



Methoden der Digitalisierung bei Altlastensanierungs- und Flächenrecyclingprojekten

Geosoftware, 3D-Visualisierung und BIM

ITVA-Arbeitshilfe AK DigAL3DBIM - 01

Stand 31.07.2024



Impressum

Herausgeber

Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA)
Leipziger Platz 9
D-10117 Berlin
Tel.: 030 / 48 63 82 80
Fax: 030 / 48 63 82 82
E-Mail: info@itv-altlasten.de
Internet: www.itv-altlasten.de

Autoren/Autorinnen

A. Göthner, H. Kaiser, I. Metzner, I. Prinz, S. Weigand,

Bildnachweise

Die Bildnachweise sind bei den jeweiligen Abbildungen angegeben.

Endredaktion, Layout

Elke Kadgien, ITVA e.V.

Stand

31.07.2024

© 2024 Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e. V. (ITVA) • Berlin
Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich urheberrechtlich zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Herausgebers. Dies betrifft insbesondere Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie Übersetzungen.
Haftungsausschluss: Diese Arbeitshilfe entbindet in keinem Fall von der Verpflichtung zur Beachtung der gesetzlichen Vorschriften. Sie wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen die Verfasser und der ITVA e.V. keine Gewähr und Haftung für die Richtigkeit, Zuverlässigkeit, Vollständigkeit, Qualität und Aktualität der bereitgestellten Informationen, Angaben, Hinweise und Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können deswegen keine Ansprüche, weder gegen die Verfasser noch gegen den ITVA e.V. geltend gemacht werden.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Digitalisierung	7
1.2 ITVA-Arbeitskreis (Initialisierung)	7
1.3 Ziele der Arbeitshilfe	8
1.4 Umbruch im Planungsprozess	8
2 Digitale Datenerfassung	9
3 Geodatenmanagement in der Altlastenbearbeitung	13
3.1 Geosoftware und Geodatenmanagement	13
3.2 Möglichkeiten der 3D-Visualisierung	14
3.2.1 3D-Geologische Modelle	14
3.2.2 3D-Grundwassermodelle	15
3.2.3 3D-Visualisierung von Schadstoffkonzentrationen	15
3.2.4 3D-Visualisierung von Bohrdaten	15
3.2.5 3D-Sanierungsmodelle	15
3.3 WMS Dienste	15
4 Building Information Modeling (BIM)	17
4.1 Definition(en) von BIM	17
4.2 BIM-Spezifische Begriffe	18
4.3 Rollen und Verantwortlichkeiten	19
4.4 Notwendige BIM-Dokumente	19
4.5 BIM-Workflow	20
4.5.1 BIM-Aufträge im Rahmen der HOAI	21
4.5.2 Anwendungsfälle	21
4.6 Vergleich von „klassischem“ BIM und BIM in der Altlastenbearbeitung	22
4.6.1 Anwendungsfälle im Bereich der Altlastenbearbeitung	24
4.7 Hinweise zum Arbeiten mit BIM im Altlastenbereich	25
5 CAD-GIS-BIM Interoperabilität	26
5.1 Abgrenzungen	26
5.2 Schnittstellen	27
5.2.1 Charakterisierung der aktuell zu Verfügung stehenden Schnittstellen zum verlustfreien Datenaustausch	27
5.3 Nutzung von proprietären Formaten	28
5.4 Nutzung offener Formate	28
5.5 Zusammenbringung der Daten in einer CDE	29
5.5.1 Grundlegendes Modellierungsparadigma	29



5.5.3	Detaillierungsgrad	30
5.5.4	Geometrirepräsentation	30
5.5.5	Georeferenzierung	30
5.5.6	Standardisierung	30
6	Fazit und Ausblick	32
7	Literaturverzeichnis	33



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwendung eines Tablets auf einer Baustelle. ©CDM Smith, 2023	10
Abbildung 2: Drohne im Einsatz, die mit einer Kamera ausgestattet ist. ©CDM Smith, 2023	11
Abbildung 3: Bildhafte Darstellung der globalen Übertragung von Satellitendaten. © CDM Smith, 2023.....	12
Abbildung 4: Schematische Darstellung des BIM-Spezifischen Workflows. Eigene Darstellung des ITVA-Arbeitskreises DigAL3DBIM, 2023.	20
Abbildung 5: Schematische Darstellung des BIM-Spezifischen Workflows. Eigene Darstellung des ITVA-Arbeitskreises DigAL3DBIM, 2023.	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungsfällen (AwF) gemäß [24].....	22
---	----

Abkürzungsverzeichnis

AEC: Architecture Engineering Construction	27	GIS: 3D-Geoinformations- und Modellierungswerkzeuge	7, 9, 13, 16, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34
AIA: Auftraggeber Informationsanforderungen	18, 19	GML: Geography Markup Language	27, 28, 29
AK: Arbeitskreis	1, 7	HOAI: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure	21
AVA: Ausschreibung Vergabe Rechnung	28	IAI: Internationale Allianz für Interoperabilität.....	17
AwF: Anwendungsfall	22, 24	IFC: Industry Foundation Classes.....	25, 27, 28, 30
BAP: BIM-Abwicklungsplan.....	18, 19	IoT: Internet of Things	7
BCF: BIM Collaboration Format	28	ITVA: Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e. V	1, 2, 7, 8, 20, 21, 22
BIM: Building Information Modelling	1, 7, 8, 9, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34	KI: Künstliche Intelligenz.....	7
BMVI: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	21	LOD: Level of Development.....	18, 25, 30
BSI: British Standard Institution.....	29	LOG: Level of Geometry.....	18, 25
BVB: Besondere Vertragsbedingungen .	21	LOI: Level of Information	18, 25
CAD: Computer Aided Design ..	23, 26, 27, 28	OGC: Open Geospatial Consortium	16, 29, 30
CDE: Common Data Environment..	18, 23, 27, 29	PCS: Project Coordinate System.....	30
CRS: Coordinate Reference System.....	30	STLB: Standardleistungsbuch	28
dwg: "from drawing" CAD-Format	25	WMS: Web Map Services.....	15
dxf: Drawing Interchange File Format	25	xml: Extensible Markup Language	25
FM: Facility Management.....	27		
GDI: Geodateninfrastruktur	16		

1 Einleitung

1.1 Digitalisierung

Alles womit wir uns derzeit umgeben, war einst eine Neuerung. Unsere heutigen Produkte, Verfahren und Institutionen sind die Ideen von gestern. Die Frequenz und Tiefe von Innovationen variiert je nach Branche oder Geschäftsfeld sehr stark. Auf Dauer kann sich jedoch kein Unternehmen der Notwendigkeit der Digitalisierung entziehen. Im weiteren Sinne bedeutet Digitalisierung die Integration von digitalen Technologien in alle Aspekte des täglichen Lebens und der Geschäftswelt, was eine tiefgreifende Veränderung der Art und Weise bedeutet, wie wir kommunizieren, arbeiten und leben.

Die Folgen dieses Wandels sind zunehmend spürbar. Im Alltag sind autonom-fahrende Autos, Sprachassistenten und das Smart Home angekommen, in der Wirtschaft sind Big Data, Internet of Things (IoT) und künstliche Intelligenz (KI) Stand der Dinge. Diese Entwicklungen lässt den Bereich der Altlastenbearbeitung und Flächenrecycling nicht unberührt. Verschiedene 3D-Geoinformations- und Modellierungswerkzeuge (GIS), objektorientierte Planungswerkzeuge für Bauwerke und die Building Information Modeling (BIM) Methode, ausgeklügelte Datenbanklösungen für die Verwaltung von Umweltdaten sowie 3D-Visualisierungen halten zunehmend Einzug in unseren Arbeitsalltag. Auf Grund dessen gewinnt der geübte Umgang damit zunehmend an Bedeutung.

Die Digitalisierung geht neben den vielfältigen Chancen auch mit Herausforderungen einher, wie z. B. der Schulung von Mitarbeitern, dem Einstellen neuer qualifizierter Fachkräfte, der mangelnden Erfahrung im Umgang mit den digitalen Medien und der Anschaffung neuer Hard- und Software. Zu den Chancen zählen bspw. der Einsatz von digitalen Hilfsmitteln zur Verarbeitung großer Datensätze und die damit verbundene Aufwandsersparnis.

Die Digitalisierung der Arbeitsprozesse kann langfristig zu gleichermaßen Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen führen. Ziel ist es, sowohl intern als auch extern, die Prozesse zu verschlanken, die Kommunikation zu verbessern und die branchenübergreifende Zusammenarbeit zu optimieren. Die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten an beispielsweise einem BIM-Modell ermöglicht einen optimierten Abgleich verschiedener Informationsquellen, z. B. durch die automatisierte Kollisionsprüfung.

Auch im Fachgebiet Altlasten ist die Digitalisierung vorangeschritten. Durch Software-Unterstützung werden geowissenschaftliche Daten auf digitalen Plattformen zur Verfügung gestellt. Diese Daten fachgerecht zu nutzen, weiterzuentwickeln und zusammenzuführen und für eigene Anwendungsfälle aufzubereiten, ist eine neue Arbeitsmethodik.

1.2 ITVA-Arbeitskreis (Initialisierung)

Der Vorstand des ITVA hat auf Empfehlung des ITVA-Beirats beschlossen, einen Fachausschuss übergreifenden Arbeitskreis (AK) Geosoftware und 3D-Visualisierung/ Digitalisierung bei der Altlastenbearbeitung und im Flächenrecycling / BIM zu gründen.

Ziel ist es, die Entwicklungen in der Digitalisierung zu verfolgen, ITVA-bezogen auszuwerten und zu nutzen sowie unter anderem seinen Mitgliedern eine Plattform zum interdisziplinären Austausch zu bieten.

Die konstituierende Sitzung des neuen Arbeitskreises fand am 17.01.2019 in Frankfurt/Main statt. 15 Personen aus Ingenieurbüros und Behörden sowie ein Mitarbeiter einer Softwarefirma und ein Studierender nahmen teil.

Zum Vorsitzenden erklärte sich Herr Ilja Prinz (CDM Smith SE, Schwerpunkt BIM) bereit. Koordinator und Ansprechpartner im ITVA-Vorstand ist Herr Dr. Karsten Menschner (CDM Smith SE).

Der ITVA-Arbeitskreis "Digitale Altlastenbearbeitung" soll zukünftig als kompetenter Ansprechpartner für Fachleute und die Öffentlichkeit zu diesem Thema dienen und eine Plattform für den interdisziplinären Austausch bieten.

1.3 Ziele der Arbeitshilfe

Diese Arbeitshilfe ist speziell darauf ausgerichtet, den aktuellen Stand der Digitalisierung in der Altlastenbearbeitung zu erfassen und Unterstützung bei der Einführung und Anwendung neuer Methoden zu bieten. Sie beschreibt mögliche Anwendungsfälle, die für ITVA-Themen relevant sind und gibt Hinweise zur ganzheitlichen Betrachtung von Planung und Betrieb von Bauwerken sowie bei der Bearbeitung von Altlasten mit der BIM-Planungsmethode. Darüber hinaus wird erläutert, welche Daten benötigt werden und wie ein sicherer Umgang und Austausch von Daten entsprechend den aktuellen Vorschriften und Sicherheitsvorkehrungen gewährleistet werden kann.

Diese Arbeitshilfe beschäftigt sich mit der Anwendung von Geosoftware in der Bearbeitung von Altlastenprojekten und wie diese mit der BIM-Methode kombiniert werden können. Dabei werden Anwendungsfälle beschrieben und das Geodatenmanagement in Bezug auf aktuelle altlastenspezifische Methoden im Vergleich zur zukünftigen digitalisierten Altlastenbearbeitung erläutert.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem sicheren Umgang mit sensiblen Daten, um den heutigen Vorschriften und Sicherheitsvorkehrungen gerecht zu werden.

Zudem werden Argumente für die Anwendung der BIM-Methode aufgeführt und die Vorteile für Kunden bzw. „Endverbraucher“, der so erstellten „intelligenten“ 3D-Modelle erläutert. Der BIM-Workflow wird unter Berücksichtigung des Gesamtkontextes dargestellt, und es werden eine genaue Definition der BIM-Methode sowie der BIM-spezifischen Begriffe im Hinblick auf die Bearbeitung von Altlastenprojekten gegeben. Notwendige Arbeitsmittel und BIM-Dokumente werden ebenfalls vorgestellt.

Die Arbeitshilfe soll – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einen ersten Überblick über den Stand und die Methoden der Digitalisierung im Bereich von Altlastensanierung und Flächenmanagement geben. Die Arbeitshilfe richtet sich insbesondere an Fachleute und Mitarbeiter in Ingenieurbüros, aber auch an Behördenmitarbeiter und sonstige Entscheidungsträger. Die Arbeitshilfe soll zu einem allgemeinen Verständnis beitragen und den Einsatz neuer Methoden im Rahmen der Digitalisierung fördern, Die Anwendung der Arbeitshilfe steht Jedem frei. Rechtliche Ansprüche aus der Anwendung ergeben sich nicht.

1.4 Umbruch im Planungsprozess

Das Thema Digitalisierung gewinnt in den letzten Jahren in den Medien stetig an Präsenz. In Deutschland bezeichnen wir die fortschreitende Digitalisierung als „Industrie 4.0“, der Begriff knüpft an die drei industriellen Revolutionen der Technikgeschichte an. Alle industriellen Revolutionen haben die zunehmende Automatisierung gemein. Mit der weltweiten Vernetzung über Unternehmens- oder Ländergrenzen hinweg gewinnt die Digitalisierung der Produktion

eine neue Qualität: Das Internet der Dinge, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und Produktionsstätten, die immer intelligenter werden, läuten eine neue Epoche ein. Mit der Industrie 4.0 wird es Massenproduktion nach individuellen Kundenwünschen, neue Geschäftsmodelle und neue Perspektiven für Beschäftigte geben. [1]

Im Bereich der Altlastenbearbeitung spielen BIM und GIS eine entscheidende Rolle im Prozess der Digitalisierung, da sie eine umfassende Integration und Vernetzung aller relevanten Daten und Informationen ermöglichen. Durch die Verbindung von BIM- und GIS-Daten können beispielsweise geografische Informationen in BIM-Modellen integriert werden, was zu einer noch genaueren Planung und Umsetzung von Bauvorhaben führt.

Definition BIM: BIM steht für Building Information Modeling und bezeichnet eine digitale Planungs- und Steuerungsmethode für Bauwerke und Infrastrukturprojekte. Dabei wird ein 3D-Modell erstellt, das alle relevanten Informationen und Daten enthält und als gemeinsame Arbeitsgrundlage für alle Projektbeteiligten dient. Das Modell ermöglicht eine integrierte Zusammenarbeit und optimiert den Planungsprozess sowie den Betrieb und die Instandhaltung von Bauwerken. [2]

Definition GIS: GIS steht für Geographisches Informationssystem und bezeichnet eine Software, die dazu dient, geografische Daten zu erfassen, zu verwalten, zu analysieren und zu visualisieren. Dabei können Daten aus verschiedenen Quellen, wie beispielsweise Satellitenbildern, Landkarten oder Messungen, eingebunden werden.[3]

BIM ermöglicht eine integrierte Planung und Steuerung von Bauwerken und Altlastenprojekten durch die Erstellung eines digitalen Modells, das alle relevanten Informationen enthält. Dadurch können Planungsprozesse effektiver gestaltet werden und die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen und Unternehmen verbessert werden. GIS hingegen ermöglicht die Darstellung, Verarbeitung und Analyse von geografischen Informationen, die für die Altlastenbearbeitung von großer Bedeutung sind, beispielsweise bei der Standortauswahl und -bewertung sowie der Überwachung von Altlasten.

Im Zuge der Digitalisierung und Einführung von BIM und GIS findet ein Umbruch von der bisherigen zeichnungsgestützten hin zu einer modellbasierenden Arbeitsweise statt. Dabei sind Änderungen in den internen sowie externen Prozessen notwendig. Die Einführung der neuen Arbeitsweise erfolgt in mehreren technologischen Stufen und erfordert eine hohe Flexibilität und Offenheit für Veränderungen. Mit der fortschreitenden Digitalisierung können Altlastenprojekte effektiver und effizienter bearbeitet werden, was letztendlich zu einer verbesserten Umweltqualität und nachhaltigen Entwicklung beitragen kann.

Insgesamt bieten BIM und GIS viele Möglichkeiten, um die Effizienz, Nachhaltigkeit und Qualität von Bauprojekten und Infrastrukturen zu steigern.

2 Digitale Datenerfassung

Zum Aufbau von GIS- oder BIM-Modellen benötigt man entsprechende digitale Daten. Herkömmlich erfasste Informationen müssen dafür zuerst digitalisiert werden. Die digitale Datenerfassung hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte bei der Bearbeitung von Altlasten gebracht und bietet in diesem Bereich zahlreiche Möglichkeiten, die Prozesse zu optimieren und die Effizienz zu steigern.

Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Tablets im Feld (Beispiel in Abbildung 1). können eingesetzt werden, um Daten direkt vor Ort zu erfassen und zu übertragen. Die Funktionsweise von Tablets im Feld beruht auf der mobilen Erfassung von Daten durch spezielle Software und Apps, die auf dem Tablet installiert sind. Ein Beispiel für den Einsatz von Tablets im Feld bei der Altlastenbearbeitung ist die Erfassung von Bodenproben [1]. Mitarbeiter können mit dem Tablet eine Liste der zu entnehmenden Proben abrufen und nach der Entnahme direkt vor Ort

auf dem Tablet markieren. Sie können auch zusätzliche Daten wie beispielsweise Datum und Uhrzeit, GPS-Koordinaten und den Namen des Mitarbeiters erfassen.

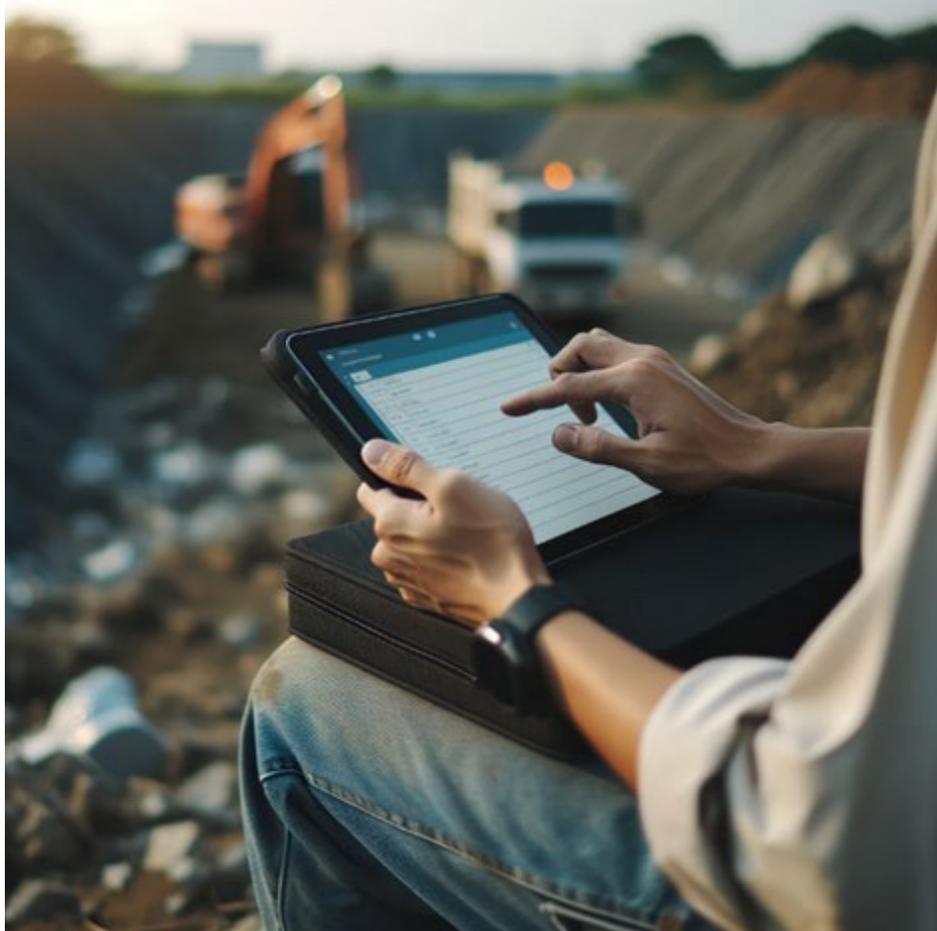


Abbildung 1: Anwendung eines Tablets auf einer Baustelle. ©CDM Smith SE, 2023

Tablets können auch dazu verwendet werden, um gezielte Messungen durchzuführen. Mitarbeiter können beispielsweise mit Vorort-Sensorik Messungen von Boden- und Grundwasser-Verunreinigungen vornehmen und diese Daten direkt auf dem Tablet erfassen. Auch die Identifizierung von Schadstoffquellen oder die Kartierung von Altlasten kann mit Hilfe von Tablets effizient durchgeführt werden. Die Vorteile von Tablets im Feld liegen in ihrer Mobilität und Flexibilität. Mitarbeiter können die Daten erfassen und in Echtzeit übertragen, ohne dass sie aufwendige Protokolle oder Papierformulare ausfüllen müssen. Dadurch können Zeit und Ressourcen gespart werden, da die Daten sofort verfügbar sind und sofort analysiert werden können, was auch zu Steigerung der Datenqualität beitragen kann.

Drohnen werden zunehmend bei der Altlastenbearbeitung eingesetzt, um aus der Luft Daten zu sammeln und zu analysieren (Beispiel in Abbildung 2). Die Funktionsweise von Drohnen beruht auf dem Einsatz diverser Sensoren, die auf der Drohne montiert sind. Diese Sensoren können verschiedene Arten von Daten sammeln, darunter Bilder, Videos, spektrometrische oder thermografische Aufnahmen und Daten über die Bodenzusammensetzung.

Drohnen können dazu verwendet werden, Luftbilder von einem Standort aufzunehmen, um ein detailliertes Bild der Fläche zu erhalten (Beispiel in Abbildung 2). Die Luftbilder können dann verwendet werden, um schnell georeferenzierte thematische Lagepläne der Altlasten zu erstellen, Flächen und Volumina zu berechnen und das Ausmaß des Handlungsbedarfs zu bestimmen.

Mit der Hilfe von Drohnen können auch schwierig zugängliche Orte, wie beispielsweise Steilhänge oder Waldgebiete, erreicht werden. Thermografische Aufnahmen, die mit einer Drohne aufgenommen werden, können bei der Suche nach Anomalien helfen, die aufgrund von Temperaturveränderungen im Boden erkennbar sind. So können beispielsweise Bodenveränderungen erkannt werden, die sich aufgrund des Wärmeaustauschs zwischen dem Boden und den Schadstoffen im Boden zeigen. Insgesamt bieten Drohnen eine schnelle und effiziente Möglichkeit, Daten aus der Luft zu sammeln und zu analysieren. Sie sind ein wichtiger Bestandteil der digitalen Datenerfassung bei der Altlastenbearbeitung und können dazu beitragen, die Effektivität und Genauigkeit der Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen zu verbessern.

Sensoren, die physikalischen oder chemischen Eigenschaften im Boden oder im Grundwasser erfassen, können bei der Altlastenbearbeitung eingesetzt, um Daten kontinuierlich in Echtzeit zu überwachen. Dabei können diese über das mobile Netz mit einer Datenbank verbunden werden und sparen das händische Auslesen der erfassten Daten. Weitere Vorteile liegen in der kontinuierlichen Datenerfassung und automatisierten Analyse und Visualisierung in bspw. Dashboards. Durch die kontinuierliche Überwachung können Veränderungen im Boden oder im Grundwasser schnell erkannt werden, was dazu beitragen kann, dass geeignete Maßnahmen schnell eingeleitet werden können. Sensoren sind ein wichtiger Bestandteil der digitalen Datenerfassung bei der Altlastenbearbeitung und können dazu beitragen, die Effektivität und Genauigkeit der Sanierungsmaßnahmen zu verbessern.



Abbildung 2: Drohne im Einsatz, die mit einer Kamera ausgestattet ist. ©CDM Smith, 2023

Eine weitere Möglichkeit, Daten für die Altlastenbearbeitung zu erfassen, ist der Einsatz von Satellitendaten (bildhafte Darstellung in Abbildung 3). Die Funktionsweise von Satelliten beruht auf der Erfassung von elektromagnetischen Wellen, die von der Erdoberfläche reflektiert werden. Ein Beispiel für den Einsatz ist die Analyse von Bodenbedeckung, Bodenfeuchte, Bodenstruktur und topografischen Eigenschaften. Diese Daten können dann mit anderen Datenquellen, wie beispielsweise den Daten, die von Sensoren oder Drohnen gesammelt wurden,

kombiniert werden, um ein vollständigeres Bild der Altlasten zu erhalten.

Ein Vorteil vom Einsatz von Satelliten ist, dass durch den Vergleich von Bildern, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden, Veränderungen in der Bodenbedeckung oder Vegetation festgestellt werden, die auf mögliche Verunreinigungen hinweisen. Die Stärke von Satelliten liegt in ihrer Fähigkeit, große Flächen schnell und effizient zu erfassen, ohne dass Mitarbeiter vor Ort sein müssen.

Die vorgestellten Technologien sind nur eine kleine Auswahl dessen, was bei der Bearbeitung der Projekte helfen kann. Die Wahl der Technologie hängt jedoch von den spezifischen Anforderungen der Bearbeitung ab und sollte immer auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnitten sein.



Abbildung 3: Bildhafte Darstellung der globalen Übertragung von Satellitendaten. © CDM Smith SE, 2023

3 Geodatenmanagement in der Altlastenbearbeitung

„Das Geodatenmanagement ist eng verbunden mit dem Fachbereich der Geodäsie. Es handelt sich um eine Querschnittsaufgabe, die verschiedene Kompetenzen miteinander verknüpft. Im Kern des Geodatenmanagements steht dabei nicht allein die eigentliche Erhebung von raumbezogenen Daten – was eine der Grundaufgaben der Geodäsie ist – sondern deren Verarbeitung und Aufbereitung, sodass diese Geodaten geldwerten Nutzen entfalten können, beispielsweise indem sie automatisiert über Geodateninfrastrukturen bereitgestellt werden.“ [4]

In der Altlastenbearbeitung geht es oftmals darum, einen Status Quo zu beschreiben, aus dem Gefährdungsabschätzungen und Empfehlungen hervorgehen. Dabei ist es die zentrale Aufgabe Informationen zusammenzustellen, diese aufzubereiten und zu bewerten.

Dabei liegen die Informationen in unterschiedlichsten Datenformaten vor. Oftmals liegen historische Standortinformationen und Altgutachten in Papier bzw. als Scan unterschiedlicher Qualitäten vor. Dies stellt den Bearbeiter vor die Aufgabe z. B. Kartenmaterial und Analyseergebnisse so aufzubereiten, dass die Daten nach Stand der Technik weiterverarbeitet und dargestellt werden können.

Zumeist kommt hier datenbankbasierte Fachsoftware zum Einsatz. Alte Lagepläne lassen sich per Scan in Rasterdaten überführen, welche sich einfach georeferenzieren lassen, um eine Digitalisierung von dargestellten Informationen, z. B. in einem GIS zu ermöglichen. Ebenso lassen sich Messdaten (z. B. Belastung von Boden und Grundwasser) mit Informationen zu Zeit und Lage versehen. Neben einer rein planaren 2D-Darstellung, können so mit der Ergänzung von Schicht- bzw. Höheninformationen thematische 3D-Darstellungen realisiert werden. Hierbei sind neben punktuellen Darstellungen mit bewährten Methoden auch Interpolationen im Raum möglich und so ein besseres Verständnis von vorliegenden Untersuchungen.

Die Digitalisierung von Bestandsdaten, die Aufbereitung aus unterschiedlichen Formaten und die Messdatenerfassung und Verarbeitung aktuell erhobener Daten richtet sich nach dem Ziel der Verwendung, bzw. dem Nutzen. Branchenweite Standards sind hierbei bislang nicht definiert und bedürfen einer Klärung im Einzelfall.

Aber auch die Verwendung bereits digital erhobener Daten Bedarf in der Regel einer aufwendigen Aufarbeitung, um sie programmübergreifend nutzen zu können und unter Projektbeteiligten unterschiedlicher Fachsparten austauschen zu können.

3.1 Geosoftware und Geodatenmanagement

Geosoftware sind Software-Applikationen, die speziell für die Verarbeitung von Geodaten und geografischen Informationen entwickelt wurden. Sie wird eingesetzt, um geografische Daten, wie bspw. Informationen über die geografische Lage, Topografie, Bodenbeschaffenheit, Gewässer, Vegetation, Klima, Infrastruktur und weitere Merkmale, zu erfassen, zu visualisieren, zu analysieren und zu verarbeiten. Einige der Funktionen von Geosoftware können sein:

- **Datenerfassung:** Erfassung von geografischen Daten durch verschiedene Methoden wie GPS, Satellitenbilder, Luftbilder und Drohnen.
- **Datenaufbereitung:** Die Software kann Geodaten filtern, bearbeiten, umformen und projizieren, um sie besser darstellen oder verarbeiten zu können.
- **Datenanalyse:** Geosoftware kann verschiedene Analysemethoden wie Kartierung, räumliche Analyse, Gelände- und Volumenberechnungen und Datenmodellierung anwenden, um komplexe Zusammenhänge in den Geodaten zu erkennen.
- **Datenvisualisierung:** Darstellung der geografischen Daten in verschiedenen Formaten, wie Karten, Luftbilder, 3D-Modelle oder Diagramme. Dadurch können komplexe Informationen übersichtlich und verständlich dargestellt werden.

- Datenintegration: Geosoftware kann auch Daten aus verschiedenen Quellen zusammenführen und kombinieren, um neue Erkenntnisse zu gewinnen.
- Datenfreigabe: Sie ermöglicht es, geografische Daten online oder offline zu teilen, zu veröffentlichen oder zu verteilen.

Neben der allgemeinen Geosoftware, bekannt sind beispielsweise ArcGIS™ [5], QGIS™ [6], GeoServer [7] usw., gibt es auch spezialisierte Software, die für bestimmte Anwendungsfälle der Altlastenbearbeitung ausgelegt sind. Nachfolgend nur eine kurze Sammlung von Beispielen:

- Datenbankbasierte Softwarelösungen zur Verwaltung und Darstellung von Geländeergebnissen (z. B. Bohrdaten, hydrochemische Daten, Grundwasserstanddaten etc.),
- Hydraulische Auswerteprogramme für Grundwasserabsenkungen, Pumpversuche etc.
- Geotechnische Auswerteprogramme für die Berechnungen, Nachweise, Auswertung von Felddaten,
- Analyse und Interpolation von Daten - z. B. Geometrische Modellierung, Grundwasser-Gleichenpläne etc. (2D und 3D),
- Modellierungssoftware für dynamische Prozesse (Grundwasser-, Schadstoff- und Wärmetransport).

Es gibt verschiedene Arten von Geosoftware, die für unterschiedliche Zwecke und Bedürfnisse entwickelt wurden. Ähnlich wie mit den Technologien zur Digitalen Datenerfassung verhält es sich auch mit der Auswahl der Software. Von den spezifischen Anforderungen der Bearbeitung hängt ab, welche Software eingesetzt werden sollte. Sie muss immer auf die individuellen Projektanforderungen zugeschnitten sein.

3.2 Möglichkeiten der 3D-Visualisierung

Die Altlastenbearbeitung befasst sich mit der Untersuchung, Bewertung und Sanierung von kontaminierten oder potenziell kontaminierten Standorten. Eine der wichtigsten Herausforderungen in diesem Bereich ist das Verständnis der räumlichen Verteilung von Schadstoffen, geologischen Schichten und Grundwasserverhältnissen. Die 3D-Visualisierung von Standortmodellen bietet dabei eine leistungsfähige Methode, um diese komplexen räumlichen Informationen besser zu verstehen und zu interpretieren.

Die Verwendung geeigneter Softwaretools, wie ArcGIS™ [5], QGIS™ [6], GOCAD™ [8], Leapfrog™ [9], Petrel™ [10], FEFLOW™ [11] oder Visual MODFLOW™ [12], ermöglicht die Erstellung und Darstellung dieser 3D-Visualisierungen und trägt damit zu einer effizienteren und erfolgreichen Altlastenbearbeitung bei.

3.2.1 3D-Geologische Modelle

3D-geologische Modelle ermöglichen die Darstellung von geologischen Schichten und Strukturen, wie etwa Gesteinsformationen, Verwerfungen und Faltungen. Ein möglicher Einsatzfall für die Anwendung solcher Modelle ist die Untersuchung eines ehemaligen Industriestandorts, bei dem Schadstoffe in unterschiedlichen geologischen Schichten vorkommen. Die Software GOCAD™ [8] oder Leapfrog™ [9] ermöglichen die Erstellung solcher 3D-geologischen Modelle und die Integration von Bohrlochdaten, um die Schichten und deren räumliche Verteilung zu visualisieren.

3.2.2 3D-Grundwassermodelle

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Altlastenbearbeitung ist das Verständnis der Grundwaserdynamik und der Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser. Die Software FEFLOW™ [11] oder MODFLOW™ [12] ermöglicht die Erstellung von 3D-Grundwassermodellen, die sowohl die hydraulischen als auch die hydrogeologischen Bedingungen am Standort berücksichtigen. Ein möglicher Anwendungsfall hierfür könnte die Untersuchung eines ehemaligen Tanklagers, bei dem eine Grundwasserverunreinigung durch Leckagen aufgetreten ist, sein. Mithilfe der 3D-Visualisierung kann die Ausbreitung der Schadstofffahne im Grundwasser besser nachvollzogen werden.

3.2.3 3D-Visualisierung von Schadstoffkonzentrationen

Die räumliche Verteilung von Schadstoffen in Boden, Grundwasser oder anderen Umweltmedien kann mit Hilfe von 3D-Visualisierungen dargestellt werden. Ein möglicher Anwendungsfall hierfür wäre z. B. die Untersuchung eines ehemaligen Chemiewerks, bei dem Schadstoffe im Boden und im Grundwasser vorhanden sind. Die Software ArcGIS™ [5] oder QGIS™ [6] ermöglicht die Erstellung von 3D-Visualisierungen, die die Schadstoffkonzentrationen in verschiedenen Tiefen und deren räumliche Ausdehnung anzeigen.

3.2.4 3D-Visualisierung von Bohrdaten

Bohrdaten sind eine wichtige Informationsquelle in der Altlastenbearbeitung. Mit Hilfe von 3D-Visualisierungen können Bohrlochstandorte, Bohrtiefen und Probenahmepunkte dargestellt werden. Die Software Petrel™ [10] oder ArcGIS™ [5] ermöglicht die Erstellung solcher Visualisierungen und die Integration von geologischen und hydrogeologischen Daten, um ein umfassendes Bild des Standorts zu erhalten.

3.2.5 3D-Sanierungsmodelle

Die Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an kontaminierten Standorten erfordert ein umfassendes Verständnis der räumlichen Verteilung von Schadstoffen und der betroffenen Umweltmedien. Mithilfe von 3D-Sanierungsmodellen können die geplanten Maßnahmen visualisiert und optimiert werden. Diese Modelle können auch dazu verwendet werden, den Erfolg der Sanierung im Zeitverlauf zu überwachen und Anpassungen vorzunehmen, falls erforderlich.

Ein möglicher Anwendungsfall kann die Planung von geohydraulischen Sanierungen zur Entfernung von Schadstoffen aus dem Grundwasser sein, mit oder ohne Reinfiltration und Zirkulation. Die Software Visual MODFLOW™ [12] oder FEFLOW™ [11] kann verwendet werden, um die räumliche Verteilung der Pumpen, die Fließwege, die zu entfernenden Schadstoffmengen und die Veränderung der Schadstoffkonzentrationen im Laufe der Zeit zu visualisieren.

3.3 WMS Dienste

Moderne Geosoftware bietet eine Fülle an fortschrittlichen Funktionen, die die Nutzung, Analyse und Darstellung geografischer Daten erheblich erleichtern. Eine der Schlüsselfunktionen ist die Möglichkeit, auf eine breite Palette von frei verfügbaren Datenquellen zuzugreifen. Zu diesen Datenquellen gehören insbesondere Geoportale und diverse Dienste wie Web Map Services (WMS).

Ein WMS ist ein standardisierter Kartendienst, der im Internet zur Verfügung gestellt wird. Er ermöglicht es Benutzern, Kartenbilder, die aus räumlichen Daten zusammengesetzt sind, über das Internet abzurufen. Diese Dienste sind besonders flexibel, da sie verschiedene darstell-

bare Ebenen, sogenannte "Layer", bieten. Benutzer können diese Layer je nach Bedarf individuell ein- und ausblenden, um bestimmte Informationen hervorzuheben oder zu verbergen. Diese Funktionalität ist besonders nützlich in komplexen GIS, wo Anwender mit vielschichtigen Datensätzen arbeiten.

Geodatendienste bilden das Rückgrat einer sogenannten Geodateninfrastruktur (GDI). Eine GDI ist ein Netzwerk von Geodatendiensten, -standards und -richtlinien, das die Erfassung, Verwaltung, Bereitstellung und Nutzung von Geodaten erleichtert. Geoportale, als integraler Bestandteil der GDI, sind internetbasierte Plattformen, die Nutzern ermöglichen, digitale Geodaten zu suchen, anzusehen und herunterzuladen. Diese Portale sind somit entscheidend, um Geodaten effizient auffindbar, zugänglich und nutzbar zu machen.

Ein wesentlicher Aspekt der GDI sind Metadaten, die Informationen über die eigentlichen Geodaten liefern. Metadaten verbessern die Auffindbarkeit und helfen dabei, den Kontext, die Qualität und die Bedingungen für die Nutzung der Geodaten zu verstehen. Dies ist für die effektive Verwendung und das Management von Geoinformationen unerlässlich.

Um Geodienste zu nutzen, können entweder über Webbrowser zugängliche Geoportale oder speziell entwickelte GIS-Clients, die auf lokalen Computern installiert sind, verwendet werden. Letztere bieten häufig erweiterte Funktionen und Werkzeuge zur Bearbeitung und Analyse von Geodaten.

Die Standardisierung dieser Dienste ist von entscheidender Bedeutung, um Interoperabilität zu gewährleisten. Dies bedeutet, dass Daten und Dienste plattform- und softwareunabhängig nutzbar sind. Dies wird durch die technischen Standards des Open Geospatial Consortiums (OGC) erreicht, die auf der ISO-Normreihe 19100 basieren. Die OGC-Standards sind international anerkannt und definieren, wie geografische Informationen über das Internet ausgetauscht und verarbeitet werden sollen. [13][14][15]

4 Building Information Modeling (BIM)

4.1 Definition(en) von BIM

Die englische Abkürzung BIM steht für Building Information Modeling. Bis heute gibt es eine Vielzahl von Definitionen für BIM. Gemäß DIN EN ISO 19650-1 – 2019 [16] Organisation von Daten zu Bauwerken - Informationsmanagement mit BIM wird BIM beispielsweise als „*gemeinsam genutzte digitale Repräsentanz*“ definiert. BIM stellt somit eine strategische Arbeitsmethodik für ein optimiertes Erzeugen, Pflegen und Austauschen von Informationen dar – und ist damit, für sich genommen, keine Software!

BIM steht für ein optimiertes Informationsmanagement und führt zu einer höheren Produktivität in der Projektbearbeitung sowie zu einer verbesserten Zusammenarbeit der zielführenden Kommunikation der verschiedenen Projektbeteiligten über IT-Schnittstellen. Im Mittelpunkt steht hierbei ein 3D-Modell, das mit Semantikinformatoren bestückt wird. Dieses 3D-Modell kann über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes, z. B. von der Planung, Bewirtschaftung bis zum Abriss/Rückbau eines Gebäudes, geführt werden.

Bevor näher auf die im Rahmen der BIM-Anwendung verwendeten Begrifflichkeiten und Anwendungsfälle eingegangen wird, wird die Geschichte des Building Information Modelling im Folgenden kurz umrissen.

BIM existiert auf konzeptioneller Ebene bereits seit **1970**. Anschließend wurde der Begriff immer wieder in Veröffentlichungen verwendet. **1995** bildete sich eine sogenannte „Private Allianz“. Ein Ziel dieser Vereinigung war „alle Standards müssen offen und international sein“. Im darauffolgenden Jahr **1996** wurde in London die Internationale Allianz für Interoperabilität (IAI) gegründet.

Im Jahr **2002** veröffentlichte der Software-Hersteller Autodesk [17] ein „White Paper“, ein hochqualitatives technisches Innovationspapier, mit dem Titel „Building Information Modeling“. Danach verwendeten immer mehr Software-Hersteller den Begriff und BIM wurde der Standardname für die „digitale Repräsentation des Bauprozesses“. Das Verlangen nach einem herstellerneutralen, offenen Austauschformat (nicht proprietär) wuchs.

Zur Weiterentwicklung von BIM trug auch die stetig fortschreitende Digitalisierung bei. Analog zu Industrie 4.0 wird die Digitalisierung der Baubranche als 4. Industrielle Revolution bezeichnet. Im Jahr **2008** benannte sich die IAI in buildingSMART um. „Building“ zu Deutsch: Bauen steht für die gesamte Wertschöpfungskette Bau. Die buildingSMART ist später von der Bauindustrie in den Bereich Infrastruktur hineingewachsen.

In Deutschland gibt es aktuell drei große BIM-Initiativen:

- planen-bauen 4.0 [18],
- buildingSMART German Chapter [19] und der
- Stufenplan des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015 Stufenplan [20].
- BIM-Standard deutscher Architekten- und Ingenieurkammern

Die Definition des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur lautet:

„Building Information Modeling [BIM] bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerkes die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten austauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“ [20]

4.2 BIM-Spezifische Begriffe

Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)

Ähnlich einem Lastenheft sollten die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) vom Auftraggeber verfasst werden. Diese enthalten Angaben zu organisatorischen Strukturen, Liefertermine, Qualität der Modelle und Detaillierungsgrad, sowie Formate.

BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Ähnlich einem Pflichtenheft, sollte der BAP vom Auftragnehmer verfasst werden. Alternativ ist auch ein gemeinsamer BAP vom Auftraggeber/Auftragnehmer möglich. Dieser beinhaltet folgende Vorgaben:

- Vorgaben zur BIM-basierenden Zusammenarbeit,
- Vorgaben zur Vorgehensweise der Einhaltung von Informationsanforderungen,
- Angaben zur Qualitätssicherung (turnusmäßige Modellprüfung)

Common Data Environment (CDE)

Bei der CDE handelt es sich um eine zentrale Plattform, die oft cloudbasiert ist und für die Zusammenarbeit des Projektteams an den Fachmodellen genutzt wird. Hierbei sind die Anforderungen der Datensicherheit bzw. der Datenschutzgrundverordnung zu berücksichtigen.

Level of Development (LOD)

Das LOD setzt sich zusammen aus dem Level of Geometry und dem Level of Information.

Level of Geometry (LOG)

Über das LOG wird der geometrische Modellierungsgenauigkeitsgrad bestimmt.

Level of Information (LOI)

Der LOI beschreibt den Gehalt an alphanumerischen Informationen eines Modellelements in einem digitalen Modell.

Little open BIM

Beim little open BIM werden zur Lösung einer spezifischen Aufgabe (Insellösung) Softwareprodukte verschiedener Hersteller und offene Formate für den Datenaustausch verwendet.

Big open BIM

Beim big open BIM werden für die durchgängige Nutzung von digitalen Gebäudemodellen über verschiedene Disziplinen und über mehrere Lebenszyklusphasen hinweg Softwareprodukte verschiedener Hersteller eingesetzt und offene Formate für den Datenaustausch verwendet.

Little closed BIM

Beim little closed BIM werden zur Lösung einer spezifischen Aufgabe (Insellösung) Softwareprodukte eines Herstellers und proprietäre Formate für den Datenaustausch verwendet.

Big closed BIM

Beim big closed BIM werden für die durchgängige Nutzung von digitalen Gebäudemodellen über verschiedene Disziplinen und über mehrere Lebenszyklusphasen hinweg Softwareprodukte eines Herstellers eingesetzt und proprietäre Formate für den Datenaustausch verwendet. [21]

4.3 Rollen und Verantwortlichkeiten

Durch die Komplexität des Informationsmanagements ist es notwendig, dass sämtliche Projektrollen und Verantwortlichkeiten definiert sind. Hierbei sollte die Rollenzuweisung projektspezifisch erfolgen und in den entsprechenden Dokumenten sowie im BIM-Abwicklungsplan (BAP) festgehalten werden. Gemäß der Richtlinie VDI 2552 Blatt 2 Building Information Modeling [22] – Begriffe gibt es die folgenden Rollen:

BIM-Nutzer

Der BIM-Nutzer verwendet die Datenmodelle nur zur Informationsgewinnung.

BIM-Autor

Der BIM-Autor ist der Bearbeiter bzw. Modellierer und hat die Datenhoheit über selbst erstellte Fach- und Teilmodelle.

BIM-Koordinator

Der BIM-Koordinator hat eine koordinierende Funktion. Er ist verantwortlich für die operative Umsetzung der BIM-Ziele.

BIM-Manager

Der BIM-Manager verfasst die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und definiert BIM-Ziele und BIM-Anwendungen. Er dokumentiert den Projektfortschritt.

4.4 Notwendige BIM-Dokumente

Die notwendigen BIM-Dokumente sind die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA), der BIM-Abwicklungsplan (BAP) der unter anderem auch die Modellierrichtlinien beinhaltet. Grundlage des BAP können die AIA sein. Die AIA dienen für ein besseres Verständnis der zu erbringenden Leistungen. Der BAP beschreibt einzelne Prozesse und die Qualitätskontrolle. Das Arbeiten nach BIM-Methodik ist eine transparente Zusammenarbeit aller Planungsbeteiligten an einem Modell und unterscheidet sich von den gängigen Prozessen

4.5 BIM-Workflow

Der Arbeitsablauf (Workflow) in der BIM-Anwendung beginnt mit der Datenerfassung, z. B. von Bauwerksdaten oder Untergrundkennwerten. Daran schließt sich die Datenverarbeitung und ggf. auch eine Modellierung an. Dabei werden im Rahmen der Anwendung Erkenntnisse abgeleitet und Pläne erstellt. Der BIM-spezifische Arbeitsablauf ist in der folgenden Abbildung schematisch und idealtypisch zusammengefasst:

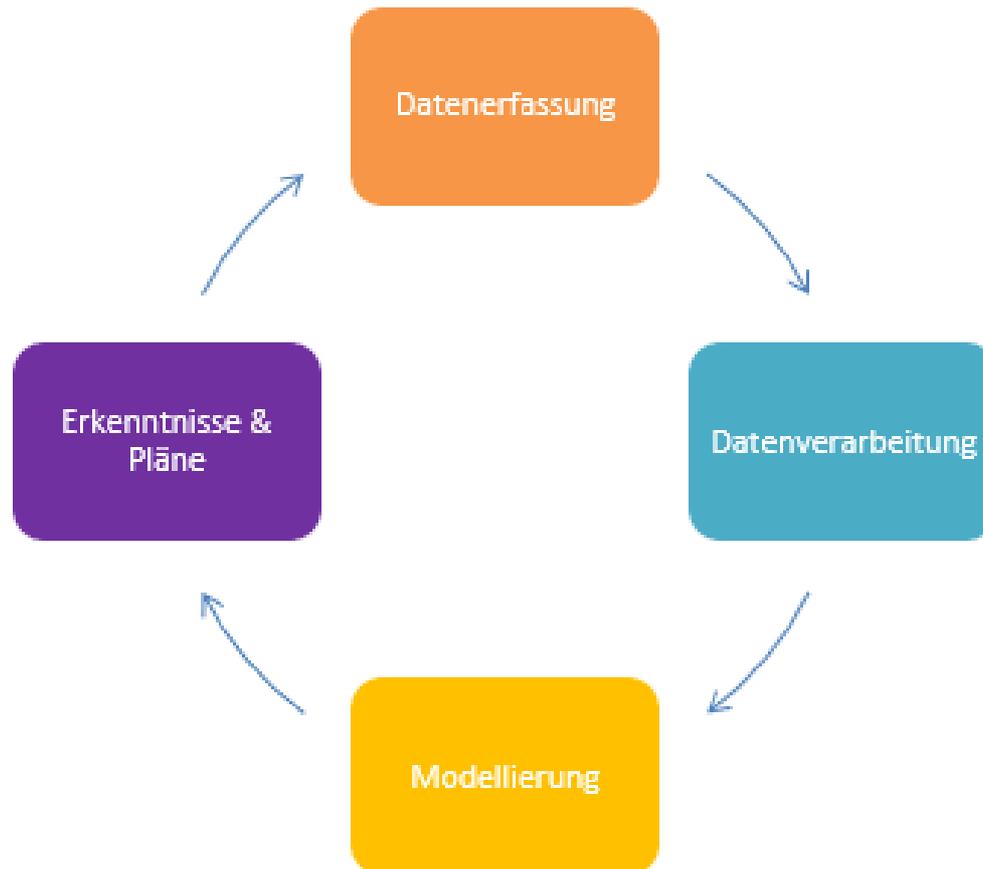


Abbildung 4: Schematische Darstellung des BIM-Spezifischen Workflows. Eigene Darstellung des ITVA-Arbeitskreises DigAL3DBIM, 2023.

Die Arbeitsmethodik von BIM beinhaltet dabei die Zusammenarbeit von mehreren Projektbeteiligten. Dabei ist es nicht zwingend notwendig an einem Modell zu arbeiten, es können auch verschiedene Fachmodelle zu einem Gesamtmodell zusammengefügt werden - dies ist jedoch die Ausnahme. In der Regel hat jedes Gewerk sein eigenes Fachmodell. Diese Fachmodelle werden dann im Rahmen von Planungsiterationsschritten übereinandergelegt und daraus Erkenntnisse hinsichtlich Inkonsistenz, Kollisionen etc. abgeleitet. Diese Erkenntnisse gehen dann in das BIM-Koordinationsmodell ein. Gesteuert wird dieser Iterationsprozess wird von einem BIM-Koordinator, der letztendlich auch die Zusammenführung in die BIM-Koordinationsmodelle der jeweiligen Iterationsschritte begleitet.

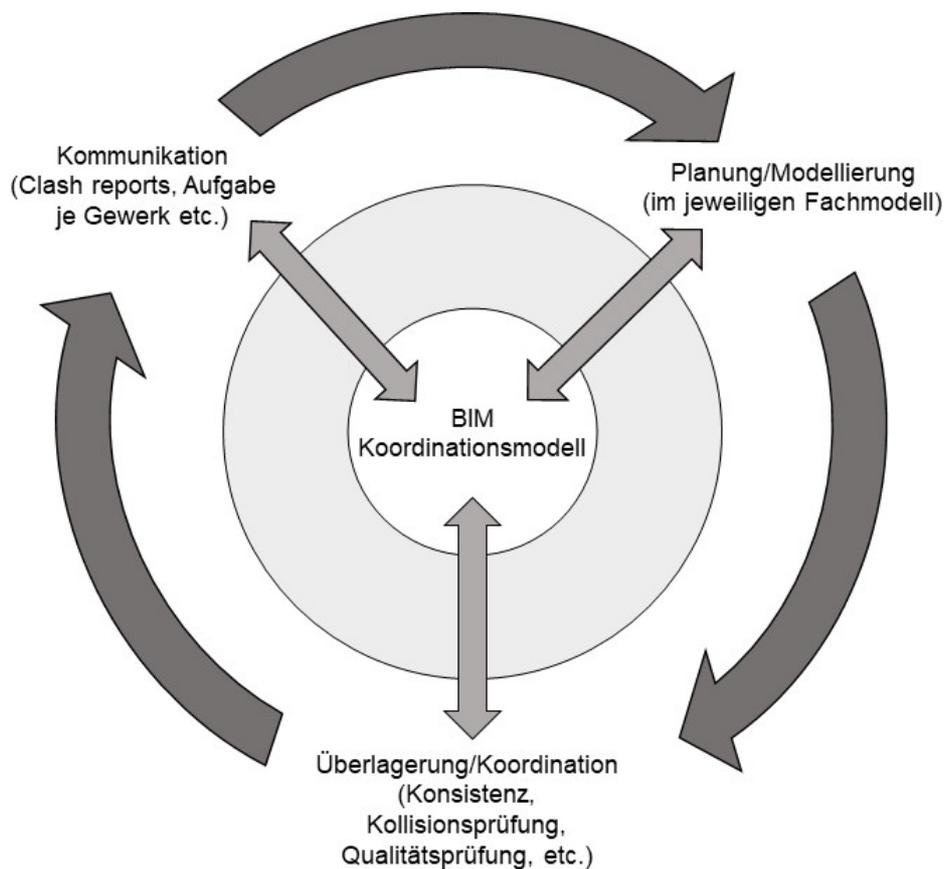


Abbildung 5: Schematische Darstellung des BIM-Spezifischen Workflows. Eigene Darstellung des ITVA-Arbeitskreises DigAL3DBIM, 2023.

4.5.1 BIM-Aufträge im Rahmen der HOAI

Die Vergabe von BIM-Aufträgen im Rahmen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) [23] ist diskutabel. Da die unterschiedlichen Leistungen eines BIM-Projekts in den Grundleistungen der HOAI nicht erfasst werden, können sie als besondere Vertragsbedingungen (BIM-BVB) aufgeführt werden. Das Modell, als Produkt aller modellbasierten Leistungen, stellt bei BIM-Aufträgen einen eigenen Leistungserfolg dar. Eine Verteilung der Leistungsphasen nach HOAI ist daher fraglich. Bei der Erstellung der Verträge ist zudem ein tieferes BIM-Verständnis notwendig. Insgesamt ist jedoch als kritisch zu betrachten, dass BIM keine Leistung, sondern eine Arbeitsmethode ist - die HOAI jedoch methodenfrei angelegt ist.

4.5.2 Anwendungsfälle

Die Liste der möglichen BIM Anwendungsfälle ist lang. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat zur Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ 20 Haupt-Anwendungsfälle erarbeitet (s. Tabelle 1). An dieser Stelle sei daher auf die beiden folgenden Dokumente verwiesen:

- Stufenplan Digitales Planen und Bauen [20] und
- Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ AP 1.2 „Szenariodefinition“ und AP 1.3 „Empfehlung“ [24]

Die detaillierten Beschreibungen der einzelnen Anwendungsfälle sind den o. g. Dokumenten zu entnehmen. Dort wird auch auf den Nutzen, den Status Quo (Stand: 17.09.2018), Implementierungsaufwand sowie den Mehr- und Minderaufwand in der Projektbearbeitung eingegangen.

Tabelle 1: Anwendungsfällen (AwF) gemäß [24]

AwF	Bezeichnung
1.	BIM-gestützte Bestandserfassung
2.	BIM-gestützter Variantenvergleich
3.	Visualisierung
4.	Bemessung und Nachweisführung
5.	Koordination der Fachgewerke
6.	Fortschrittskontrolle der Planung
7.	Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen
8.	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung
9.	Planungsfreigabe
10.	Kostenschätzung und Kostenberechnung
11.	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe
12.	Terminplanung der Ausführung
13.	Logistikplanung
14.	Erstellung von Ausführungsplänen
15.	Baufortschrittskontrolle
16.	Änderungsmanagement bei Planungsänderungen
17.	Abrechnung der Bauleistungen
18.	Mängelmanagement
19.	Bauwerksdokumentation (Digitale Bauwerksakte, „as built“)
20.	Nutzung für Betrieb und Erhaltung

4.6 Vergleich von „klassischem“ BIM und BIM in der Altlastenbearbeitung

Wie bereits im Kapitel 4.1 beschrieben, wird das klassische BIM als umfassendes Abbild eines Bauwerkes in digitaler Form verstanden. Als Grundlage dient das 3D-Modell sowie nicht-geometrische Zusatzinformationen. GeoBIM wird unter anderem mit einem Projekt (<https://3d.bk.tudelft.nl/projects/geobim/>), einer Software-Erweiterung [25] und einer Fachtagung in den Niederlanden (<https://geo-bim.org/europe/>) assoziiert [26].

Im Großen und Ganzen wird der Begriff des GeoBIM stets bei BIM-Anwendungen verwendet, in denen geowissenschaftliche und umweltplanerische Attribute einen maßgeblichen Anteil haben. Da das Feld der Geowissenschaften und Umweltplanung enorm weitreichend ist und weit über den beabsichtigten Rahmen des ITVA, als „Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling“ und auch dieser Arbeitshilfe geht, möchten wir uns den Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Altlasten und dem Flächenrecycling widmen. Das Flächenrecycling wird im Folgenden nicht jedes Mal explizit erwähnt, ist jedoch inbegriffen.

Die Einsatzmöglichkeiten von BIM in der Altlastenbearbeitung sind weitreichend und wurden bzw. werden noch nicht erschöpfend betrachtet und umgesetzt. Wie auch beim klassischen BIM sind beim BIM in der Altlastenbearbeitung die Gebäudeinformationen von Interesse, wenn z. B. die Sanierung von Altlastenflächen die Untersuchung und den Rückbau von Gebäuden erforderlich macht. Dies schließt neben der Erfassung der strukturellen Gebäudeelemente beispielsweise auch Untersuchungen der Bausubstanz bis hin zur Erstellung eines Schadstoffkatalogs ein. Hierdurch kann auch eine raumzeitliche (4D) Rückbauablaufplanung erfolgen und es sind genaue (bzw. genauere) Mengenermittlungen und Kostenkalkulationen möglich. Vor, während oder nach dem Gebäuderückbau werden i.d.R. Sanierungsuntersuchungen von Boden und Grundwassers durchgeführt, die ebenfalls beim BIM in der Altlastenbearbeitung integriert werden.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit wäre zum Beispiel den Lebenszyklus einer Deponie - vom Planfeststellungsverfahren über die Betreuung bis hin zur Stilllegung - mit BIM in der Altlastenbearbeitung zu begleiten. Hierbei könnte auch ein Einbau- und Mengenkataster für Abfälle, sowie die Verknüpfung von eingebauten Massen mit Abfallschlüsselnummern und Annahmekriterien erfolgen. Dies hätte z. B. zum Vorteil, dass Fehlchargen schnell verortet werden können.

Gemeinsamkeiten zwischen dem klassischen BIM und BIM in der Altlastenbearbeitung liegen darin, dass sie sich im 3D-Bereich bewegen, Objekte durch Verknüpfungen „intelligent gemacht“ werden, 4D-Modelle erstellt werden und die digitale Verwaltung einer Vielzahl von Daten erfolgt. Diese Daten können auf einer Plattform bereitgestellt werden, wo diese von verschiedenen Branchen genutzt bzw. fortgeführt werden können. Ebenso ist das klassische BIM und BIM in der Altlastenbearbeitung das Datenmanagement, sowie die Nutzung von sogenannten Common Data Environments (CDE) gleich.

Wie schon erwähnt, ist die Datengrundlage einer der ersten großen Unterscheidungsmerkmale zwischen dem klassischen BIM und BIM in der Altlastenbearbeitung. Während beim klassischen z. B. das detaillierte Gebäudemodell im Vordergrund sind, sind es beim BIM in der Altlastenbearbeitung vor allem die geowissenschaftlichen/altlastenspezifische Daten (Schadstoffverteilungsdaten, Untergrundprofile, Grundwasserdaten/-modelle, Geologische Daten/Modelle, etc.).

Die geowissenschaftlichen/altlastenspezifische Daten werden bis heute größtenteils in Geoinformationssystemen (GIS) und Programmen für das rechnergestützte Konstruieren (CAD-Computer-Aided Design) verarbeitet.

Eine der größten aktuellen Herausforderungen und auch in nächster Zukunft ist es daher, diese „Welten“ mit den zugehörigen Anwendern zusammen zu bringen. Hierbei werden unter anderem die Lagegenauigkeit, die Informationserhaltung beim Datentransfer ebenso wie das Schnittstellenmanagement eine wichtige Rolle spielen. Das Schnittstellenmanagement wird sowohl auf der technischen als auch auf der zwischenmenschlichen Ebene erforderlich sein, um das Konzept des BIM in der Altlastenbearbeitung zukunftsfähig zu machen.

Zwischenmenschlich meint die Kommunikation und den Austausch zwischen den GIS- und CAD-Nutzern und den Anwendern anderer Software, die im Rahmen von BIM-Projekten eingesetzt werden. Geowissenschaftliche/altlastenspezifische Daten beinhalten häufig Ergebnisse zu verschiedenen Zeitpunkten. Daher ist auch die Integration von dynamischen Daten (wie z. B. in Grundwassermodellen) erforderlich und gehört ebenfalls zu den Herausforderungen der Zukunft für das Konzept von BIM in der Altlastenbearbeitung.

Für den Tiefbaubereich gibt es auch in anderen Ländern, wie zum Beispiel Österreich, das Bestreben nach der BIM-Methodik zu arbeiten. Sie entwickeln aktuell das Tunnel Information Modeling (z. B. an der Universität Innsbruck [27])

4.6.1 Anwendungsfälle im Bereich der Altlastenbearbeitung

Im Zeitalter der Digitalisierung empfiehlt es sich nach der BIM-Methodik zu arbeiten, um von den Vorteilen, wie z. B. Qualitätssicherung und Kosteneinsparung, zu profitieren. Die Nutzung von BIM-Modellen erhöht somit die Planungssicherheit und vereinfacht Workflows. All diese Faktoren können auch als Mehrwert für den Altlastenbereich genutzt werden.

Ein Anwendungsfall im Altlastenbereich für BIM wäre z. B. das Baugrundmodell. Alle baurelevanten Informationen und Daten, wie großräumige Boden- bzw. Grundwasserbelastungen sowie geologische und bautechnische Angaben, fließen in das BIM-Modell ein. Ebenso können diese Daten dann auch für Grundwassermodelle genutzt werden.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung von BIM wären Altlastenmodelle. In das entsprechende BIM-Modell können alle punkt- oder flächenhaften Daten aus den durchgeführten Altlastenerkundungen eingepflegt werden. Diese Daten können weiter genutzt werden bis zur Erstellung eines Schadstoffkataster. Auch geologische Angaben, die aus Erkundungen z. B. in Form von Bohrprofilen vorhanden sind, können in das BIM-Modell mit einfließen. Des Weiteren können Angaben zur Geologie (Schichtungen, Bohrprofile), Kennwerte, Zuordnungswerte, Deponieklassen, Gründungstiefen mit in das BIM-Modell einfließen.

Vorteile der BIM-Arbeitsmethodik im Altlastenbereich sind somit planbare Kosten durch Volumenmodelle, 3D-räumliche Schadstoffverbreitungen, Materialzuweisungen (Zuordnungswerte, Deponieklassen) zur Rückverfolgung von Einbauchargen, belastbare Prognosen, eine bessere Dokumentation sowie eine ansprechende Visualisierung für den Kunden.

BIM ist beispielsweise für folgende Bereiche in der Altlastenbearbeitung anwendbar:

- Gebäude- und Bodenschadstoffe (Schadstoffkataster),
- Altlasten,
- Flächenrecycling,
- Kampfmittel,
- Rückbau,
- Baugrund- und Grundwassermodelle,
- Deponiebau.

Alle 20 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Umsetzung des Stufenplans erarbeiteten Anwendungsfälle (siehe Kapitel 4.5.2) sind sowohl im „klassischen“ BIM als auch bei der BIM Methodik im Altlastenbereich anwendbar.

Auch hier führt es zur Kostenersparnis im Bereich des Bodenmanagement. Es werden im Sinne der BIM Methodik die einzelnen Fachmodelle mit Attribuierung (Auswertungen der Daten) zusammengeführt. Somit können 3D-Schadstoffmodelle flächenhaft erstellt werden. Daraus ergeben sich präzise Mengenermittlungen und Angaben zur weiteren Nutzung des Bodenaushubs unter Berücksichtigung der relevanten Fachmodelle.

Ein anderer Anwendungsfall lässt sich im Bereich des Hochbaumodells erläutern. Hier geht es um die Thematik Gebäudeschadstoffe. Auch hier führt die Zusammenführung der Fachmodelle „Hochbaumodell / Gebäudeschadstoffmodell“ zu einer besseren Kalkulation der Massen und dient als Unterstützung zur Abrissplanung bzw. Sanierungsüberwachung. Auch im Altlastenbereich dienen die Daten zur weiteren Nutzung und können an den Kunden weitergegeben werden.

Die Baufortschrittskontrolle (AwF 15) lässt sich auch auf Rückbaubauprojekte beziehen. Somit handelt es sich dann um eine „Rückbaufortschrittskontrolle“. Hierbei ist anzumerken, dass dies unabhängig davon ist, ob es sich um den Rückbau aufgrund einer bestehenden Altlastenproblematik oder z. B. aufgrund eines geplanten Neubaus handelt.

Zwei relevante Anwendungsfälle, die derzeit noch nicht im Anwendungsfallkatalog erfasst werden, jedoch insbesondere in der Altlastenbearbeitung auftreten, sind zum einen die Sanierung

von Grundwasser und/oder Boden sowie die Entsorgung des kontaminierten Bodenaushubs oder der Rückbaumaterialien (belastet/unbelastet). BIM könnte hierbei z. B. bei der Mengenermittlung und Kostenschätzung sowie bei der Visualisierung unterstützend eingesetzt werden.

Bei der Betrachtung dieser aufgeführten Besonderheiten wird deutlich, dass die Anwendungsfälle für den Einsatz speziell in der Altlastenbearbeitung detaillierter erfasst werden müssen, um BIM als Werkzeug hier zukünftig etablieren zu können.

4.7 Hinweise zum Arbeiten mit BIM im Altlastenbereich

Eine Empfehlung für das Arbeiten mit der BIM-Methodik ist, dass man alle zur Verfügung stehenden 3D-Daten nutzt. Das betrifft alle Daten, die georeferenziert vorliegen und somit einen Lagebezug aufweisen. Es ist in jedem Fall sinnvoll, je nach Anwendungsfall und Erfordernis des Projekts, Abwägungen zu treffen. Bei der Modellierungsrichtlinie ist ein bestimmtes Ausmaß an Granularität zu beachten (LOG und LOI). Der geometrische Detaillierungsgrad des Modells (LOD) sollte zu Projektauftrag geklärt werden.

Im Gegensatz zur bisherigen Projektabwicklung, bei der die Datenübergabe in verschiedenster Form über digitale/analoge Pläne, Excel-Listen usw. erfolgt, kann eine konsistente Datenübergabe eines BIM-Modells erfolgen. Die Daten, die im Rahmen von BIM genutzt werden sollen, müssen einige Anforderungen erfüllen. Beispielsweise müssen alle Objekte (z. B. Probenahmepunkte) verortet sein, 2D-Daten müssen an den Objekten abrufbar hinterlegt werden und alle Daten sollten für den Datenaustausch idealerweise im IFC-Format [28] vorliegen.

Allerdings muss man zum jetzigen Zeitpunkt darauf hinweisen, dass das offene Austauschformat in Form der IFC-Schnittstelle (ISO 16739-1 [28]) für den Altlasten- und Tiefbaubereich noch nicht ausgereift ist. An Standards für den Altlasten-/Tiefbaubereich wird derzeit bei der buildingSMART noch gearbeitet. Bis die Weiterentwicklung vorangeschritten ist, kann der Datenaustausch über -.landXML, -.xml oder proprietäre Formate wie -.dwg, -.dxf erfolgen.

Die VDI-Richtlinie 2552, Blatt 2 [22] enthält Modellierungsrichtlinien bzw. Rahmenbedingungen zur Erstellung von Modellen (dokumentiert im BIM-Abwicklungsplan).

5 CAD-GIS-BIM Interoperabilität

Zu Beginn weisen wir auf den „Leitfaden Geodäsie und BIM“ (2023) von der DVW e.V. - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement und Runder Tisch GIS e.V. hin [29]. Besonders hervorzuheben sind die umfassenden Literaturangaben und prägnanten Fallbeispiele im Leitfaden.

5.1 Abgrenzungen

Nachfolgend werden zur Abgrenzung voneinander die Schlüsselfunktionen von 3D-Visualisierung/CAD, GIS und BIM kurz zusammengefasst.

3D-Visualisierung/CAD

Bei der 3D-Visualisierung werden Daten oder auch technischen Zeichnungen als dreidimensionalen Modelle dargestellt. Die raumbezogenen Daten werden dabei i. d. R. in einem Programm dreidimensional modelliert oder bereits vorhandene Daten werden in ein CAD-Programm importiert. Dabei sind diese Modelle nicht zwingend an ein Koordinatensystem gebunden. Zur Erstellung sind immer spezielle Softwareprogramme notwendig, zur Betrachtung hingegen reichen oftmals auch einfache Betrachtungsprogramme.

Da es sich bei dieser Art der Darstellung um eine rein visuelle Darstellungsform handelt, kann die Wirklichkeit teilweise vereinfacht sein.

GIS – Geoinformationssysteme

Geoinformationssystem (GIS) ist ein Informationssystem, um räumliche Daten zu erfassen, zu bearbeiten, zu analysieren und auch darzustellen. Es ist immer notwendig die Daten in Bezug zu einem Koordinatensystem zu verarbeiten und auszugeben. Zur Bearbeitung der Daten ist die Verwendung einer speziellen datenbankgestützter Software notwendig. Die Ergebnisse werden aktuell meist zweidimensional zum Beispiel als Bild, PDF oder Web-Darstellung präsentiert.

GIS-Anwendungen dienen vor allem zur Darstellung und Auswertung räumlicher Zusammenhänge.

BIM – Building Information Modeling

Im Rahmen von BIM können allen Bauteilen relevante Informationen (Attribute) zugeordnet werden. Solche Informationen sind z. B. Material, Lebensdauer, umweltrelevante Eigenschaften, aber auch Volumen, Nutzungsmöglichkeiten usw. Diese Informationen stehen idealerweise schon während der Planung zur Verfügung und können auch im weiteren Verlauf bei der Realisierung, dem Betrieb/Nutzung und auch dem Erhalt genutzt werden. Kurzum soll mittels der BIM Arbeitsmethode ein Bauwerk/Altlastenstandort während des gesamten Lebenszyklus betrachtet werden. BIM bietet auch die Möglichkeit über die dreidimensionale Betrachtung hinaus eine vier- bzw. fünf-dimensionale Betrachtung, bei zusätzlicher Zeit- und Kostenbetrachtung.

Dies bedeutet, dass BIM eine strategische Arbeitsmethodik ist, um digitale dreidimensionale (Bauwerks-)Modelle auf Basis einer Datenbank zu erstellen und alle für das Modell relevanten Daten zu erfassen, zu kombinieren und mit den Projektbeteiligten zu teilen. Diese Modelle beinhalten vordefinierte Bauteile, Räume usw. Ein grundlegender Aspekt des Systems ist die Möglichkeit der zentralen Vernetzung mehrerer Projektbeteiligter, um die Daten stets aktuell und zentral verknüpft zur Verfügung stehen zu haben.

5.2 Schnittstellen

Derzeitig werden Projekte im Bereich von Architecture, Engineering, Construction/ Facility Management (AEC/FM) mit Hilfe des BIM umgesetzt. Vorteile bestehen darin, dass die unterschiedlichen projektbeteiligten Parteien (Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer) Informationen zu Projektbestandteilen und Arbeitsabläufen einsehen, prüfen und umsetzen können. Für Unternehmen im Baugewerbe schließt dies vor allem den Baukörper bzw. das Gebäude als Ganzes und die Bestandteile im Detail ein. Im Bereich der Altlasten gäbe die Anwendung eines derartigen Projektmanagements ebenfalls die Möglichkeit einer deutlichen Präzisierung von Altlastensanierungsprojekten.

Derzeitig ist vor allem die GIS-basierte Darstellung von Altlastenstandorten das wesentliche Werkzeug einer raumbezogenen Sanierungsplanung. Dabei werden bereits Anwendungen für 3D-Darstellungen von Altlastenstandorten umgesetzt. Für die Darstellung und Planung von Sanierungsprojekten haben sich derlei Methoden mittlerweile zu einem etablierten Instrument entwickelt.

Mit der aufkommenden Anforderung eine gesamtheitliche Projektplanung digital umzusetzen, wie im Falle der BIM-Strategie der Deutschen Bahn AG [30], rückt die Nutzung von BIM/UIM (Building/Urban Information Modelling) auch in den Fokus von Umweltberatungs- und Ingenieurbüros.

Aufgrund des derzeitigen Schwerpunkts auf der Nutzung von GIS-Software stellt sich die Frage, inwieweit ein Austausch von Informationen BIM/CAD-Software und GIS-Software möglich ist.

5.2.1 Charakterisierung der aktuell zu Verfügung stehenden Schnittstellen zum verlustfreien Datenaustausch

Im Kern des BIM steht die Beschreibung von jedem Bestandteil eines Projekts. Dabei geht es um eine ganzheitliche Darstellung von Bestandteilen eines Projekts. Im Falle von Altlasten geht es darum, Altlastenstandorte oder Schadstoffherde mit den unterschiedlichen Projektbestandteilen und Projektparteien darzustellen und auf Basis der „Information Managements“ eine optimierte Projektorganisation zu ermöglichen. Wenn im Bereich der Altlasten ein verlustfreier Austausch von Daten stattfinden soll, dann muss ein Common Data Environment (CDE) als Grundlage für die Nutzung von BIM und GIS gelten.

Zwei Standards im Bereich der raumbezogenen Projektplanung wurden bisher entwickelt. Im Bereich BIM und CAD wurde der IFC-Standard (Industry Foundation Classes) von buildingSMART [28] entwickelt. Für GIS-Software wurde der GML-Standard (Geography Markup Language) vom Open Geospatial Consortium entwickelt. Ein wesentlicher Unterschied der beiden Formate liegt darin, dass IFC-Format und GML-Format unterschiedliche Koordinatensysteme nutzen. Wo CAD-Software ein lokales Koordinatensystem mit einem positiven Wertebereich nutzt, werden im GML-Format lokale geografische Koordinatensysteme genutzt.

Sehr detaillierte Anforderungen wurden zum Thema BIM und GIS-Interoperabilität im Leitfaden Geodäsie und BIM4Infra treffend zusammengefasst. Darin werden für die Standards im Building/ Urban Information Modelling folgende Unterschiede und Anforderungen gestellt:

- Verwendung von verschiedenen Koordinatenreferenzsystemen,
- großflächige Geobasis- und Geofachdaten
- abgestufte Granularität in Abhängigkeit vom Visualisierungsmaßstab,
- Erweiterbarkeit um Fachinformationen,
- vertikale Integration in nationale und internationale Geodateninfrastrukturen,
- Harmonisierung mit 2D-Informationen wie z. B. den Daten des Liegenschaftskatasters,
- langfristige Fortführungskonzepte,

- performante Zugriffsmethoden (Unterstützung räumlicher Indexe durch Verwendung expliziter Geometrie), performante Visualisierung großer Datenmengen im Web

Derzeitiger Stand ist, dass im Bereich des BIM keine einfache Interoperabilität mit GIS-Software für die Übernahme von Daten und Informationen möglich ist. Da viele Unternehmen und Behörden Projekte mit unterschiedlichen Software-Lösungen bearbeiten, ist es notwendig vorerst eine Plattform zu nutzen, mit der standardisierte Daten für BIM-Projekte verwendet und ausgetauscht werden können. Im Bereich der CAD-Software bietet der IFC-Standard bisher eine Möglichkeit des Datenaustauschs zwischen den Projektbeteiligten Parteien. Beispielsweise die Verbindung mit AVA-Software bietet hier eine Möglichkeit, die ökonomische Umsetzung eines Projekts zu dokumentieren und diesbezügliche Informationen auszutauschen.

Ingenieurbüros, die mit BIM/CAD-Software und GIS-Software für die Visualisierung und Auswertung von raumbezogenen Daten arbeiten, würden bereits unternehmensintern von einer Interoperabilität der beiden Systeme profitieren. Derzeitiger Stand der Technik ist die Erstellung einer parallel arbeitenden Datenbank, in der Daten für das IFC Format und für das GML Format erstellt werden

5.3 Nutzung von proprietären Formaten

In-Haus-Lösungen großer Software-Hersteller am Beispiel Autodesk [17] und ESRI [31]: Derzeit arbeiten unterschiedliche Unternehmen an der Umsetzung einer BIM-GIS Interoperabilität. Zwei der großen Unternehmen im Bereich der raumbezogenen Daten sind Autodesk und ESRI. Folgender Ansatz wird dabei verfolgt: Während BIM und CAD-Software vor allem einen Fokus auf einen technischen Bestandteil verfolgt, werden Daten in GIS-Software in deutlich größeren Maßstäben umgesetzt. Derzeit arbeiten Autodesk und ESRI an einer Interoperabilität, die eine Brücke zwischen den beiden Systemen schlagen soll.

Vor dem Hintergrund, dass im Bereich des BIM derzeit keine klare Interoperabilität mit der Übernahme von Daten zwischen unterschiedlichen Software-Anbietern möglich ist, werden im Folgenden die beiden wesentlichen Daten-Standards diskutiert, die auch im Leitfaden Geodäsie und BIM des DVW e. V. [32] beschrieben sind.

5.4 Nutzung offener Formate

Das wohl bekannteste offene Format ist die bereits erwähnte IFC. Bei diesem handelt es sich um ein Datenmodell. Der Datenaustausch ist jedoch nicht dazu gedacht, um am Modell weiterzuarbeiten, sondern dient als „eingefrorene Kopie“. Werden beispielsweise die Modelle von allen Gewerken zusammengeführt, bleibt der Autor dennoch weiterhin Besitzer des Modellinhalts.

In den IFC erfolgt die Repräsentation von Projekt- und Raumstrukturen. Aggregation einzelner Modellelemente können zu Systemen aggregiert werden und logische Beziehungen zwischen den Elementen des Modells hergestellt werden. Die Beschreibung von Räumen und Bauteilen erfolgt geometrisch in 3D und alphanumerisch durch Eigenschaften „Properties“, die grobe Beschreibung über standardisierte „Property Sets“ und die standardisierte Grundlage für Bauteileigenschaften der BIM-Klassifikationen nach STLB-Bau (DIN SPEC 91400 [34]). Die Verbindung von IFC-Bauwerksdaten und GAEB-Leistungsverzeichnissen ist möglich und in der DIN SPEC 91350 [35] definiert.

Ein weiteres wichtiges offenes Format ist das BCF (Open BIM Collaboration Format). Hierbei handelt es sich um ein einfaches Datenaustauschformat und eine Datenschnittstelle zum vereinfachten Datenaustausch, ermöglicht die modellbasierte Kommunikation. BCF ermöglicht somit die Kommunikation zwischen BIM-Anwendungen und IFC-Modellen, die zuvor zwischen Projektpartnern ausgetauscht wurden.

Des Weiteren ist noch das GreenBuildingXML (gbXML) zu erwähnen [36]. Dieses offene Schema wurde entwickelt, um die Übertragung von Gebäudedaten im BIM-Modell für Analysewerkzeuge zu erleichtern. gbXML wird in verschiedene Software integriert und von 3D-BIM-Anbietern unterstützt. Interoperabilitätsprobleme sollen mit gbXML reduziert werden und Planungsverzögerungen beseitigt werden.

Das wichtigste offene Format für 3D-GIS ist CityGML (City Geography Markup Language). Dabei handelt es sich um ein GML-Anwendungsschema zur Speicherung und zum Austausch virtueller 3D-Stadtmodelle. Das Format basiert auf XML und wird vom Open Geospatial Consortium (OGC) herausgegeben.

5.5 Zusammenbringung der Daten in einer CDE

Eine gemeinsame Datenumgebung: Common Data Environment, virtueller Projektraum, Projektplattform oder auch Projektkommunikationssystem genannt, ist der Speicherort bzw. die Quelle für Projektinformationen. In ihr werden sowohl die Dokumentation als auch graphische und nicht graphische Daten gesammelt, verwaltet und verteilt. Es werden Teams, Prozesse, Informationen und Systeme über die Grenzen eines Unternehmens hinweg über einen Projektlebenszyklus erfasst. Besitzer der Informationen innerhalb einer CDE bleibt der Autor dieser Information. Schwieriger ist die Frage des Datenschutzes im weiteren Projektverlauf.

Jeder Informationseinheit wird ein Status entsprechend der vier Bereiche zugeordnet. Wie die Datenbank im Einzelnen aussieht, ist projektabhängig. Es kann sich in einfachen Projekten auch um eine einfache Ordnerstruktur (Dateiablagensystem) handeln, z. B. auf einem Server oder in einer Cloud. In einer CDE gibt es in der Regel vier Bereiche, die durch einen Informationsfluss miteinander verbunden sind:

1. Work in progress (WIP; in Bearbeitung): in diesem Bereich befindet sich ungeprüfte Informationen (jeder einzelnen Organisation/Unternehmen)
2. Shared (Geteilter Bereich): geprüft, überarbeitet, genehmigte Informationen zum Teilen mit anderen Projektteilnehmern, ggf. inkl. Kunde
3. Published Dokumentation (Veröffentlichter Bereich): Informationen, die autorisiert sind oder akzeptiert vom Kunden oder seinem Stellvertreter (z. B. Designer, Konstrukteur)
4. Archiv: kontinuierliche Dokumentation über den Lebenszyklus hin, einschließlich aller Transaktionen und Änderungen

Als Standards für Common Data Environments bei BIM-Anwendungen hat die British Standard Institution (BSI) die PAS 1192 [37] und PAS 1192-2 [38] und weitere der Serie veröffentlicht (PAS = Publicly Available Specifications). Diese sind unter anderem im Jahr 2019 durch die BS EN ISO 19650-1 [39] und BS EN ISO 19650-2 [40] abgelöst worden (s. auch BS EN ISO 19650-3:2020 [41], 19650-4:2022 [42] und BS EN ISO 19650-5:2020 [43]). Auch zu erwähnen ist die Richtlinienreihe VDI 2552 „Building Information Modelling“ [22] vom Verein Deutscher Ingenieure. In ihr wird der nationale Standpunkt in den internationalen Anstrengungen zur BIM-Standardisierung dargestellt.

Die größte Herausforderung um BIM und 3D-GIS Anwendungen ist es die unterschiedlichen Sichtweisen, Herangehensweisen und Zielsetzungen in Einklang zu bringen, um letztendlich auch die Nutzung einer CDE zu ermöglichen. Diese Unterschiede äußern sich in den folgenden sechs Punkten, die in den folgenden Unterkapiteln beschrieben werden.

5.5.1 Grundlegendes Modellierungsparadigma

Bei der BIM Methode wird der Top-Down Ansatz verwendet, das bedeutet etwas Geplantes wird virtuell korrekt dargestellt– es entsteht sozusagen ein virtueller Zwilling. Beim GIS hingegen besteht häufig ein Bottom-up Ansatz. D.h. die reale Welt wird erfasst und in ein digitales Modell überführt.

5.5.2 Skalenbereich und Inhalt

Bei BIM-Modellen umfasst der Skalenbereich die detaillierte Sicht auf ein spezielles Gebäude von der Grundstruktur bis hin zu einzelnen Komponenten. Bei 3D-GIS Modellen hingegen sind Gebäude enthalten, aber auch weitere thematische Bereiche wie Verkehrsflächen, Gewässer, Vegetation etc.

5.5.3 Detaillierungsgrad

In BIM-Modellen beziehen sich die LOD (Level of Development) auf eine Disziplin und Leistungsphase und beinhalten Informationen über den Ausgestaltungsgrad über ein Bauteil. Dabei kann der Detaillierungsgrad in einer Leistungsphase zwischen unterschiedlichen Disziplinen variieren. LOD 100 entspricht z. B. der konzeptionellen Darstellung von Volumen und Flächen. LOD 500 hingegen enthält alle Informationen, die für die Bewirtschaftung erforderlich sind – also das as-built-Modell.

In GIS-basierten 3D-Modellen bezieht sich der LOD (Level of Detail) auf den Maßstabsaspekt in Karten. Das heißt in einer niedrigen LOD-Stufe werden kleinere bzw. unbedeutendere Gebäudeteile nicht modelliert. LOD 0 entspricht dabei einem Regionalmodell (2.5D Digitales Geländemodell), während es sich bei LOD 4 um ein „begehbares“ Innenraummodell handelt.

5.5.4 Geometriepäsentation

In einem BIM-Modell repräsentieren Volumenkörper die Bauteile und Komponenten eines Gebäudes. Durch logische Operationen werden sie dann z. B. vereinigt oder voneinander abgezogen, um das Bauteil geometrisch zu repräsentieren. Bei einem 3D-GIS Modell hingegen werden die Objekte durch Begrenzungsflächen dargestellt. Form und Orientierung werden dabei durch die Reihenfolge der Polygonstützpunkte definiert.

5.5.5 Georeferenzierung

Beim GIS werden Objekte in einem Koordinatenreferenzsystem (CRS) in Bezug zur gesamten Erde räumlich repräsentiert, während sich beim BIM lokale Projektkoordinatensysteme (PCS) nur zur geometrischen Beschreibung eines Bauwerks eignen, unabhängig von anderen Objekten der Umgebung. Bei CRS finden Abbildungsverzerrungen statt und bei der Nutzung von GIS-Daten in BIM sind Korrekturen hinsichtlich Abbildungsverzerrung und Höhenreduktion erforderlich.

5.5.6 Standardisierung

Die Datenmodelle und -formate wurden von unterschiedlichen Standardisierungsorganisationen entwickelt, wodurch strukturelle Unterschiede entstanden sind. Bei BIM spielt die buildingSMART International (bSI) eine entscheidende Rolle (IFC-Format). In der GIS-Welt wird die Entwicklung und die Standardisierung vom OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC) begleitet (CityGML). Um die Interoperabilität der BIM- und GIS-Welt zu verbessern, wurde zwischen der bSI sowie dem OGC und ISO eine offizielle Liaison beschlossen, um zukünftige Entwicklungen von Standards zu Datenmodellen und -formaten in Absprache und teilweise in enger Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsgruppen durchzuführen (z. B. Entwicklung des IFC-Alignment-Konzepts).

Die aktuell größten Herausforderungen für die Zusammenarbeit allgemein und damit auch die Nutzung einer gemeinsamen Dateninfrastruktur in BIM-3D-GIS-Kombinationsprojekten sind neben den oben beschriebenen unterschiedlichen Herangehensweisen, den technischen Voraussetzungen und dem personell sehr unterschiedlichen Know-How besonders die aktuell fehlenden Routinen und Arbeitsabläufe.

Als weitere zukünftigen Herausforderungen sind auch die folgenden zu nennen:

- Vermeidung/Reduktion von Informationsverlusten
- Vermeidung von Fehlinterpretationen
- Integration des räumlichen und zeitdynamischen Bezugs in GIS-Daten
- Herstellung der Kompatibilität zwischen unterschiedlicher Software
- Erweiterung der Nutzergruppen
- Abdeckung von Maßstabsbereichen
- Berücksichtigung des geltenden Vergabe- und Vertragsrechts

6 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeitshilfe zu BIM, CAD und GIS hat im Rahmen einer Einführung in die Thematik, die Begrifflichkeiten, Schnittstellen und Synergien dieser fortschrittlichen Technologien beleuchtet, mit besonderem Fokus auf ihre Anwendung in der Bearbeitung von Altlasten. Dabei hat sich gezeigt, dass der Einsatz digitaler Technologien im Bau- und Umweltsektor nicht nur innovative Lösungsansätze bietet, sondern auch neue Herausforderungen mit sich bringt.

Einer der zentralen Aspekte, die es im Rahmen des Datenaustauschs zwischen BIM- und GIS-Systemen zu beachten gilt, ist die Gewährleistung von Datenschutz und Datensicherheit. Die Handhabung sensibler Daten erfordert strikte Richtlinien und Schutzmechanismen, um Missbrauch und unbefugten Zugriff zu verhindern. Es ist daher unerlässlich, dass sich alle Beteiligten der Relevanz dieser Thematik bewusst sind und entsprechende Maßnahmen implementieren.

Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Entwicklungen im Bereich GIS und BIM dynamisch fortschreiten. In diesem Kontext ist es essenziell, dass Fachleute aus der Branche diese Entwicklungen kontinuierlich verfolgen und evaluieren, um die besten Werkzeuge und Prozesse für die spezifischen Anforderungen der Altlastenbearbeitung zu identifizieren und anzuwenden. Hierbei sind eine kontinuierliche Weiterbildung und der Austausch mit Experten unabdingbar, um auf dem neuesten Stand zu bleiben und innovative Ansätze in die Praxis zu integrieren.

Schließlich hat sich gezeigt, dass digitale Technologien zwar eine große Unterstützung im Prozess der Altlastenbearbeitung darstellen, ihre Anwendung jedoch stets kritisch hinterfragt werden sollte. Das primäre Ziel sollte stets die Effizienzsteigerung sein. Das bedeutet, dass Technologien und Prozesse nicht um ihrer selbst willen implementiert werden sollten, sondern immer im Hinblick darauf, ob sie tatsächlich zur Optimierung des Arbeitsablaufs beitragen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, eine Balance zwischen technologischer Innovation und praktischer Anwendbarkeit zu finden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass BIM und GIS als leistungsfähige Werkzeuge im Umweltsektor und speziell in der Altlastenbearbeitung große Potenziale bieten. Um diese Potenziale jedoch voll ausschöpfen zu können, bedarf es eines umsichtigen Umgangs mit Datenschutz und Datensicherheit, einer kontinuierlichen Auseinandersetzung mit technologischen Entwicklungen sowie einer kritischen Betrachtung der Prozesseffizienz. Nur so können BIM und GIS als Arbeitshilfen ihre volle Wirkung entfalten und zu einer nachhaltigen Verbesserung und Vereinfachung der Arbeitsabläufe beitragen.

Die Digitalisierung schreitet voran, die mögliche Methodenpalette wird stetig größer, und in der Praxis von Altlastensanierungs- und Flächenrecyclingprojekten zeigt sich nicht selten, dass noch bevorzugt auf altbewährte Methoden zurückgegriffen wird. Mit dem bereits stattfindenden Generationenwechsel und aktuell bestehenden Fachkräftemangel ist es jedoch unabdingbar, sich zum einen die Fortschritte im Bereich der Digitalisierung zu Nutze zu machen und zum anderen Prozesse langfristig effektiv(er) zu gestalten.

Nachdem der ITVA-Arbeitskreis „Digitale Altlastenbearbeitung“ mit der vorliegenden Arbeitshilfe einen ersten Überblick über den Stand und die Methoden der Digitalisierung im Bereich von Altlastensanierung und Flächenmanagement gegeben hat, ist geplant in der Zukunft Arbeitshilfen zum konkreten Einsatz z. B. von BIM in der Praxis zu erarbeiten und Beispiele aus der Praxis vorzustellen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Digitale Transformation „Made in Germany“: Welche Rolle spielt die Plattform Industrie 4.0? <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Home/home.html>, 01.11.2023.
- [2] Wikipedia, Building Information Modeling. https://de.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling, 06.11.2023.
- [3] Wikipedia, Geoinformationssystem. <https://de.wikipedia.org/wiki/Geoinformationssystem>, 01.11.2023.
- [4] Wikipedia, Geodatenmanagement. <https://de.wikipedia.org/wiki/Geodatenmanagement>, 05.11.2023
- [5] ESRI. <https://www.esri.com/de-de/arcgis/about-arcgis/overview>, 06.11.2023
- [6] QGIS. <https://qgis.org/de/site/>, 06.11.2023
- [7] GeoServer. <https://geoserver.org/>, 06.11.2023
- [8] GoCAD. <https://www.mirageoscience.com/mining-industry-software/gocad-mining-suite/>, 06.11.2023
- [9] Leapfrog. <https://leapfrog.com.de/>, 06.11.2023
- [10] Petrel. <https://www.software.slb.com/products/petrel>, 06.11.2023
- [11] FEFLOW. <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/feflow>, 06.11.2023
- [12] MODFLOW. <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/modflow-and-related-programs>, 06.11.2023
- [13] Open Geospatial Consortium (OGC). <https://www.ogc.org/>, 03.11.2023.
- [14] ISO/TC 211 - Geographic information/Geomatics. <https://www.iso.org/committee/54904.html>, 03.11.2023.
- [15] Wikipedia, Web Map Service. https://de.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service, 01.11.2023
- [16] DIN EN ISO 19650-1:2019: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Begriffe und Grundsätze (ISO 19650-1:2018)
- [17] Autodesk. <https://www.autodesk.de/>, 06.11.2023
- [18] planen-bauen4.0. <https://planen-bauen40.de/>, 05.11.2023
- [19] buildingSMART. <https://www.buildingsmart.de/>, 05.11.2023
- [20] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015. Stufenplan Digitales Planen und Bauen. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.html>, 05.11.2023
- [21] Borrmann, A., König, M., Koch, C. Beetz, J. (Hg.), 2015. Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, Springer-Verlag
- [22] VDI 2552 Blatt 2:2022. Building Information Modeling - Begriffe
- [23] Honorarordnung für Architekten und Ingenieure vom 10. Juli 2013 (BGBl. I S. 2276), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist
- [24] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018. Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ AP 1.2 „Szenariodefinition“ und AP 1.3 „Empfehlung“. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/digitales-planen-und-bauen.pdf?blob=publicationFile>, 06.11.2023
- [25] De Laat, R., & Van Berlo, L., 2011. Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension. Advances in 3D geo-information sciences, 211-225. In:

- Kolbe, T. H.; König, G.; Nagel, C. (Eds.) 2011: Advances in 3D Geo-Information Sciences, ISBN 978-3-642-12669-7, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3> 13
- [26] Kolbe, T. H.; König, G.; Nagel, C. (Hg.) 2011: Advances in 3D Geo-Information Sciences, ISBN 978-3-642-12669-7 2011.
- [27] Universität Innsbruck. <https://www.uibk.ac.at/de/ibt/forschung/tim/>, 06.11.2023
- [28] DIN EN ISO 16739-1:2021-11 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement - Teil 1: Datenschema (ISO 16739-1:2018)
- [29] DVW e.V. - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement und Runder Tisch GIS e.V., 2023. Leitfaden Geodäsie und BIM, Version 3.2. <https://dvw.de/BIM-Leitfaden.pdf>, 06.11.2023
- [30] Deutsche Bahn. https://www.deutschebahn.com/de/bahnwelt/bauen_bahn/bim/BIM-1186016, 06.11.2023
- [31] ESRI. <https://www.esri.de/de-de/home>, 06.11.2023
- [32] [Gruber, Ulrich et. al.]: BIM und GIS-Integration – standardisierte offene Formate. In: Leitfaden Geodäsie und BIM, 2019 von der DVW e.V. und GIS e.V. [29]
- [33] buildingSMART. <https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards-standardisierung>, 06.11.2023
- [34] DIN SPEC 91400:2017. Building Information Modeling (BIM) – Klassifikation nach STLB-Bau
- [35] DIN SPEC 91350:2016. Verlinkter BIM-Datenaustausch von Bauwerksmodellen und Leistungsverzeichnissen. Ersetzt durch DIN 18290-1:2023 und DIN 18290-2:2023
- [36] BIMwelt GmbH. <http://www.bimwelt.de/bim/bimkonzepte/gbxml/>, 06.11.2023
- [37] PAS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice. (zurückgezogen)
- [38] PAS 1192-2:2013. Incorporating Corrigendum No. 1 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. (zurückgezogen)
- [39] BS EN ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling -- Information management using building information modelling: Concepts and principles.
- [40] BS EN ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling -- Information management using building information modelling: Delivery phase of the assets.
- [41] BS EN ISO 19650-3:2020 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling. Operational phase of the assets.
- [42] BS EN ISO 19650-4:2022 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling - Information exchange.
- [43] BS EN ISO 19650-5:2020: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling. Security-minded approach to information management.