

bSD Schriftenreihe

Digitaler Zwilling der Fabrik

Konsolidierte Ergebnisse der
buildingSMART-Fachgruppe
Open-BIM in der Fabrikplanung

Digitaler Zwilling der Fabrik

Konsolidierte Ergebnisse der
buildingSMART-Fachgruppe
Open-BIM in der Fabrikplanung

Über buildingSMART Deutschland

buildingSMART Deutschland ist das Kompetenznetzwerk für digitales Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken. Als Teil der internationalen buildingSMART-Community agieren wir interdisziplinär, anwender- und praxisorientiert. Etwa 800 Unternehmen, Forschungs- und Hochschuleinrichtungen, Behörden und Institutionen der öffentlichen Hand sowie Privatpersonen aus allen Bereichen der Bau- und Immobilienwirtschaft sind Mitglied bei buildingSMART Deutschland. Sie eint das Bestreben, Digitalisierung erfolgreich mitzugestalten. Dazu engagieren sich buildingSMART-Mitglieder ehrenamtlich an der Entwicklung von offenen und herstellerneutralen Standards für digitale Methoden und Werkzeuge und bringen über buildingSMART International diese Arbeiten auf die globale Ebene. Auf regionaler Ebene sind buildingSMART-Mitglieder in Regionalgruppen organisiert und treiben über lokale und regionale Netzwerke den Wissens- und Erfahrungsaustausch in der Breite voran. So wirkt buildingSMART global, national und regional aktiv daran mit, verlässliche und anwendergerechte Rahmenbedingungen und Standards für eine erfolgreiche Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft in Deutschland zu entwickeln.

www.buildingsmart.de



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Publikation auf eine geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Die verkürzte Sprachform impliziert keinesfalls eine Benachteiligung eines Geschlechts; sie hat ausschließlich redaktionelle Gründe und enthält keine Wertung. Selbstverständlich sind alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen. Die Ausrichtung der Publikation ist in jedem Fall geschlechtsunabhängig. Vielen Dank für Ihr Verständnis!

Ihr bSD Verlag

Inhalt

	SEITE
Beteiligte	5
1 Einführung und Motivation für diese Arbeit	7
2 Die Vielfalt des Digitalen Zwilling	9
3 BIM und Digitaler Zwilling	11
4 BIM-Modell und die Fabrikplanung	18
5 Voraussetzungen für einen Digitalen Zwilling	21
6 Entscheidungsfindung für den Aufbau eines Digitalen Zwilling	23
7 Domänenspezifischer Digitaler Zwilling	25
7.1 Digitaler Produktzwilling	26
7.2 Digitaler Anlagenzwilling	27
7.3 Digitaler Gebäudezwilling	27
8 Detaillierungsgrad eines digitalen Zwilling	28
8.1 Exemplarische Ausbaustufen: Der Aspekt „Interoperabilität“	31
8.2 Exemplarische Ausbaustufen: „Gemeinsames Verständnis“	33
8.3 Exemplarische Ausbaustufen: „Regulatorischer Aspekt“	33

9	Ausgestaltung eines Digitalen Zwillings	34
9.1	Anwendungsfall und Zielvorstellung definieren	34
9.2	Informationsquellen für den Digitalen Zwilling	35
9.3	BIM-Modell als Datenquelle für Digitalen Zwilling	36
9.3	Point-Cloud-Scanning	38
9.4	CAD-Dateien in Digitalen Zwillingen	39
9.5	CDE	41
9.6	Datensicherheit und Rechte in Digitalen Zwillingen	41
10	Multi-Digitaler-Zwilling	43
10.1	Multimodell-Methode	44
10.1.1	Die TecBox	46
11	Fazit und Ausblick	49
12	Bezug zu relevanten Arbeiten und Services von buildingSMART	50
Anhang		51
	Literaturverzeichnis	51
	Weiterführende Quellen	56
	Abbildungsverzeichnis	61
	Abkürzungsverzeichnis	62
	Glossar	63
Impressum		64

Beteiligte

Mitglieder der buildingSMART-Fachgruppe „Open-BIM in der Fabrikplanung“

(in alphabetischer Reihenfolge nach Nachnamen)

- Fabian BERPPOHL, Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
- Sebastian BERTRAM, Autodesk GmbH
- Luisa BRAUN, htw saar
- Matthias BRUHNKE, Fischer Construction Engineering GmbH
- Gerald EBEL, Fachhochschule Bielefeld
- Stefan EISEN, Tricad GmbH
- Maximilian GAPP, Siemens AG
- Bernd GMEINER, Egnaton e. V.
- Carsten KIPPER, Vollack Gruppe GmbH & Co. KG
- Werner KOCH, Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen (BSW) Hamburg
- Heinz KÖLZER, AGT Akademie für Gestaltung und Technologie GmbH
- Daniel KREBS, Siemens AG
- Lisa LENZ, Building Information Management GLW GmbH
- Joris LENZ, LuArtX IT GmbH
- Hermann Georg MAYER, Siemens AG
- Sergej MUHIC, The Hard Code GmbH
- Oliver NEUMANN, Autodesk GmbH
- Ulrich PFISTERER, Tricad GmbH
- Karsten PUDZIOW, Bentley Systems Germany GmbH
- Fionnah QUEK, Siemens AG
- Thomas REIMANN, Siemens AG
- Robert RICHTER, INNIUS GmbH
- Felix ROSENDahl, SOLAR-COMPUTER GmbH
- Christian RUST

- Jens Sauer, Bentley Systems Germany GmbH
- Ina Schlüter, Volkswagen AG
- Adrian Schröder, Hochschule Anhalt – University of Applied Sciences
- Markus Stenz, Siemens AG
- Marian Süße, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- Achim Wagner, LuArtX IT GmbH
- Kai Christian Weist, Building Information Management GLW GmbH
- Volker Werner
- Michael Willimek, Dölker&
- Jörg Winkelbrandt, SCD Architekten Ingenieure GmbH
- Nikolas Wolf, NavVis GmbH

Redaktionsteam

(in alphabetischer Reihenfolge nach Nachnamen)

- Sebastian Bertram
- Bernd Gmeiner
- Maik Hammer
- Sarah Anika Janzen
- Ewald Kern
- Carsten Kipper
- Frieder Kirn
- Heinz Kölzer
- Thomas Neuhäuser
- Mirbek Neumann
- Christopher Niemöller
- Ulrich Pfisterer
- Natalja Rube
- Christian Rust
- Jens Sauer
- Robin Schaller
- Raimar Scherer
- Adrian Schröder
- Marian Süße
- Volker Werner
- Michael Willimek

1 Einführung und Motivation für diese Arbeit

Wenn verschiedene Fachleute nach der Definition eines Digitalen Zwillings gefragt werden, zeigt sich meist, dass ganz unterschiedliche Antworten gegeben werden. Die Autoren dieses Dokuments haben sich intensiv mit dem Konzept des Digitalen Zwillings auseinandergesetzt und dabei festgestellt, dass es keine einheitliche Vorstellung gibt. Diese Vielfalt resultiert vor allem daraus, dass in vielen Prozessen die Perspektive einzelner Fachbereiche im Vordergrund steht oder der Begriff mitunter als reines Marketing-Schlagwort verwendet wird.

Ziel dieses Heftes ist es, die verschiedenen Sichtweisen der Autoren zum Digitalen Zwilling darzustellen und so ein gemeinsames Verständnis zu fördern, ohne die Meinung anderer durch eine feste Definition einzuschränken.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt, als dieses Dokument verfasst wurde, interpretieren die Verfasser den Begriff „Digitaler Zwilling“ als eine Vielzahl von unterschiedlichen sowie ähnlichen charakteristischen Erscheinungsformen. Die Autoren stimmen darin überein, dass der Begriff des Digitalen Zwillings ein Konzept beschreibt, bei dem ein digitales Abbild eines realen oder eines geplanten Objektes erstellt wird, ohne dass die physische Existenz des Objekts als zwingende Voraussetzung für die Existenz des Digitalen Zwillings angesehen wird.

Die Autoren kommen aus unterschiedlichen Bereichen der Industrie und Forschung im Umfeld von buildingSMART. Jeder bringt daher eine eigene Herangehensweise und Perspektive mit. Neben Grundlagen werden auch Spezialthemen wie die sogenannte TecBox und das Multimodell (Normenreihe DIN EN ISO 21597) [1] behandelt. Das Dokument fußt auf praktischen und theoretischen Erfahrungen der Autoren, die sich an der derzeitigen Entwicklung einer Definition des Digitalen Zwillings orientieren, wie sie von Institutionen wie ISO, CEN, DIN, VDI und buildingSMART erarbeitet wird. Interessierten Lesern werden dabei weiterführende Quellen genannt, um ihr eigenes Verständnis zu vertiefen.

Der Hauptfokus dieses Heftes liegt auf dem Digitalen Zwilling in der Fabrik oder auf bestimmten Phasen des Fabriklebens. Mit diesem Dokument möchten die Autoren sowohl Fachleute aus demselben Gewerk als auch andere Interessierte anleiten und Einblicke in die verschiedenen Perspektiven auf Digitale Zwillinge geben. Eine Literatursammlung am Ende des Dokuments verlinkt vertiefende

Internetquellen, die für ein tiefergehendes Verständnis der Begrifflichkeit „Digitaler Zwilling“ herangezogen werden können.

Der Aufbau dieses Dokuments ermöglicht es, die Kapitel auch einzeln zu lesen. In den jeweiligen Kapiteln werden verschiedene Aussagen zum Digitalen Zwilling beschrieben, die zum Teil bewusst widersprüchlich sind. Diese Widersprüche zeigen unterschiedliche Auffassungen und Anwendungsbereiche, was keineswegs als Fehler zu verstehen ist – vielmehr verdeutlicht es, wie vielfältig das Thema in den einzelnen Gewerken interpretiert wird und ein Digitaler Zwilling definiert sein kann. Daher ist es immer wichtig, die wesentlichen Eigenschaften des in Auftrag gegebenen Digitalen Zwillings zu definieren und die besonders wichtigen ausreichend zu detaillieren.

2 Die Vielfalt des Digitalen Zwillings

Der Begriff „Digitaler Zwilling“ ist heutzutage weit verbreitet. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Häufigkeit der Begriffe (Tokens) „Digitaler Zwilling“ und „Building Information Modeling“ in Zeitungen und verdeutlicht den Anstieg der Verwendung im letzten Jahrzehnt. Auch in der Forschung lässt sich dieser Trend beobachten: Tao et al. (2019, S. 2407) [2] berichten von einem zunehmenden Interesse am „Digital Twin“ (deutsch: Digitaler Zwilling), der auch 2025 anhält.

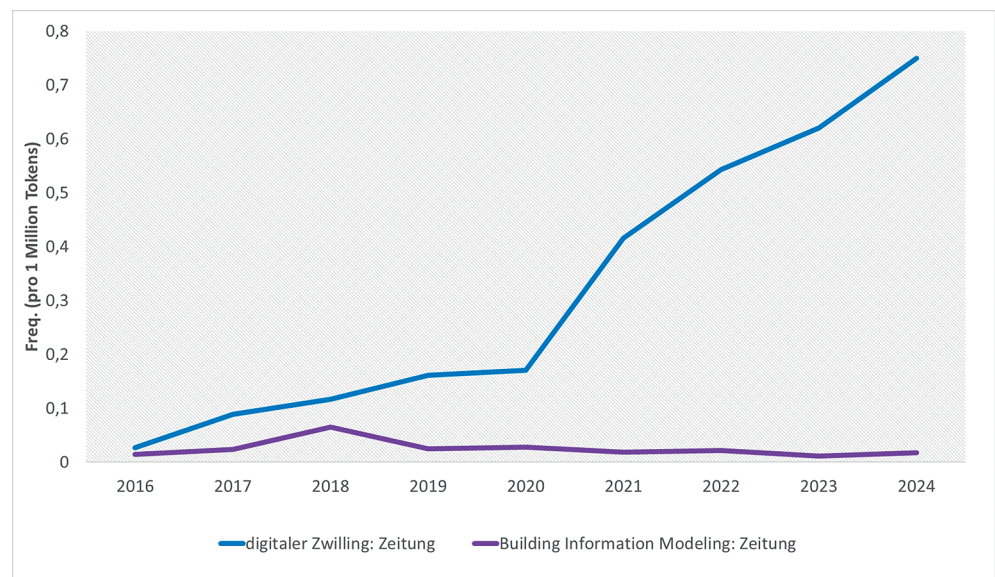


Abbildung 1: Verlaufskurve für „Digitaler Zwilling“ und „Building Information Modeling“ in Zeitungen zwischen 2016 und 2024 (DWDS-Wortverlaufskurve 2024)

Der Ursprung des Konzepts wird auf Michael Grieves im Jahr 2002 zurückgeführt. Sein erster Anwendungsfall (Use Case) lag im Bereich des Maschinenbaus, genauer in der Raumfahrt, und dort in der Entwicklung der Raketensysteme. Der dazugehörige Digitale Zwilling begleitete und unterstützte während des gesamten Lebenszyklus die Entwicklung, Konstruktion, Tests sowie den Betrieb – und trug so maßgeblich zur Zielerreichung mit sehr wenigen Fehlstarts bei (Tao et al. 2019 [2] und Kritzinger et al. 2018 [3]).

In den letzten Jahren wurde das Verständnis des Digitalen Zwillings durch weitere Konkretisierungen und unterschiedliche Perspektiven fortlaufend erweitert (Lo et al. 2021, S. 2, 2021, S. 7 [4], Sepasgozar et al. 2023 [5], Wagg et al. 2020 [6]). Kritzinger et al. (2018) [3] heben in diesem Zusammenhang die

Unterschiede zwischen Digitalem Schatten (Digital Shadow) und Digitalem Modell (Digital Model) hervor, um die wesentlichen Merkmale eines Digitalen Zwillings zu verdeutlichen. Nach ihrer Auffassung ist insbesondere der Datenaustausch zwischen realem Objekt und digitalem Modell ein zentrales Erkennungsmerkmal eines Digitalen Zwillings.

Für die Umsetzung eines Digitalen Zwillings in der Betriebsphase eines Gebäudes beschreiben Qiuchen Lu et al. (2019) [7] sowie Suprabhas und Dib (2017) [8] unter anderem Vorgehensweisen und konkrete Anwendungsfälle. In beiden Beispielen dienen IFC-Dateien mindestens als geometrische Repräsentanz des Gebäudes und als Informationsquelle zur Identifikation der entsprechenden Abbilder. Deng et al. (2021) [9] fassten verschiedene Veröffentlichungen zusammen und unterschieden fünf aufeinander aufbauende Ausbaustufen eines Digitalen Zwillings. Auf dem ersten und einfachsten Level sehen sie jene Modelle, die im Rahmen der BIM-Methode entstehen.

Auch für die Autoren dieses Dokuments stellen IFC-Dateien einen wichtigen Baustein eines Digitalen Zwillings dar – vorausgesetzt, sie liegen vor und wurden im Idealfall bereits im Rahmen eines BIM-Anwendungsfalls während der Fabrikplanung abgestimmt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Papiers verstehen die Autoren unter einem Digitalen Zwilling diverse, teils unterschiedliche, aber auch ähnliche Merkmale und Ausprägungen. Einigkeit besteht darüber, dass ein Digitaler Zwilling ein digitales Abbild eines Objekts darstellt, ohne dass – entgegen zu den zuvor zitierten ursprünglichen Definitionen – unbedingt eine physische Existenz dieses Objekts Voraussetzung sein muss. Es erfolgt hier keine abschließende Definition, sondern vielmehr eine gemeinsame Basis, auf die sich die Autoren einigen.

Das Wiedererkennen des Objekts beziehungsweise die für den jeweiligen Anwendungsfall relevanten Informationen sind aus Sicht der Autoren das Wesentliche, das sich im Digitalen Zwilling wie auch im realen Objekt widerspiegelt. Im Kontext einer Fabrik kann der Digitale Zwilling das Abbild einzelner Bauteile, ganzer Maschinen, kompletter Anlagen oder auch eines Gebäudes beziehungsweise einer gesamten Fabrik sein. Die Einschränkung auf bereits real existierende Objekte lässt sich dabei auf künftige reale Objekte ausweiten – beispielsweise in der Planungsphase hinsichtlich des Übergangs vom BIM-Modell zum Digitalen Zwilling.

Der Detailgrad eines solchen Abbilds kann dabei stark variieren: So kann bereits ein einfaches, aus Streichhölzern gefertigtes Modell, beziehungsweise digital ein Drahtmodell, ein Haus repräsentieren, solange allen Beteiligten (Entwicklern und Anwendern) klar ist, welche Grenzen zwischen virtuellem Abbild und realem Objekt gezogen werden müssen und wie weit diese Darstellung für den jeweiligen Einsatzzweck ausreicht.