation gesehen. Nur 5 % finden die Berücksichtigung der Zeitdimension „unwichtig“. Knapp über 40 % der Experten haben konkreten Bedarf für Strategien zur Organisation von Daten mit Zeitrelevanz. Bei etwas über der Hälfte der Experten spielt die Bereitstellung von 3D-Daten als Dienst eine Rolle.

Auf der Nutzungsseite sehen mehr als 50 % der Experten einen Bedarf an speziellen 3D-/4D-Analysen. Bisher wurden an Analysen vor allem Sichtbarkeitsanalysen und Ausbreitungsmodelle (vor allem von Lärm) durchgeführt. Zudem sind auch Schattenanalysen wie Solarkataster, Ver-/Abschattungen und Blendwirkungen bereits durchgeführt worden. Weiterhin für 3D-Analysen bieten sich zudem auch Abstandsanalysen, Fluganalysen und Unfallanalysen an, welche auch bereits in Verwendung sind. Weitere Anwendungen, die bisher durchgeführt werden, sind auch „Top Speed“ und „Travel Mode Detection“, Bewegungen von Produktionsgütern, Geländeprofile, Abtrag/Auftrag, Abflussberechnungen, Naturgefahren und Kubaturen.

Zukünftig möchten die Experten zusätzlich folgende Analysen durchführen:

- **Sichtbarkeit/Sonnenstand:** Sichtbarkeit, Zeitliche Änderungen (Tages-/Wochenzeitabhängig)
- **Gebäude:** Fluchtwege/Evakuierung, Bauvolumen/Kubaturen, Navigation, Anzeige nicht sichtbarer Objekte (z. B. Leitungen in der Wand) und Anzeige von Attributen (Augmented Reality), Fassaden, Differenzen zwischen Traufen/Firsten und Terrain
- **Industrie/Produktion:** Supply Chain Monitoring, Mengen je Raum
- **Sonstiges:** Schadensdetektion, Abstandsanalysen, Querprofile von Weganlagen

Knapp 50 % der befragten Experten der Organisationen gaben an, dass für ihre Organisation die Visualisierung/Kommunikation von 3D-/4D-Inhalten über den Webbrowser „sehr wichtig“ (20 %) oder „wichtig“ (32 %) ist. Für 15 % ist dieses Thema „unwichtig“ und spielt keine Rolle.

Auch neue Technologien werden von vielen Experten als notwendig betrachtet: Knapp unter 50 % sehen die Steigerung der Notwendigkeit von Geo-AR- bzw. Geo-VR-Kommunikationsstrategien. Gleichzeitig sehen 60 % der Experten einen Bedarf von Dashboards zur Darstellung von Zeitdaten, 40 % sehen hierfür keine Notwendigkeit.

Weitere Anforderungen an die Organisation von 3D-/4D-Daten sehen die Experten vor allem in der Performance und Verfügbarkeit während „Peak hours“ (Hauptverkehrszeiten), Qualitätsdokumentation und Aviation-Zertifizierungsprozessen, aber auch die Verschneidung mit weiteren Daten, der Editierung der Zeitkomponente, der Einsatzplanung und -abwicklung, aber auch AR im Leitungskataster, Sichtbarkeitsanalysen und der Abbildung von Innenräumen.

## 4 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Die Befragung zeigt, dass aktuell für ca. 75 % der Experten der Bedarf der Organisation von 3D-Daten in GDIs besteht und zukünftig wird dieser Bedarf sogar bei mehr als 90 % liegen. Dadurch zeigt sich für uns, dass es einen klaren Trend für die Konzeptionierung und Prototypisierung von Geodateninfrastrukturen mit 3D-Inhalten gibt. Zudem haben zwei Drittel der Experten in den letzten beiden Jahren einen steigenden Trend in Richtung 3D festgestellt. Ergänzt man hierzu noch die Zeitkomponente als weitere Dimension (zur Formung einer 4D-SDI), die von 60 % der Befragten als sehr wichtig bzw. wichtig angesehen wird, sowie die verstärkte Notwendigkeit an Methoden zur Organisation von Gebäudeinnenraumdaten, 3D-Analysetechniken, 3D-Simulationen und Visualisierungen, so zeigt sich die Notwendigkeit einer 4D-SDI noch deutlicher.

Aktuell handelt es sich bei den bereits in 3D dargestellten Inhalten hauptsächlich um Gebäude- und Geländedaten (DGM, DOM). Die Darstellung von Gebäudeinnenbereichen spielt derzeit allerdings nur bei etwa 30 % der Experten eine Rolle, wobei hier zukünftig ein steigender Bedarf an Innenraumdaten sowie generell an höheren Detaillierungsgraden gesehen wird. Als Grundlagen für Gebäude in GIS werden von den Befragten großteils Überführungen von CAD nach GIS genannt, während eine Importfunktion aus BIM derzeit noch nicht im Fokus steht. Wir erwarten trotzdem zukünftig einen Anstieg des Bedarfs an BIM in GIS-Systemen, obgleich dieser zeitlich nach hinten rücken wird. Zudem spielen Neuerfassungen in GIS eine große Rolle. Zudem besteht bei mindestens der Hälfte der Befragten die Notwen-

digkeit neuer Kommunikationsstrategien für räumliche 3D-/4D-Daten in AR-/VR-Systemen oder in Dashboards.

In einem nächsten Schritt wird, aufbauend auf diesen Ergebnissen, ein Konzept für 4D-Geoinfrastrukturen (4D-SDI) erstellt werden. Dieses Konzept wird die erhobenen Anforderungen bestmöglich berücksichtigen und unser Ansatz wird abschließend in einer prototypischen Infrastruktur validiert werden. Hierzu wird u. a. basemap.at genutzt, um die derzeit bestehenden Inhalte dieser Plattform um 3D- und 4D-Inhalte anzureichern.

## 5 Fazit

Die Ergebnisse der Expertenbefragung zeigen einen mittleren bis hohen Bedarf an Geodateninfrastrukturen für die Organisation mehrdimensionaler Daten. Dieser Bedarf wird laut Experteneinschätzung über die nächsten Jahre weiter ansteigen. Insbesondere werden in Zukunft im deutschsprachigen Raum detailliertere Innenrauminformationen (auch als Import von CAD in GIS) benötigt, sowie 3D-Analysetechniken für Lärmkarten, Schadstoffausbreitungen, Sichtbarkeitsanalysen, Solaranalysen, Planungsaufgaben und Facility Management. Zur Visualisierung werden vorrangig Kartendashboards sowie andere Webbrowsersvisualisierungen als zukünftig notwendig angesehen. Diese Anforderungen gilt es für die Entwicklung einer 4D-SDI zu berücksichtigen. Im Zuge unserer Forschungsarbeit wird deshalb aufbauend auf den im Rahmen der Expertenbefragung gewonnenen Erkenntnisse ein Konzept für 4D-SDIs erstellt und mithilfe einer prototypischen Plattform validiert. Zusätzlich zu den Anforderungen der Experten spielt die Standardisierung sowie die Erweiterbarkeit einer 4D-SDI eine wesentliche Rolle, um eine langfristige und nachhaltige Lösung zu entwickeln.

## Literatur

Thill, J.-C., Dao, D., & Zhou, Y. (2011). Traveling in the three-dimensional city: Applications in route planning, accessibility assessment, location analysis and beyond. *Journal of Transport Geography – J TRANSP GEOGR*, 19, 405–421. 10.1016/j.jtrangeo.2010.11.007.