

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für LocLab Consulting GmbH /  
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

# Das Potenzial der Spieltechnologie für Building Information Modelling

Die großen Erfahrungen bei lernenden und automatisierten Verfahren der Datenverarbeitung können auch bei Planung, Bau und Betrieb von Bahnanlagen genutzt werden.

## ILKA MAY

In den letzten drei Jahren hat Building Information Modeling (BIM) auch in Deutschland eine rasante Entwicklung erlebt. Die Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben steht vor verschiedenen Herausforderungen des Wandels – einige davon sind technologischer Natur. Zu diesen zählen der Übergang vom Zeichnen in 2D zum Modellieren in 3D mit Objektbezug und verlinkten Informationen. Weiterhin beobachten wir eine explosionsartige Zunahme des Datenvolumens an Projekten, u.a. durch neue Aufnahmeverfahren wie Drohnen, Laser, Geo-Radar sowie verstärktem Einsatz von Sensoren und datenübermittelnden Geräten, dem „Internet der Dinge“ (IoT, Internet of Things). Einige Industriesektoren, wie die Games-Branche, haben bereits Technologien und Prozesse zur Bewältigung dieser Herausforderungen entwickelt.

## Technologische Änderungen und Herausforderungen

Es gibt in der gesamten Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben verschiedene Ansichten dazu, was sich hinter der Abkürzung BIM genau verbirgt. Sie reichen von Methode, Kulturwandel, System bis zu Software. Es herrscht jedoch Einigkeit auch über die Grenzen Deutschlands hinweg, dass viele anstehende Veränderungen höchstens noch eine Frage der Zeit sind. Einige Beispiele dazu, die sowohl Chancen wie auch Herausforderungen darstellen:

- Das zweidimensionale Zeichnen wird zunehmend abgelöst durch dreidimensionales Modellieren. Die gemachten Erfahrungen der 3D-Modellierung sind – nach Durchschreiten der Lernkurve – überwältigend positiv. Eine effizientere Arbeitsweise, ein besseres Verständnis des Sachverhalts, verbesserte räumliche Koordination in allen Dimensionen oder automatisierte Informationsableitungen aus Modellen sind nur einige Beispiele der Vorteile.
- Was seit Jahr und Tag in Geographischen Informationssystemen (GIS) Normalität ist, erhält endlich Einzug und breite Verwendung in der Welt der Computer Aided Design



Abb. 1: Digitaler Zwilling einer Weichenstopfmaschine auf Objektbasis mit Informationen

(CAD) Software: Objekte! Was früher nur eine weiße Linie auf schwarzem Grund war, die mit etwas Glück auf einem sinnvoll benannten Layer gezeichnet war, weiß heute von sich selber, dass sie z.B. eine Starkstromleitung ist. Wenn wir noch etwas Geduld haben und konsequent an der Standardisierung zur Bereitstellung von Attributen und Objektinformationen arbeiten, wird diese Linie mit noch viel mehr wichtigen Informationen für Planung, Bau oder Betrieb verlinkt sein können.

- Die Semantisierung von 3D-Modellen ermöglicht vielfältige Einsatzbereiche digitaler 3D-Modelle für Planung, Visualisierung, Steuerung, Training, Wartung, Prozessoptimierung und mehr. Informationen, die bislang in komplexen Baumstrukturen, technischen Plätzen oder Systemdatenbanken nur einer geringen Anzahl technisch versierter Personen zugänglich waren, können nun – unter Einhaltung aller erforderlichen Datensicherungs- und Zugriffsregelungen – intuitiv durch Ansteuerung des betreffenden Objekts oder Raums im 3D-Modell gefunden werden. Der Begriff des „Digitalen Zwillings“ wird hier zunehmend verwendet.
- Die zunehmende Digitalisierung kommt auch mit einer Zunahme des allgemeinen Datenvolumens einher. Teilweise liegt das an fehlenden oder nicht konsequent ange-

wandten Prozessen. So duplizieren wir ungehemmt Daten, verschicken Gigabytes an Email-Anhängen und kaufen lieber billigen Speicherplatz, anstatt den Datenkeller aufzuräumen. Teilweise sind es aber gar nicht wir Menschen, die dieses Datenvolumen produzieren. Es sind zunehmend Sensoren und Dinge im „Internet der Dinge“, die Daten generieren und miteinander teilen. Auch Punktwolken sind nicht nur groß in Mode, sondern auch groß hinsichtlich ihres Datenvolumens.

In Zukunft werden wir es also mit einer größeren Datenmenge und auch Variation an Datenformaten von alphanumerisch bis grafisch zu tun haben. Das erfordert Schnittstellen und Standards, damit alle Beteiligten der Wertschöpfungskette weiterhin frei bei der Wahl der Software sind und nicht durch Monopole in proprietäre Lösungen gezwungen werden. Denn es sind nicht nur unsere kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die unter solchen Zwängen ächzen.

## Digitale Zwillinge – datenschlank, realistisch und semantisch

Die Games-Branche hatte schon immer die Herausforderung, möglichst reale Welten mit hoher Performanz auf Computern und Geräten mit geringer Speicherkapazität und Rechenleistung darzustellen. Ein Spiel ist nur

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für LoLab Consulting GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.

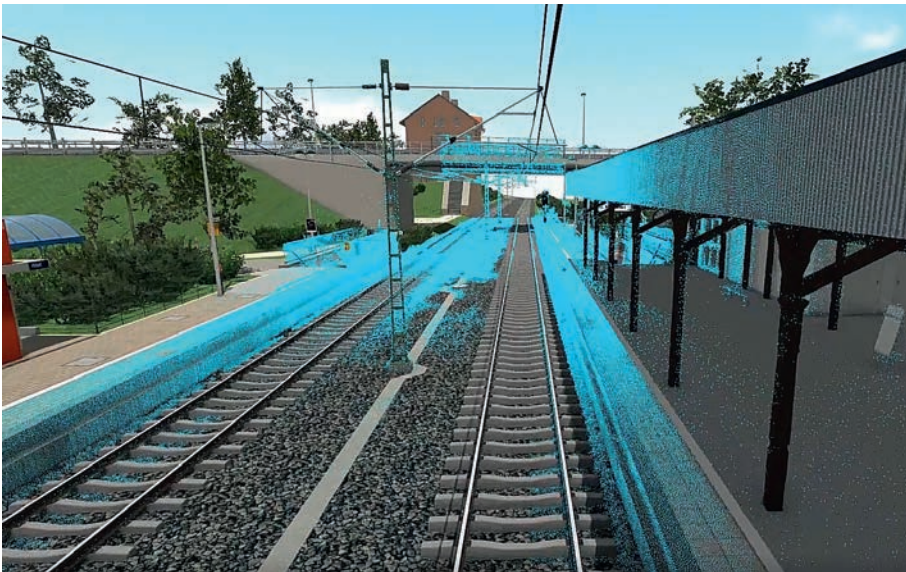


Abb. 2: Digitales Modell mit integrierter Punktwolke

Quelle: DB Systel GmbH, WorldInsight

dann erfolgreich, wenn ein attraktives Erscheinungsbild einher geht mit einer intuitiven Bedienbarkeit. Aus dieser Not entstand eine hoch ausgereifte Technologie, deren Potenzial auch in der Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben genutzt werden sollte.

Durch die nachfolgend geschilderte Technologie entsteht ein „Digital Twin“ – ein digitales Abbild der realen Welt – dreidimensional, technisch perfekt und verblüffend echt. Die Datenmodelle sind dabei den Anforderungen der Kunden angepasst: 3D-Bestandsmodelle dienen vor allem der Visualisierung der vorhandenen Umgebung, während objektbezogene 3D-BIM-Modelle die Grundlage für Planungsvorhaben aller Art bilden und die Anbindung an die datenführenden Systeme des Betriebs ermöglichen. Zudem bieten hochdetaillierte 3D- und Virtual-Reality-Modelle die Möglichkeit zur Prozessoptimierung bei Anlagen und Maschinen (Abb. 1).

Das hier vorgestellte Verfahren der „Terrestrischen Photogrammetrie“ – zur Erstellung der Digitalen Zwillinge – basiert auf innovativen Entwicklungen aus der Computerspieleindustrie. Diese Verfahren bringen gleich eine ganze Reihe von Vorteilen mit sich: So bestechen die interaktiven 3D-Modelle durch ein überraschend reales Erscheinungsbild, intuitive Bedienbarkeit und höchste Lauffähigkeit.

### Schritt 1 – Datenaufnahme

Für jede 3D-Modellierung braucht es zunächst eine Datenbasis, wobei die Datenaufnahmeverfahren in Vorgehensweise und Aufwand sehr unterschiedlich sind. Ein erheblicher kostensparender Faktor der hier vorgestellten Methode ist, dass eine hohe Qualität der 3D-Modelle auf der Basis normaler Fotos erreicht werden kann. Das bedeutet, dass als Eingangsdaten lediglich Fotos aus der Fußgängerperspektive und einige Referenzmaße benötigt werden. Eine aufwendige und teure Datenaufnahme oder Punktwolken mit extrem großen und sperrigen Datenvolumen sind erstmal nicht erforderlich. Zwei Beispiele: Ein Hauptbahnhof in der Größenordnung von Karlsruhe erfordert ca. drei Mannstunden für die komplette Datenaufnahme aller Publikumsbereiche inklusive Außenbereich, Bahnhofshallen, Verteilerebenen, Querbahnsteige und aller Bahnsteige und Fußgängertunnel. Und selbst die Aufnahme einer gesamten Innenstadt in der Größenordnung von Oldenburg (ca. 1000 Gebäude) benötigt nur rund 16 Mannstunden.

Natürlich können auch Daten aus anderen Quellen und Verfahren wie Laser-Scans, Punktwolken, Plänen oder klassischer Vermessung verarbeitet werden, je nach Bedarf an das Endprodukt.

### Schritt 2 – 3D-Modellierung

In dem hier vorgestellten Verfahren erfolgt die eigentliche 3D-Modellierung semi-automatisiert auf Basis einer „ToolChain“, die man sich wie ein Fließband von Algorithmen zur Prozessierung der Eingangsdaten vorstellen kann. Zunächst wird aus den digitalen Fotos eine sogenannte Masterfotografie erzeugt. Diese wird mit üblicherweise mithilfe von Geo-Informationen, zum Beispiel aus Katasterplänen, GPS der Kamera oder anderen Quellen, verortet. Da Fotos zunächst maßstabslos sind, wird in der Masterfotografie mindestens ein Referenzmaß benötigt. Dies kann entweder vor Ort aufgenommen oder aus Katasterplänen o.ä. entnommen werden.

Für die Erstellung eines 3D-Modells aus der Masterfotografie werden die Prinzipien der darstellenden Geometrie genutzt – nur umgekehrt. Die Algorithmen errechnen aus den stürzenden Linien und Fluchtpunkten in der Masterfotografie die Verhältnisse der Längen zueinander. Durch das bekannte Referenzmaß sind die Algorithmen in der Lage, alle erforderlichen Längen zu errechnen und ein 3D-Modell zu erzeugen. Mit dieser Methode kann bei Gebäuden und Brücken eine Genauigkeit von ca. 10 cm erreicht werden. Diese Genauigkeit ist für sehr viele Anwendungsfälle ausreichend, wie beispielsweise Visualisierung, Indoor-Navigation, teilweise auch Monitoring und Facilities Management. Auch für frühe Planungsphasen zum Variantenentscheid oder einer Machbarkeitsstudie reicht diese Genauigkeit in der Regel aus.

Jetzt kommt der Clou und damit wird dem BIM-Grundprinzip Rechnung getragen, immer nur so viele Daten zu erzeugen, wie tatsächlich gebraucht werden. Wird eine höhere Genauigkeit gewünscht, kann diese bereits im ersten Schritt oder auch nachträglich durch genauere Eingangsdaten erreicht werden. In der Regel werden dafür Punktwolken benutzt, die in das 3D-Modell „hineingeschüttelt“ werden. Ein Algorithmus bringt durch Dehnen und Schrumpfen das 3D-Modell und die Punktwolke so zusammen, dass sich die Kanten und Flächen „finden“ und das 3D-Modell an der Punktwolke rekaliert wird. Anschließend wird die Punktwolke wieder aus dem Modell entfernt, sonst wird das Datenvolumen zu groß (Abb. 2). Natürlich können neben den Bestandsdaten auch Daten aus der Planung in allen denkba-



Abb. 3: Visualisierung von verschiedenen Planungsvarianten

Quelle: DB Systel GmbH, WorldInsight

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für LocLab Consulting GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.



Abb. 4: Vektor- und Mustererkennung im 3D-Modell

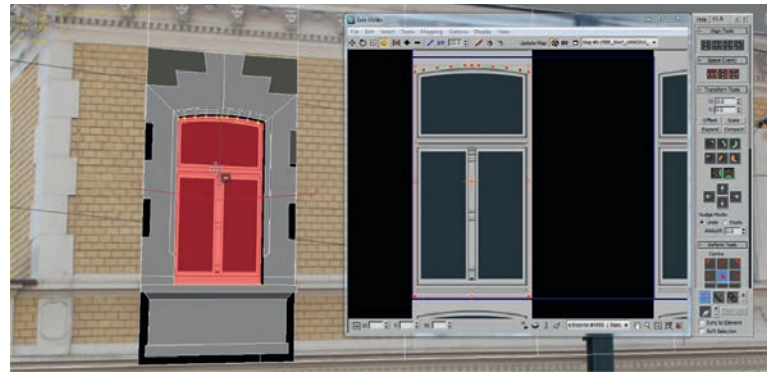


Abb. 5: Objekterkennung und Instanzierung

ren Formaten integriert werden. So können Soll-Ist-Vergleiche, Entscheidungen zu Planungsvarianten, Analysen von Auswirkungen und politische Mediation kommuniziert, visualisiert und analysiert werden (Abb. 3).

### Schritt 3 – Vektorisierung und Semantisierung des 3D-Modells

In der ToolChain laufen zur weiteren Verarbeitung des 3D-Modells eine Reihe von Algorithmen ab. Zunächst werden durch Mustererkennung Vektoren erkannt und gesetzt. Im Anschluss an die Vektor- und Musterdetektion erfolgt die automatisierte Objekterkennung und damit der wichtigste Schritt in der Semantisierung. Das Herz der hier geschilderten Technologie bildet eine umfassende und gut strukturierte Objektbibliothek, die aus geometrischen Repräsentationen der bebauten und der natürlichen Umwelt besteht. Sie umfasst bis zu elf Detaillierungsgrade (LoD, Level of Detail), um verschiedenen Anforderungen optimal gerecht werden zu können.

Algorithmen in der ToolChain detektieren Objekte auf Basis der gesetzten Vektoren. Die Objekte werden mit den Objekten in der Bibliothek verglichen. Bei einer Übereinstimmung werden Instanzen aus der Bibliothek in die Szene referenziert. Dadurch wird neben der Semantisierung die außergewöhnliche Datenschlankheit der Modelle erreicht, da die „datenschweren“ Pixel und Rasterdaten durch Vektoren ersetzt werden. Die beschriebenen Vorgänge laufen semi- bis vollautomatisch ab (Abb. 4 und 5).

### Schritt 4 – Übergabe und Nutzung der Modelle

Viele Auftraggeber möchten 3D-Modelle anschauen und bedienen können, ohne dafür eine spezielle Software installieren zu müssen. Daher kommen die Modelle zur Visualisierung und Kommunikation in ihrem eigenen „Player“. Dieser Player basiert auf einer Games Engine, die für eine Darstellung von 3D-Realraummodellen optimiert wurde. Er kann als ausführbare Datei (.exe) bzw. in Form einer WebGL-Anwendung für eine Betrachtung im Browser ausgeliefert werden.

Die maßgeblichsten Unterschiede des Viewers im Vergleich zur Standard Games Engine liegen im Geo-Daten-Layer, denn normalerweise können Games Engines Geo-Koordinaten nicht berechnen, sowie in der Möglichkeit, eine weitaus größere Anzahl individueller Objekte auf einmal anzuzeigen. Der Player verfügt über ein Lade- und Entladekonzept, welches die 3D-Szene vor der Kamera lädt und hinter der Kamera entlädt. Hinzu kommt ein umfassendes LoD-Management, das über die oben beschriebenen bis zu elf Stufen der Modellierungsgrade geführt werden kann. In einiger Entfernung vor der Kamera werden gröbere 3D-Modelle (also gröbere LoD) angezeigt als in unmittelbarer Nähe. Dadurch wird gewährleistet, dass die Geometrielast, die vom PC berechnet werden muss, immer möglichst gleich hoch ist. Das Lade- und Entladekonzept des Players ermöglicht es theoretisch, unendlich viel Content in einen einzigen Player zu packen. Eine in einem einzigen Player dargestellte Gleisstrecke inklusive hoch ausmodellierter Umgebung umfasst eine Streckenlänge von 180 km. Der 3D-Content umfasst dabei alleine über 2000 Häuser, die komplette Ausstattung der Umgebung mit Pollern, Ampelanlagen, Monumenten, Zäunen, Kanaldeckeln usw., dazu Millionen von Schwellen, Tausende von Oberleitungsmasten, Tausende technische Equipments wie Gleisschaltmittel, Schaltschränke etc., acht vollständige Bahnhöfe und so weiter.

### Zusammenfassung der Vorteile des beschriebenen Verfahrens

Die in dem hier beschriebenen Verfahren erstellten 3D-Modelle liegen in herstellerunabhängigen Datenformaten vor. Sie können in allen gängigen Herstellerformaten bereitgestellt werden (CAD, BIM, GIS), damit Planer und Ingenieure in ihren Autorensystemen auf der Basis der Modelle arbeiten können. Gleichzeitig kann eine große Breite verschiedener Eingangsdatenformate bearbeitet werden.

Das Verfahren auf der Basis von Fotografien ermöglicht eine schnelle und im Verhältnis zu herkömmlichen Verfahren sehr kostengünstige Methode der Bestandsmodellierung.

Die Qualität der Modelle entspricht dabei immer dem jeweiligen Zweck, sodass eine teure Überproduktion vermieden werden kann. Damit entspricht das Verfahren voll dem wertschöpfenden Grundprinzip von BIM.

Die Semantisierung der Modelle vervielfacht die Einsatzbereiche und damit den Wert der „Digitalen Zwillinge“. Dabei ordnen sich die Modelle immer den datenführenden Systemen unter, beispielsweise SAP. So kann in einem einmaligen Mapping-Prozess der Anschluss des semantischen Modells an eine Tabelle, eine Datenbank oder ein datenführendes System hergestellt werden.

Die Games-Branche hat hinsichtlich lernenden und automatisierten Verfahren der Datenverarbeitung viele Jahre Erfahrung und phantastische Ergebnisse vorzuweisen. Die Nutzung und Weiterentwicklung dieser Verfahren in Planung, Bau, Betrieb, Anlagenmanagement und Schulung bietet enorme Vorteile. Sie zu nutzen ermöglicht hoch ausgebildeten und spezialisierten Fachleuten und Ingenieuren, sich auf ihre Kernkompetenzen und Aufgaben zu konzentrieren und komplexe Bauvorhaben in die Tat umzusetzen. ■



Dr. rer.-nat. Ilka May

Teilhabende Geschäftsführerin  
LocLab Consulting GmbH, Darmstadt  
ilka.may@loclab-consulting.de