

# BIM als Planen, Bauen & Betreiben mit Navigationssystem

L. Lenz | R. Krüger | K. Weist

DOI: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201805141122-0>

*M.Eng. Lisa Theresa Lenz<sup>1</sup>*

*Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement*

*Technische Universität Dortmund*

*[lisa.lenz@tu-dortmund.de](mailto:lisa.lenz@tu-dortmund.de)*

*Dipl.-Ing. Ralf Krüger<sup>2</sup>*

*Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement*

*Technische Universität Dortmund*

*[ralf.krueger@tu-dortmund.de](mailto:ralf.krueger@tu-dortmund.de)*

*B.Sc. Kai Christian Weist*

*Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement*

*Technische Universität Dortmund*

*[kai.weist@tu-dortmund.de](mailto:kai.weist@tu-dortmund.de)*

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Digitalisierung in der Bauwirtschaft</b> .....	<b>206</b>
<b>2</b>	<b>Building Information Modeling</b> .....	<b>207</b>
	2.1 Blackbox BIM.....	207
	2.2 Definition BIM .....	207
	2.3 Daten im BIM-Modell .....	208
<b>3</b>	<b>Konzeptstudie</b> .....	<b>209</b>
	3.1 Navigationssysteme.....	209
	3.1.1 Komponenten .....	210
	3.1.2 Funktionsweise .....	210
	3.1.3 Geographisches Ortungssystem.....	211
	3.1.4 Funktionsweise der Routenberechnung / Kostenmodell.....	212
	3.2 Vergleich Navigationssystem und BIM.....	213
	3.3 Modulanalyse für BIM .....	214
<b>4</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>214</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>215</b>

---

<sup>1</sup> Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Graduiertenkollegs GRK 2193 „Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld“, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

<sup>2</sup> Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Evaluierung der Einsatzmöglichkeiten von BIM und Virtual Reality im Qualitätsmanagement“, gefördert durch die Jaeger Gruppe.

## 1 Digitalisierung in der Bauwirtschaft

Das Thema Digitalisierung ist in der Bauwirtschaft angekommen. Nach einer Studie von McKinsey aus dem Jahr 2017 stellt die Baubranche gemäß des Digitalisierungsindizes in Relation zur Produktivitätssteigerung im Vergleich zu anderen Branchen das Schlusslicht dar.

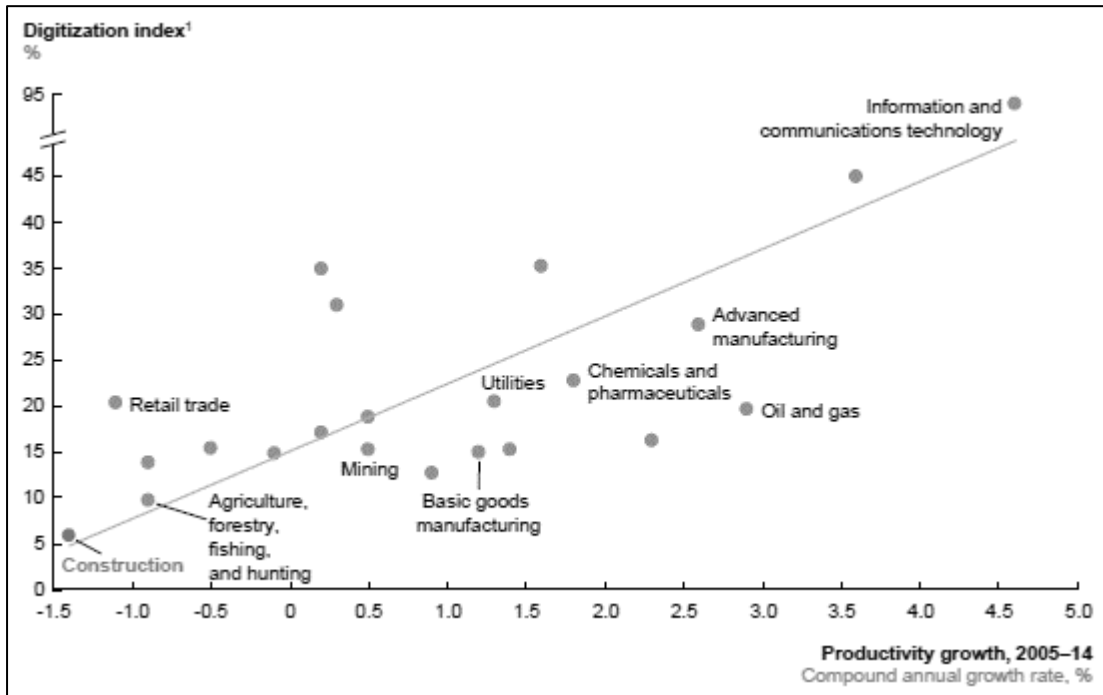


Abbildung 1: Digitalisierungsindex in Relation zur Produktivitätssteigerung unterschiedlicher Industriezweige<sup>3</sup>

Speziell die Umsetzung von Digitalisierungslösungen, wie beispielsweise die Einführung der Building Information Modeling Methode (Kurz: BIM-Methode), ist für Unternehmen der Baubranche eine große Herausforderung.

Laut der Studie „Bauwirtschaft im Zahlenbild“ vom Juni 2017 gab es etwa 75.000 Betriebe im deutschen Bauhauptgewerbe mit 817.400 Beschäftigten. Von diesen waren nur ca. 0,3 % der Betriebe den großen Unternehmen mit 200 oder mehr Beschäftigten zuzuordnen.<sup>4</sup>

Nach einer Untersuchung des Fraunhofer ISI reagieren aber gerade kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) mit großer Zurückhaltung und Skepsis auf Innovationen und erkennen oft eigene Anwendungspotenziale nicht.<sup>5</sup>

Aufgrund der wesentlichen Prägung der Bauwirtschaft durch mittelständische Unternehmen (KMU), die sich aktuell in einem Spannungsfeld zwischen einem Konjunkturhoch und

<sup>3</sup> Brabosa et. al. (2017)

<sup>4</sup> Vgl.: Kraus (2018)

<sup>5</sup> Vgl.: Zanker et. al (2014)

Herausforderungen wie dem Fachkräftemangel u.Ä. befinden, ist eine eher träge Einführung von Digitalisierungsmaßnahmen zu beobachten.

Gründe für die Trägheit im Rahmen der Einführung von neuen Technologien im Kontext der Digitalisierung sind u. a. in begrenzten Ressourcen und Kompetenzen von KMU zu identifizieren, die sich nur sehr begrenzt auf technologische Experimente mit ungewissem Ausgang einlassen können.<sup>6</sup>

Das Warten auf die Entwicklung und den Beleg der Wirtschaftlichkeit neuer Technologien birgt das Risiko, den Anschluss zu verpassen und den Wandel letztendlich nicht mitgestalten zu können. Diese Problematik lässt sich auf das Zitat von Omar Bradley, „Man sollte den Kurs eines Schiffs nach den Lichtern der Sterne und nicht nach den Lichtern vorbeifahrender Schiffe bestimmen“<sup>7</sup> abstrahieren. So ist es aktuell für Unternehmen von elementarer Bedeutung, den Anschluss im Rahmen der Digitalisierung nicht zu verpassen.

Um KMU den Einstieg in das Digitalisierungszeitalter zu erleichtern, bedarf es einer Vielzahl an Richtlinien, Standards und Beratungshilfen hinsichtlich innovativer Möglichkeiten zur Optimierung und Produktivitätssteigerung, zugeschnitten auf den jeweils zu betrachtenden Geschäftsfall. Wird dies beispielsweise auf den Digitalisierungstreiber BIM übertragen, so gibt es keine standardisierte Lösung, basierend auf einem Softwaresystem. Vielmehr ist eine Strategie zur Einführung unter Betrachtung und Analyse der aktuellen Geschäftsprozesse zu erarbeiten.<sup>8</sup>

## 2 Building Information Modeling

### 2.1 Blackbox BIM

Das Akronym BIM stellt aktuell für viele Bauprojektbeteiligte eine Blackbox dar. So versteht ein Anteil der Fachleute darunter ein dreidimensionales Gebäudemodell, andere wiederum eine Möglichkeit der effizienteren, modellbasierten Mengenermittlung. Es kursieren diverse Abkürzungen, wie BAP (BIM-Abwicklungsplan) oder AIA (Auftraggeberinformationsanforderungen). Verbunden mit Fragestellungen, wie die Regelung rechtlicher Rahmenbedingungen, Datensicherheit oder die Vereinbarkeit eines BIM-Prozesses mit der HOAI, erhöhen diese zusätzlich die augenscheinliche Komplexität und daraus resultierende Unsicherheiten. Um die Einführung der BIM-Methode vollumfassend und effizient gestalten zu können, bedarf es zur Entwicklung einer identischen Kommunikationsbasis aller Beteiligten einer grundlegenden Definition dieser.

### 2.2 Definition BIM

Egger, Hausknecht, Liebich & Przybylo definieren im Rahmen eines BIM-Leitfadens das Akronym BIM wie folgt:

---

<sup>6</sup> Vgl.: Hirsch-Kreinsen/ ten Hompel (2015), S. 17.

<sup>7</sup> Omar Nelson Bradley (12.Februar 1893 – 08.April 1981) US-amerikanischer General of the Army.

<sup>8</sup> Vgl.: Bergische Universität Wuppertal, S. 3.

„Building Information Modeling (BIM) ist eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen, virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhalten. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau.“<sup>9</sup>

„Somit wird für Planung, Bau, Betrieb oder Rückbau einer Bauaufgabe unter Verwendung der BIM-Methode ein digitaler Zwilling des Bauwerks (i.S. eines BIM-Modells) erstellt, der nicht nur die statische Geometrie, sondern auch das dynamische Verhalten der Objekte (z.B. i.S. von Bauteileigenschaften) innerhalb des zu betrachtenden Systems imitiert.“<sup>10</sup>

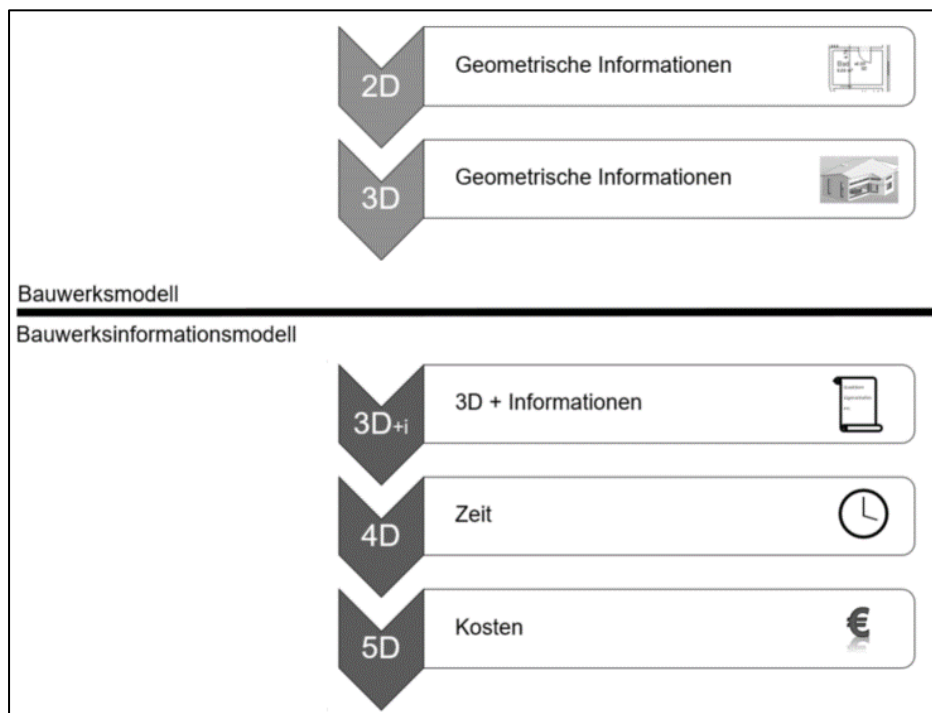


Abbildung 2: Grenze zwischen konventionellem Bauwerksmodell und Bauwerksinformationsmodell<sup>11</sup>

Dies bedeutet, dass die Grenze von konventionellen Methoden zur Anwendung der BIM-Methode in der Stufe 3D+i (3D + Informationen), also von einem dreidimensionalen Bauwerksmodell hin zu einem Bauwerksinformationsmodell liegt. Zeit- und Kostenansätze werden in der sogenannten 4. und 5. Dimension mit dem Modell auf Basis des Bauteils verknüpft, wodurch eine gesamtheitliche Bewertung des Bauwerksinformationsmodells möglich wird.

### 2.3 Daten im BIM-Modell

Die Informationen, respektive Daten des BIM-Modells, werden bauteilorientiert verarbeitet. Das modellierte Bauteil wird mit den für den jeweiligen Anwendungsfall relevanten

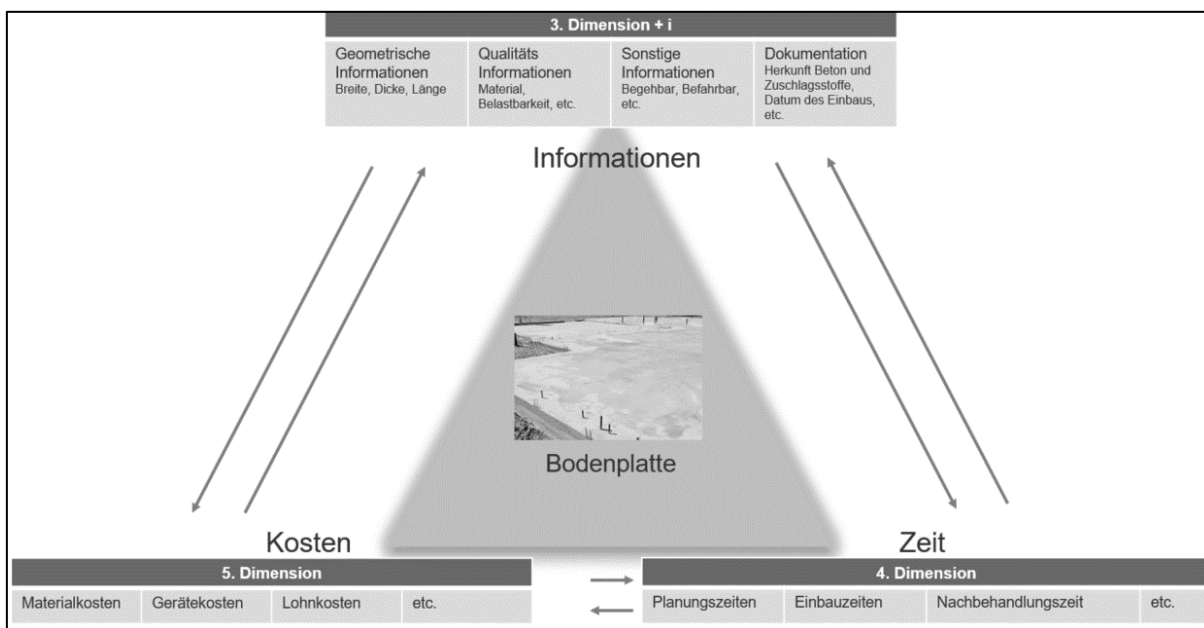
<sup>9</sup> Egger et. al. (2013), S. 18

<sup>10</sup> Gralla/ Lenz (2018), S. 5.

<sup>11</sup> Vgl.: Gralla/ Lenz (2017), S. 210-211

Informationen versehen, welche je nach Zieldefinition differieren und über konventionelle bauliche Informationen hinausgehen können.

So kann das Bauwerksinformationsmodell einer Fabrik beispielsweise als Basis für Navigationszwecke von autonomen Fahrsystemen dienen und Informationen enthalten, ob ein Bauteil ein Hindernis für das zu navigierende Objekt o.Ä. darstellt. Neben Informationen über Belastungsklassen der einzelnen Bauteile können auch Eigenschaften in das Modell implementiert werden.<sup>12</sup>



**Abbildung 3: Bauwerksinformationsmodell am Beispiel einer Bodenplatte<sup>13</sup>**

Vor der Implementierung von Informationen in ein BIM-Modell ist ähnlich wie bei dem Einsatz eines Navigationssystems, also der digitalisierten Version einer Routenplanung (alt: Landkarte), der Start (Positionierung) und das Ziel (Festlegung der Anwendungspotenziale) zu definieren. Das Navigationssystem funktioniert während der darauffolgenden Anwendung automatisiert und unabhängig von menschlichem Einwirken. Dies ist bei der BIM-Methode nicht der Fall. Aus diesem Grund werden nachfolgend das Prinzip des Navigationssystems mit dem der BIM-Methode abgeglichen und Parallelen gezogen sowie fehlende Systembestandteile bestimmt.

### 3 Konzeptstudie

#### 3.1 Navigationssysteme

Navigationssysteme sind aus der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken. Die in der Navigationssoftware hinterlegten Daten bilden die Grundlage dafür, welche Informationen der An-

<sup>12</sup> Vgl.: Delbrügger et. al. (2017)

<sup>13</sup> Vgl.: Gralla/ Lenz (2017), S. 210-211

wender erhält. In einem Auto sind dies beispielsweise Informationen über die Fahrtroute zum Ziel, zulässige Geschwindigkeiten oder auch Verkehrsstörungen.<sup>14</sup>

### 3.1.1 Komponenten

Ein Navigationssystem besteht grundsätzlich aus Hard- und Software und dem Zugriff auf ein geographisches Ortungssystem sowie gegebenenfalls weiteren Sensoren und externen Datenquellen. Die grundlegende Funktionalität eines solchen Systems lässt sich in die folgenden drei Bereiche unterteilen:

- die Positionsbestimmung, d. h. die Berechnung des derzeitigen Standorts mit Hilfe von mathematischen Methoden aufgrund von Sensorsignalen,
- die Routenberechnung, d. h. die Berechnung einer Route von der derzeitigen Position zu einem vorgegebenen Ziel nach teilweise individuell wählbaren Kriterien,
- die Zielführung, d. h. die Leitung des Fahrers mit akustischen und visuellen Hinweisen entlang der berechneten Route.

Um diese Funktionalität erfüllen zu können, sind folgende Module innerhalb des Systems notwendig: Datenbank, Positionierung, Map-Matching, Routenberechnung, Zielführung, Kommunikation über Funk und Benutzerschnittstelle. Innerhalb des Datenbankmoduls werden vor allem digitalisiertes Kartenmaterial und weitere für das System relevante Informationen verwaltet. Die Interaktion zwischen den Modulen ist wechselseitig.<sup>15</sup>

### 3.1.2 Funktionsweise

Das Positionierungsmodul erhält Signale von einem geographischen Ortungssystem wie z.B. GPS und ggf. weiteren Sensoren. Auf Basis dieser eingegangenen Signale wird die aktuelle geografische Position berechnet. Diese ermittelte Position wird durch das sogenannte Map-Matching bestimmten digitalen Kartenelementen zugeordnet.

Das Routenberechnungsmodul plant vor und während der Fahrt die Route von der ermittelten aktuellen Position zu einem ausgewählten Ziel. Dies geschieht anhand von hinterlegten Daten aus dem Datenbankmodul, ergänzt durch z.B. übertragene aktuelle Verkehrsinformationen. Aufgrund ausgewählter Parameter wie beispielsweise einer möglichst kurzen Fahrzeit, Gesamtdistanz oder einer Kombination aus mehreren Parametern erfolgt anschließend die Berechnung der jeweiligen individuellen Route. Diese Route wird an das Zielführungsmodul übergeben, welches sich wiederum dem Map-Matching- und dem Datenbankmodul bedient, um die der aktuellen Umgebung und Position entsprechenden Hinweise zu generieren.

Über die Benutzerschnittstelle findet die Interaktion zwischen Benutzer und Navigationssystem statt. Zum einen erfolgt über dieses Modul die manuelle oder akustische Zieleingabe, zum anderen die Ausgabe der visuellen und akustischen Hinweise aus dem Zielführungsmodul.

---

<sup>14</sup> Vgl.: Winkler (2015)

<sup>15</sup> Vgl.: Reif (2014), S. 371.

Das Modul der Kommunikation über Funk versorgt das Navigationssystem mit dynamischen Informationen, wie z.B. Staus, Straßensperrungen und Datenbankaktualisierungen. Dies ist notwendig da sich in Deutschland pro Jahr ca. 10 Prozent der Navigationsdaten ändern, die in digitalten Landkarten aktualisiert werden müssen.

Zur Verwendung einer digitalen Karte in einem Navigationssystem wird eine Rohversion dieser zunächst von einem Karten-Compiler in ein kompakteres Format umgewandelt. Dabei besteht eine digitale Straßenkarte mindestens aus den folgenden geometrischen Objekten: Knoten, Segmente, Krümmungspunkte und Flächen.<sup>16</sup>

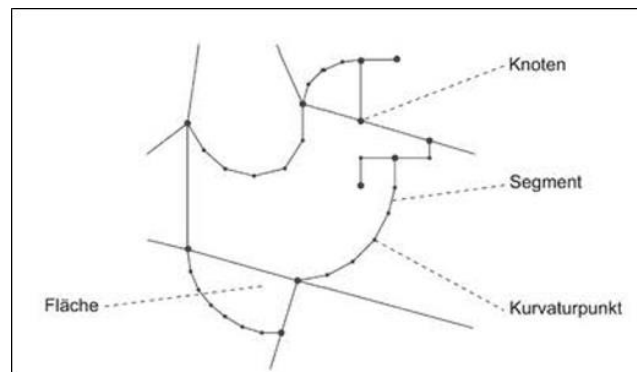


Abbildung 4: Geometrische Objekte einer digitalen Karte<sup>17</sup>

Ein Knoten repräsentiert Kreuzungen oder das Ende einer Straße. Das Segment ist ein Straßenstück zwischen zwei Knoten und dient der Modellierung topologischer Information. Krümmungspunkte modellieren den genauen Verlauf eines Segments. Aus diesen Bausteinen setzt der Karten-Compiler eine erste digitale Straßenkarte zusammen.<sup>18</sup>

Um die aktuelle Position auf dieser digitalen Karte zu ermitteln, bedarf es der Signale eines geographischen Ortungssystems.

### 3.1.3 Geographisches Ortungssystem

Das bekannteste System wurde 1978 unter der Bezeichnung GPS mit dem Start des ersten Satelliten auf amerikanischer Seite initiiert und ist seit dem Jahr 1995 voll einsatzfähig. Die Abkürzung GPS steht ausgeschrieben für Global Positioning System. Das russische System Glonass folgte wenige Jahre später. Neben diesen beiden funktionsfähigen Systemen wird aktuell ein chinesisches System (BeiDou) und ein europäisches System (Galileo) entwickelt. Die Systeme basieren auf Satelliten (GPS - 24 Satelliten) sowie einigen Reservesatelliten, die in sechs Orbitalen 20.200 Kilometer über der Erdoberfläche kreisen und ein ständiges Signal zur Erde funken.<sup>19</sup>

Die grundlegende Idee der Positionsbestimmung mittels geografischer Ortungssysteme liegt in der Umrechnung von Signallaufzeiten in Entfernungen. Nach der Auswertung des Signals eines ersten Satelliten lässt sich die Position des GPS-Empfängers bzw. des Navigationsge-

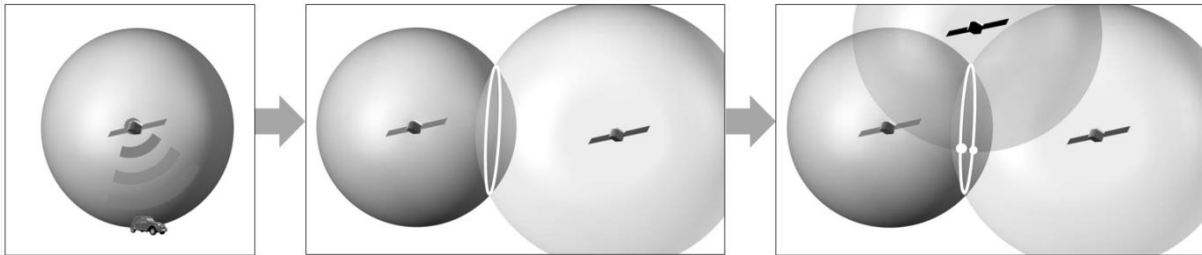
<sup>16</sup> Vgl.: Reif (2014), S. 369 – 373.

<sup>17</sup> Reif (2014), S. 373.

<sup>18</sup> Vgl.: Reif (2014), S. 374.

<sup>19</sup> Vgl.: Kluge (2010)

rätes auf eine Kugel um den Satelliten einschränken, wobei der Mittelpunkt der Kugel durch die Satellitenposition gegeben ist und der Kugelradius der Entfernung entspricht. Wird das Signal eines zweiten Satelliten mit einbezogen, lässt sich die mögliche Position auf einen Kreis reduzieren, der aus der Schnittmenge zweier Kugeln entsteht. Das Signal des dritten Satelliten schneidet als weitere Kugel den Kreis in zwei Punkten. Nur einer der verbleibenden zwei Punkte kann auf der Erdoberfläche liegen. Der andere kann durch die Software im Empfänger eliminiert werden.



**Abbildung 5: Auswertung des Signals von einem ersten bis hin zu drei Satelliten zur Positionsbestimmung<sup>20</sup>**

Aus den gemessenen Radien  $R_i$  um die Satelliten  $i = 1, 2, 3$  und den bekannten Satellitenpositionen  $(x_i, y_i, z_i)$  kann die Position  $(x, y, z)$  des GPS-Empfängers abgeleitet werden.<sup>21</sup>

Ist auf diese Weise die Position mithilfe des Map-Matchings in der digitalen Karte ermittelt, kann das Navigationssystem die Route für ein festgelegtes Ziel berechnen. Dieser Prozess wird von der Navigationssoftware mittels algorithmischen Techniken durchgeführt. In den letzten Jahrzehnten wurden Algorithmen<sup>22</sup> entwickelt, die es ermöglichen, einen optimalen Pfad in einem Straßennetzgraphen, basierend auf einem vorgegebenen Kostenmodell, zu ermitteln.<sup>23</sup> Als Optimierungskriterien für die Routenberechnung können verschiedene Parameter eingesetzt werden, wie z.B. Distanz oder Reisezeit.<sup>24</sup>

### 3.1.4 Funktionsweise der Routenberechnung / Kostenmodell

Um in diesem Zusammenhang eine abstrakte Sicht auf mögliche Optimierungskriterien und deren Kombinationen zu ermöglichen, spricht man von einem Kostenmodell. Somit lässt sich das Ziel der Routenberechnung im Allgemeinen als Kostenminimierung identifizieren, wobei die Software immer die kostengünstigste Route ermittelt. Ist beispielsweise die Distanz als Optimierungsparameter der Routenplanung definiert, werden die im Datenbankmodul abgespeicherten Längen von einzelnen Straßensegmenten genutzt, um die Gesamtlänge der Route zu bestimmen.

<sup>20</sup> Vgl.: Bubeck (2017)

<sup>21</sup> Hinweis: Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt ca. 300.000 km/s, was dazu führt, dass eine Messungenauigkeit von einer millionstel Sekunde zu einer Abweichung von ca. 300 m führen kann. Aus diesem Grund muss der Empfänger entweder mit einer sehr präzisen Uhr ausgestattet sein oder es müssen alternativ mehr als drei Satelliten als Signalgeber zur Verfügung stehen.

<sup>22</sup> Hinweis: Die zwei zur Routenberechnung am häufigsten benutzten Algorithmen sind unter den Namen Dijkstra und A\* bekannt.

<sup>23</sup> Vgl.: Reif (2014), S. 375 - 377

<sup>24</sup> Vgl.: Kluge (2010)



Ist aber die Reisezeit als Optimierungskriterium ausgewählt, so erfolgt die Kostenminimierung auf Basis von Längen und maximal möglichen Geschwindigkeiten, die zu einem Segment gehören und in einem Datenbankmodul gespeichert sind. Eine durchgeführte Klassifizierung der Straßen ermöglicht eine Zuweisung von fiktiven Kosten für jedes Segment.

### 3.2 Vergleich Navigationssystem und BIM

Die Unterstützung der Zielführung mit Navigationssystem hat sich im Laufe der Zeit zu einer verlässlichen, effizienten und funktionierenden Methode entwickelt. Ähnliche Optimierungspotenziale konnten bei der Digitalisierung der Baubranche und damit einhergehend der BIM-Methode gegenwärtig noch nicht vollumfänglich festgestellt werden. Um die Funktionalität des Navigationssystems sicherstellen zu können, wurden Module innerhalb des Systems (siehe auch Kapitel 3.1.1) entwickelt, die wechselseitig interagieren können. Diese werden in nachstehender Tabelle mit der BIM-Methode verglichen, um mögliche Parallelen und Defizite zu identifizieren.

**Tabelle 1: Modulvergleich Navigationssystem - BIM<sup>25</sup>**

Module	Navigationssystem	BIM
Datenbank	Standardisierte, aktuelle, digitale Karten	Standardisierte, aktuelle, digitale Bauteile ?
Positionierung	Bestimmung der aktuellen Position	Positionsbestimmung im Bau-/ BIM-Prozess ?
Map-Matching	Automatisierte Zuordnung der realen Position in digitaler Karte – Aktueller Status	Automatisierte Ermittlung des aktuellen Status (Leistungsmeldung, Stand Terminplan) ?
Routenberechnung	Automatisierte Prüfung und Aktualisierung der Route	Automatisierte Prüfung und Aktualisierung des Bauprozesses ?
	Parameter z.B. kurze Fahrtzeit, Gesamtdistanz, etc.	Qualität
		Zeit
		Kosten
Zielführung	Automatisierte Generierung von Handlungsempfehlungen, Hinweis- und Warnfunktionen	Automatisierte Generierung von Handlungsempfehlungen, Hinweis- und Warnfunktionen ?
Benutzerschnittstelle	Interaktion zwischen Navigationsgerät und Benutzer	Modell als Kommunikationsplattform
Kommunikation über Funk	Automatisierte Datenbankaktualisierung	Automatisierte Aktualisierung von Standardbauteilen ?
	Automatisierte Datenverarbeitung (Verkehrssituation und Staus)	Automatisierte Datenverarbeitung für z.B. Leistungsmeldungen, Behinderungsanzeigen ?

<sup>25</sup> Eigene Darstellung.

### 3.3 Modulanalyse für BIM

Eine Parallele der Datenbanken in einem Navigationssystem zu Daten im BIM-Prozess kann im Vergleich von Karten (geometrische Daten) und deren Verknüpfung mit Informationen wie Straßennamen etc. zu einem Bauwerksinformationsmodell (siehe Kapitel 2.3) gezogen werden. Aktuell sind verschiedenste Softwarelösungen, die die BIM-Methode in Teilbereichen abbilden können, auf dem Markt. Diese enthalten in vielen Fällen Datenbanken in Form von Bauteilbibliotheken o. Ä., die dem Nutzer zur Verfügung stehen. Um eine durchgängige Konsistenz der Daten zu erreichen, ist es jedoch zudem von elementarer Bedeutung, diese zu aktualisieren und zu standardisieren.

Die Positionierung mit einem Navigationssystem erfolgt auf Basis eines Ortungssystems, aus dem automatisiert aktuelle Daten generiert werden. Ein vergleichbares Ortungssystem zur Positionsbestimmung im BIM-Prozess ist derzeit nicht vorhanden.

Durch das Map-Matching wird der Status in Echtzeit aus den dafür relevanten digitalen Karten und dazugehörigen aktuellen Positionsdaten abgeleitet. Die Bestimmung des aktuellen Status im Rahmen eines Bauprozesses stellt sich derzeit schwierig dar. Dies ist auf die fehlende Aktualität der Daten und die automatisierte Auswertung zurückzuführen.

Die Routenberechnung erfolgt über Algorithmen auf Basis von Attributen, wie Streckenlänge und durchschnittlichen Geschwindigkeiten im Navigationssystem, durch Addition verschiedener Segmente. Dies ließe sich gleichermaßen mit der BIM-Methode bauteilorientiert aufgrund von hinterlegten Aufwandswerten und Kostenkennwerten realisieren. Jedoch fehlt ein geeigneter Algorithmus, welcher unter Einbeziehung der Abhängigkeiten die optimale Lösung in Form einer Projektroute ermittelt.

Ein Modul zur automatisierten Zielführung, wie es im Navigationssystem vorhanden ist, existiert für den BIM-Prozess aktuell nicht. Gleiches gilt in Bezug auf das Modul Kommunikation über Funk.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei der BIM-Methode im Vergleich zum Navigationssystem einige Module derzeit noch nicht ausreichend entwickelt sind und entsprechender Bedarf besteht.

## 4 Ausblick

Die Positionierung im Rahmen des Einsatzes eines Navigationssystems erfolgt über ein Ortungssystem. Für die heutige Nutzung der vielschichtigen Vorteile eines Navigationssystems mussten in der Vergangenheit enorme Entwicklungen stattfinden und einhergehend damit eine Vielzahl an Satelliten in den Orbit geschossen werden. Vergleicht man erste Ansätze zur Navigation anhand von Sternbildern mit der heutigen Arbeitsweise in der Bauprojektentwicklung, so lässt sich die Hypothese aufstellen, dass zur Anwendung der BIM-Methode notwendige Entwicklungen ebenfalls von enormer Komplexität sind. Die enormen Potenziale, die die Entwicklung moderner Navigationssysteme hervorgebracht haben, können auch der BIM-Methode angetragen werden und sind somit für die Bauwirtschaft von immenser Bedeutung.

## **5 Zusammenfassung**

Der Beitrag thematisiert die Herausforderungen der Einführung neuer digitaler Technologien für Unternehmen der Baubranche am Beispiel der Building Information Modeling Methode. Es werden die Komponenten und Funktionsweise eines modernen Navigationssystems als Pendant zu BIM beschrieben. In diesem Zuge wird erläutert, dass ein System der Navigation auf Modulen aufbaut und sich diesbezüglich Parallelen zur Building Information Modeling Methode ziehen lassen. Die Analyse der beiden Technologien (Navigationssystem und BIM) identifiziert auf Basis der Module mögliche, aktuell in der Implementierung der BIM-Methode vorhandene Defizite. Im Ausblick wird die Komplexität der Entwicklung und der Potenziale der Technologie Navigationssystem mit der BIM-Methode gespiegelt.

## Literaturverzeichnis

### Bergische Universität Wuppertal

Bergische Universität Wuppertal (Hrsg.): Digitalisierungsstrategien für KMU: Entwicklung eines Handlungsleitfadens zur strukturierten Digitalisierung von kleinen und mittleren Unternehmen der Bau- und Immobilienwirtschaft. Verfügbar unter: <https://www.lbb-bayern.de/fileadmin/quicklinks/Quick-Link-Nr-82100000-Projektskizze-Digitalisierungsstrategien-f%C3%BCr-KMU-Wuppertal.pdf> aufgerufen am 13. März 2018, 13:43 Uhr, S. 3.

### Brabosa et. al. (2017)

Brabosa, Filipe; et. al.: Reinventing construction: a route to higher productivity. McKinsey & Company, Februar 2017

### Bubeck (2017)

Bubeck, Stefan: Wie funktioniert GPS? Die Technik im Navi einfach erklärt. Verfügbar unter: <https://www.giga.de/extra/gps/tipps/wie-funktioniert-gps-die-technik-im-navi-einfach-erklart/>, aufgerufen am 11.04.2018, 12:14 Uhr

### Delbrügger et. al. (2017)

Delbrügger Tim; et. al.: A Navigation Framework for Digital Twins of Factories based on Building Information Modeling. In: ETFA 2017

### Egger et. al. (2013)

Egger, Martin; et. al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. In: ZukunftBAU Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Raumentwicklung, Berlin, 2013, S. 18

### Gralla/ Lenz (2017)

Gralla, Mike; Lenz, Lisa: Digitalisierung im Baubetrieb – Building Information Management und virtuelle Zwillinge. In: Fenner, Jörg (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, Darmstadt: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt, 2017, S. 210-211

### Gralla/ Lenz (2018)

Gralla, Mike; Lenz, Lisa: Datenkomposition im Spezialtiefbau mit BIM. In: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Grundbau, Boden- und Felsmechanik, Herausgeber: Tom Schanz, Heft 66, Beiträge zum RuhrGeo Tag Bochum, 22.03.2018, S. 5

### Hirsch-Kreinsen/ ten Hompel (2015)

Hirsch-Kreinsen, Hartmut; ten Hompel, Michael: Handbuch Industrie 4.0, Digitalisierung industrieller Arbeit. In: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, S. 17

### Kluge (2010)

Kluge, Sebastian: Moderne Navigationssysteme. Vorlesungsfolien Navigationssysteme. Friedrichshafen: 2010, Verfügbar unter: <https://www-m6.ma.tum.de/Lehrstuhl/SebastianKluge>, aufgerufen am 11.04.2018, 11:55 Uhr

**Kraus (2018)**

Kraus, Petra: Hauptverband der deutschen Bauindustrie: Bauwirtschaft im Zahlenbild. Verfügbar unter: [https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/betriebsstruktur-im-bauhauptgewerbe\\_bwz/](https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/betriebsstruktur-im-bauhauptgewerbe_bwz/), aufgerufen am 13.04.2018, 20:54 Uhr

**Reif (2014)**

Reif, Konrad: Automobilelektronik: Eine Einführung für Ingenieure. In: 5.Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, ISBN: 978-3-658-05047-4, S. 369 - 373

**Winkler (2015)**

Winkler, Olaf: Das können Navi-Geräte für Wanderer, Camper und Biker. In: Augsburg Allgemeine, 2015, Verfügbar unter: <https://www.augsburger-allgemeine.de/digital/Das-koennen-Navi-Geraete-fuer-Wanderer-Camper-und-Biker-id34972162.html>, aufgerufen am 11.04.2018, 11:32 Uhr

**Zanker et. al (2014)**

Zanker, Christoph; et. al.: Industrieller Mittelstand: Spitzenstellung in Gefahr? Verfügbar unter: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-287086.html>, aufgerufen am 13.04.2018, 21:37 Uhr