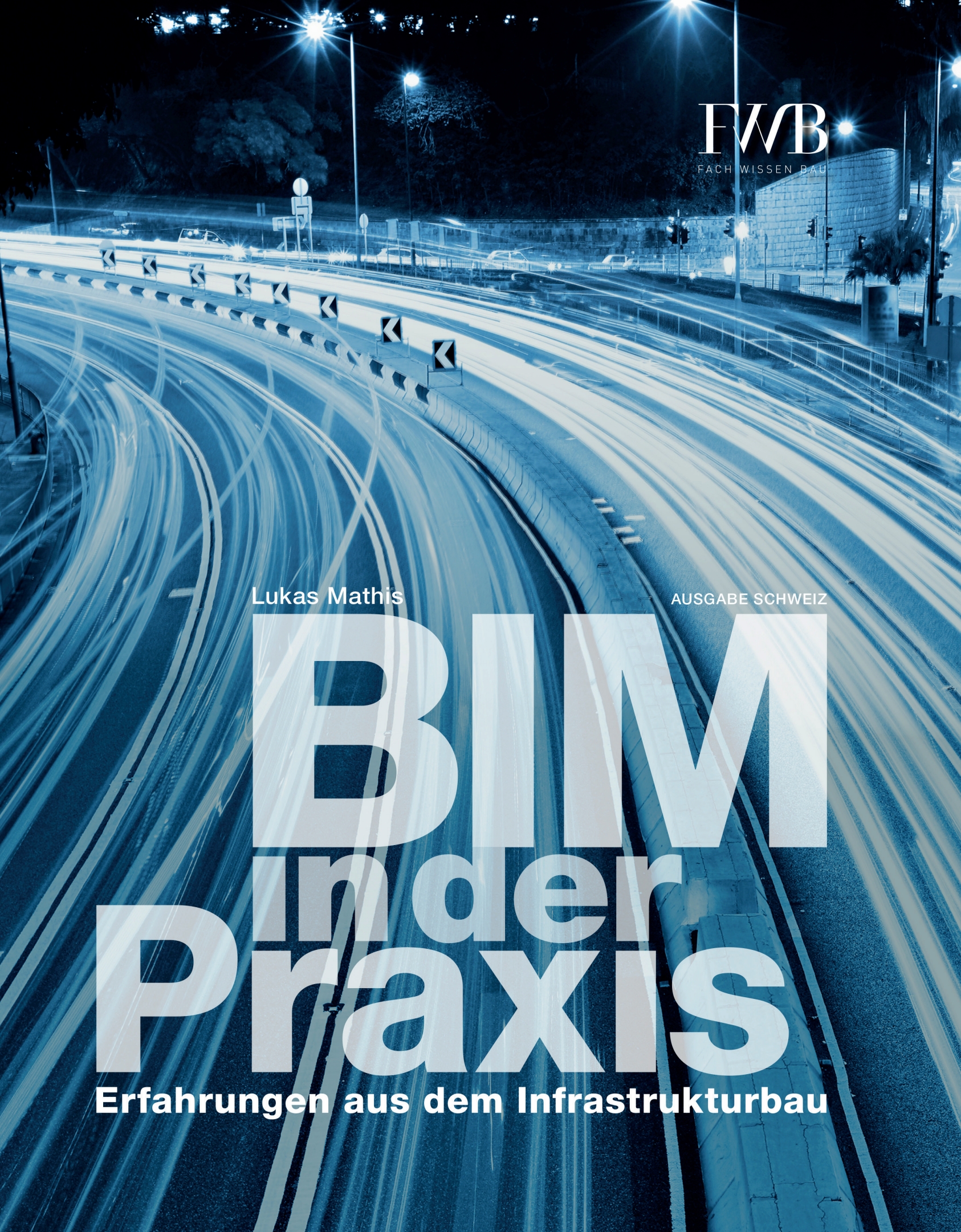




FwB  
FACH WISSEN BAU

Lukas Mathis

AUSGABE SCHWEIZ

# BIM in der Praxis

Erfahrungen aus dem Infrastrukturbau

# Impressum

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Copyright              | © 2021 by FachWissenBau GmbH                                                                                                                                                                                                                        |
| Auflage                | Nr. 1                                                                                                                                                                                                                                               |
| Verlag/Redaktion       | FachWissenBau GmbH, <a href="http://www.fachwissenbau.ch">www.fachwissenbau.ch</a>                                                                                                                                                                  |
| ISBN                   | 978-3-9525139-4-1                                                                                                                                                                                                                                   |
| Urheberrecht           | Alle Rechte an Text, Bild, Grafiken und Illustrationen liegen beim Verlag und sind urheberrechtlich geschützt. Eine all-fällige Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf einer vorherigen Einwilligung durch den Verlag. |
| Text                   | Lukas Mathis                                                                                                                                                                                                                                        |
| Mitwirkung/Co-Autoren  | Prof. Dr. Susanne Kytzia, Rolf Steiner,<br>Dr. Armin Gschnitzer, Samuel Bernet, Tobias Frick                                                                                                                                                        |
| Konzept                | Lukas Mathis, Rolf Steiner, Tobias Frick                                                                                                                                                                                                            |
| Fotos, Bildbearbeitung | Hansjörg Egger, Michael Keller                                                                                                                                                                                                                      |
| Layout, Grafiken       | Tereza Stäheli                                                                                                                                                                                                                                      |
| Lektorat               | Brigitte Röthenmund                                                                                                                                                                                                                                 |
| Druck                  | VVA (Schweiz) GmbH, Widnau                                                                                                                                                                                                                          |
| Haftung                | FachWissenBau GmbH haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung des vorliegenden Werks entstehen könnten.                                                                                                                                      |

Im vorliegenden Fachbuch wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschliesslich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen jeglichen Geschlechts und soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

# Inhalt

|         |   |
|---------|---|
| Vorwort | 2 |
| Glossar | 6 |

|                                                         |          |
|---------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Einführung in die BIM-basierte Arbeitsmethode</b> | <b>8</b> |
| 1.1 Einleitung                                          | 10       |
| 1.2 Vorgehen                                            | 12       |
| 1.3 Vorstellung der Fallbeispiele                       | 16       |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2. Stakeholder-Analyse</b>                                            | <b>20</b> |
| 2.1 Einleitung                                                           | 22        |
| 2.2 Wichtige Aspekte bei der Einführung der BIM-basierten Arbeitsmethode | 24        |
| 2.3 Bauherr                                                              | 26        |
| 2.4 Planer                                                               | 28        |
| 2.5 Bauunternehmer                                                       | 30        |
| 2.6 Fazit und Handlungsempfehlungen                                      | 32        |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. Projektorganisation und Projektphasen</b>                   | <b>34</b> |
| 3.1 BIM im Hoch- und Tiefbau                                      | 36        |
| 3.2 Kern- und Leitdokumente                                       | 38        |
| 3.3 Kontext der BIM-basierten Arbeitsmethode: Projektorganisation | 42        |
| 3.4 Herausforderung 1: Durchgängigkeit                            | 44        |
| 3.5 Herausforderung 2: Vertraulichkeit und Datenschutz            | 48        |
| 3.6 Beispiel Gemeinde Küsnacht                                    | 50        |
| 3.7 Fazit und Handlungsempfehlungen                               | 54        |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. Modelle</b>                                            | <b>58</b> |
| 4.1 Der Begriff «Modell» in der BIM-basierten Arbeitsmethode | 60        |
| 4.2 Modellierungsregeln                                      | 64        |
| 4.3 Modellaufbau                                             | 68        |
| 4.4 Einsatz der Modelle im Projektablauf                     | 72        |
| 4.5 Bestandsmodelle: As-is-Modell                            | 74        |
| 4.6 Planungsmodelle: As-planned-Modell                       | 76        |
| 4.7 Digitale Zwillinge: As-built-Modell                      | 78        |
| 4.8 Detaillierungsgrad                                       | 80        |
| 4.9 Fazit und Handlungsempfehlungen                          | 88        |

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. Bauausführung</b>                         | <b>90</b> |
| 5.1 Einleitung                                  | 92        |
| 5.2 Ausschreibung und Auftragsvergabe           | 94        |
| 5.3 Einbindung Lieferant                        | 96        |
| 5.4 Terminplanung und Bauprogramm (4-D-Planung) | 97        |
| 5.5 Kostenplanung (5-D-Planung)                 | 98        |
| 5.6 Absteckung                                  | 100       |
| 5.7 Qualitätsmanagement                         | 102       |
| 5.8 Erstellung des As-built-Modells             | 105       |
| 5.9 Fazit und Handlungsempfehlungen             | 107       |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>6. Schlusswort mit Ausblick</b> | <b>110</b> |
|------------------------------------|------------|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Nachwort             | 114 |
| Verwendete Literatur | 116 |
| Sponsoren            | 117 |

## 2.2 Wichtige Aspekte bei der Einführung der BIM-basierten Arbeitsmethode

Zum Einstieg in die Analyse der wichtigsten Stakeholder bei der Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode im Infrastrukturbau sind folgende Aspekte im Umfeld wichtig:

**Im Infrastrukturbau gibt es eine Vielzahl von Bauherren, die ihre Bauwerke in der Regel selbst betreiben als Teil von teilweise eng verflochtenen Infrastrukturnetzen.**

Ein Beispiel ist die Verflechtung von kommunalen, kantonalen und nationalen Strassennetzen mit Leitungsnetzen zur Versorgung und Entsorgung sowie von Schienennetzen des öffentlichen Verkehrs. Die verschiedenen Bauherren verfügen über sehr unterschiedliche fachliche Kompetenzen. Grössere Bauherren beschäftigen meist eigene Experten für die Planung und Projektierung, kleine Bauherren werden durch externe Planer unterstützt.

| Art                 | Länge     | Stand |
|---------------------|-----------|-------|
| Schienennetz        | 5'177 km  | 2015  |
| Strassennetz total: | 71'555 km | 2018  |
| – Nationalstrassen  | 1'859 km  | 2018  |
| – Kantonsstrassen   | 17'816 km | 2018  |
| – Gemeindestrassen  | 51'880 km | 2018  |

Tabelle 1: Verkehrsinfrastruktur in der Schweiz  
(Quelle: BFS – Statistik des öffentlichen Verkehrs [OeV]; BFS, ASTRA – Strassenlängen)

Die obige Tabelle zeigt die grosse Bedeutung der Gemeinden als Infrastruktur-Bauherren. Sie sind eine wichtige Gruppe, die sich mit der Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode auseinandersetzen wird. Als kleinere Bauherren sind sie flexibler und können sich das notwendige Know-how durch externe Experten in Planungsbüros und Bauunternehmen beschaffen. Dadurch kann ihre Entscheidung für die BIM-basierte Arbeitsmethode die Entwicklung wesentlich beeinflussen.

**Die Mehrheit aller Projekte findet im Rahmen der Werterhaltung des Bestands statt.**

In der Schweiz werden heute nur noch wenige Infrastrukturbauwerke «auf der grünen Wiese» neu errichtet. Meist baut man im Bestand – als Instandsetzung, Erneuerung oder Ersatzneubau. Häufig tangiert die Bautätigkeit eines Bauherrn auch andere Infrastrukturnetze, die von anderen Bauherren betrieben werden. Der Koordinationsaufwand ist daher erheblich.

Mit der Einführung der BIM-basierten Arbeitsmethode verbindet man die Vision, den verschiedenen Bauherren zukünftig ein Bewirtschaftungssystem zur Verfügung zu stellen, in dem das gesamte Infrastrukturnetz inkl. Gebäude und Werkleitungen als 3-D-Volumenkörper abgebildet ist. Dieser «digitale Zwilling» ist mit vielen Informationen verknüpft, die man teilweise in Echtzeit abrufen kann (Sensoren usw.). Mit einem integrierten Managementtool kann der öffentliche Bauherr aus seiner Investitionsplanung direkt den Finanzbedarf der Gebietskörperschaft ermitteln. Der aktuelle Zustand und die Restlebensdauer der einzelnen Bauteile werden transparent dargestellt. Mit dem Bewirtschaftungssystem werden Effizienzsteigerung und Qualitätssicherung sowie eine Erhöhung der Genauigkeit für das Infrastrukturmanagement gewährleistet. Die Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode in einzelnen Bauprojekten liefert die Datengrundlage für dieses Bewirtschaftungssystem.

**Die Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode wird von nationalen und internationalen Institutionen aus dem Normenwesen entscheidend mitgeprägt.**

Verschiedene Institutionen sind bestrebt, Standards zur Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode zu entwickeln, um ihren Einsatz voranzubringen. Diese Standardisierung ist dringend notwendig, um die Verständigung zwischen allen Beteiligten – national und international – zu unterstützen. Besonders zentral sind Standards für den Datenaustausch sowie rechtliche Aspekte.

**Gut zu wissen!**

**Strassenbau: «Augmented Reality lässt tief blicken»**

Das Potenzial von Augmented Reality (AR) für den Tiefbau ist gross. Dieser Meinung ist das Ingenieurbüro Basler & Hofmann AG nach zwei Feldversuchen. Werkleitungen könnten etwa mittels AR-Brille abgesteckt werden.



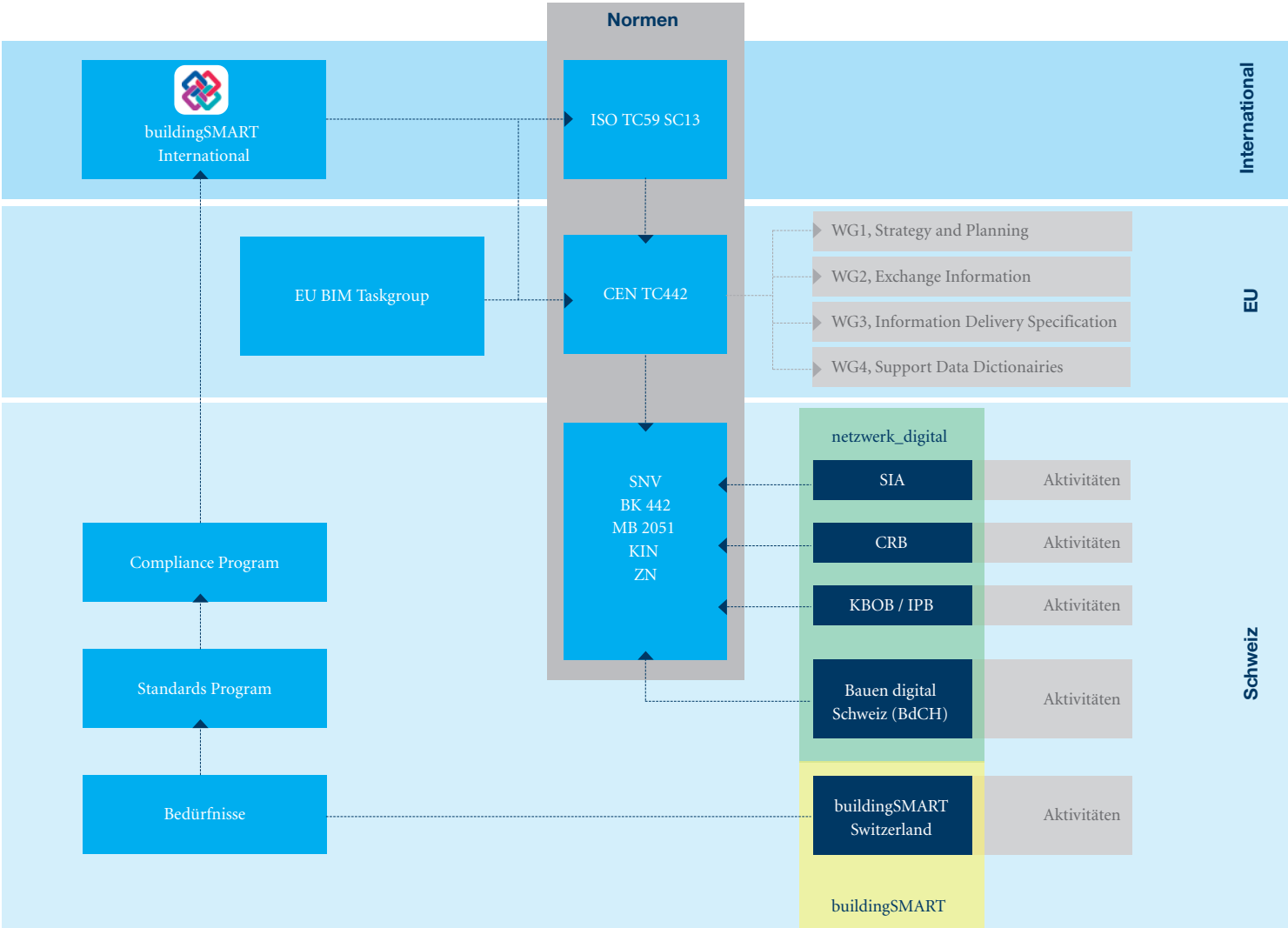


Abbildung 2: Schema Zusammenspiel im Normenwesen (international bis national), (Quelle: Bauen digital Schweiz)

Allgemein anerkannte Standards für den Datenaustausch unterstützen eine freie Wahl der Software, die man in der BIM-basierten Arbeitsmethode einsetzt. Nationale und internationale Institutionen setzen sich für diese Wahlfreiheit ein, die auch als «Open-BIM-Ansatz» bezeichnet wird. Dadurch soll erreicht werden, dass der freie Marktzugang der verschiedenen Softwarehersteller gewährleistet bleibt und ein Wettbewerb zwischen verschiedenen Softwareanbietern entsteht.

Auf internationaler Ebene wird das Normenwesen durch die ISO (International Organization for Standardization) definiert. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit buildingSMART International (bsi). Die Organisation bsi koordiniert als Dachorganisation die Arbeit zwischen regionalen Verbänden weltweit. Es handelt sich um eine internationale nichtstaatliche Non-profit-Organisation, die u.a. die Austauschformate (IFC-Standard) definiert. bsi wurde 1995 gegründet. Neben bsi und ISO gibt es die Normen des CEN (Comité Européen de Normalisation) und die darauf aufbauenden Normen der SNV (Schweizerische Normen-Vereinigung).

Die SNV ist als Dachorganisation für die Normung in der Schweiz zuständig und handelt damit zum Nutzen der Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft. Sie ist die direkte Vertreterin des CEN und der ISO. In der Dachorganisation SNV sind SIA, CRB, KBOB, BdCH usw. vertreten. Im BIM-Kontext wurde 2015 im CEN ein technisches Komitee 442 (Building Information Modeling) ins Leben gerufen. Darauf setzte der SIA eine Begleitkommission ein, um die Normierungsaktivität dieses Komitees aus Schweizer Sicht zu beobachten. Die Gruppe beschäftigt sich vor allem mit Themen aus dem Hochbau. Die Entwicklung von Instrumenten für den Infrastrukturbau – vor allem IFC-Standards für den Datenaustausch – ist aktuell noch nicht abgeschlossen. Sie werden auf internationaler Ebene ausgearbeitet und gelten dann weltweit. Aufgrund dieser Standards werden die Softwarehersteller ihre Schnittstellen definieren. Bauteilhersteller werden zukünftig ihre Daten nach diesen Standards zur Verfügung stellen. Solange keine standardisierten IFC-Schnittstellen im Infrastrukturbau publiziert und in den gängigen Autorensoftwares implementiert sind, ist die Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode deutlich erschwert.

**Auszug: BIM in der Praxis - Kapitel 2.2 Wichtige Aspekte bei der Einführung der BIM-basierten Arbeitsmethode**

## 3.2 Kern- und Leitdokumente

### Begrifflichkeiten

Bei der BIM-basierten Arbeitsmethode kommen unterschiedliche län-der- und organisationsspezifische Begriffe vor (siehe Tabelle 2). Der Begriff «Leitdokumente» fasst diese unterschiedlichen Begrifflichkeiten für die Dokumente zusammen. In dieser Publikation werden die Begriffe «Auftraggeber-Informationsanforderungen AIA» (auftraggeberseitiges Instrument) und «BIM-Projektentwicklungsplan BAP» (auftragnehmerseitiges Instrument) verwendet.

Die Kern- und Leitdokumente beschreiben die Ausgestaltung der BIM-basierten Arbeitsmethode im Rahmen eines konkreten Bauprojekts. Sie bestehen aus einem «Pflichtenheft» – AIA –, in dem der Auftraggeber (Bauherr) seine Bedürfnisse und Anforderungen beschreibt. Mit dem BAP antwortet der Auftragnehmer auf die AIA und beschreibt, wie er diese Bedürfnisse und Anforderungen erfüllt. Der BAP wird daher oft auch «Lastenheft» genannt (siehe Seite 40). Wie bereits in Kapitel 2.3 ausgeführt, sollte der Bauherr als Auftraggeber klar festlegen, worin er den Nutzen der BIM-basierten Arbeitsmethode sieht – allgemein und insbesondere im Kontext eines spezifischen Bauprojekts. In den unter-suchten Fallbeispielen zeigte sich deutlich, dass der spezifische Nutzen von der Grösse des Bauprojekts abhängt, von seiner Komplexität, von der Planungsphase, in der die BIM-basierte Arbeitsmethode eingesetzt wird, und von der vorgesehenen Schnittstelle zu anderen Phasen im Lebens-zyklus des Bauwerks. In den AIA sollte dieser Nutzen projektspezifisch konkretisiert werden. Dies sind die Kernthemen der konkreten BIM-Anwendung. Der BAP sollte sich dann auf Leistungen in diesen Kern-themen konzentrieren. Als gute Grundlage für die Erstellung der Leit-dokumente können die Praxisrapporte von Bauen digital Schweiz (BdCH) dienen. Diese sind jedoch eher hochbaubezogen und müssen an die Anwendungen im Infrastrukturbau angepasst werden.

| In diesem Buch verwendete Begriffe | SIA 2051                 | Bauen digital Schweiz (BdCH) | EN ISO 19 650-1:2018         | Weitere Begriffe                     |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| AIA                                | IAG<br>IOG<br>IPG<br>IAB | PIA<br>OIA<br>–<br>LIA       | PIR/EIR<br>OIR<br>PIM<br>AIR | AIA, IPD, AMA, MIP, MPDT, Lastenheft |
| –                                  | IMP                      | PIM                          | PIM                          | –                                    |
| BAP                                | BAP                      | BAP                          | MIDP                         | OHb, BEP, Pflichtenheft              |
| –                                  | IMB                      | LIM                          | AIM                          | As-built-Modell                      |

Tabelle 2: BIM-Begriffe (Quelle: Lukas Mathis, OST – Ostschweizer Fachhochschule)

### Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)

#### Perspektiven des Auftraggebers

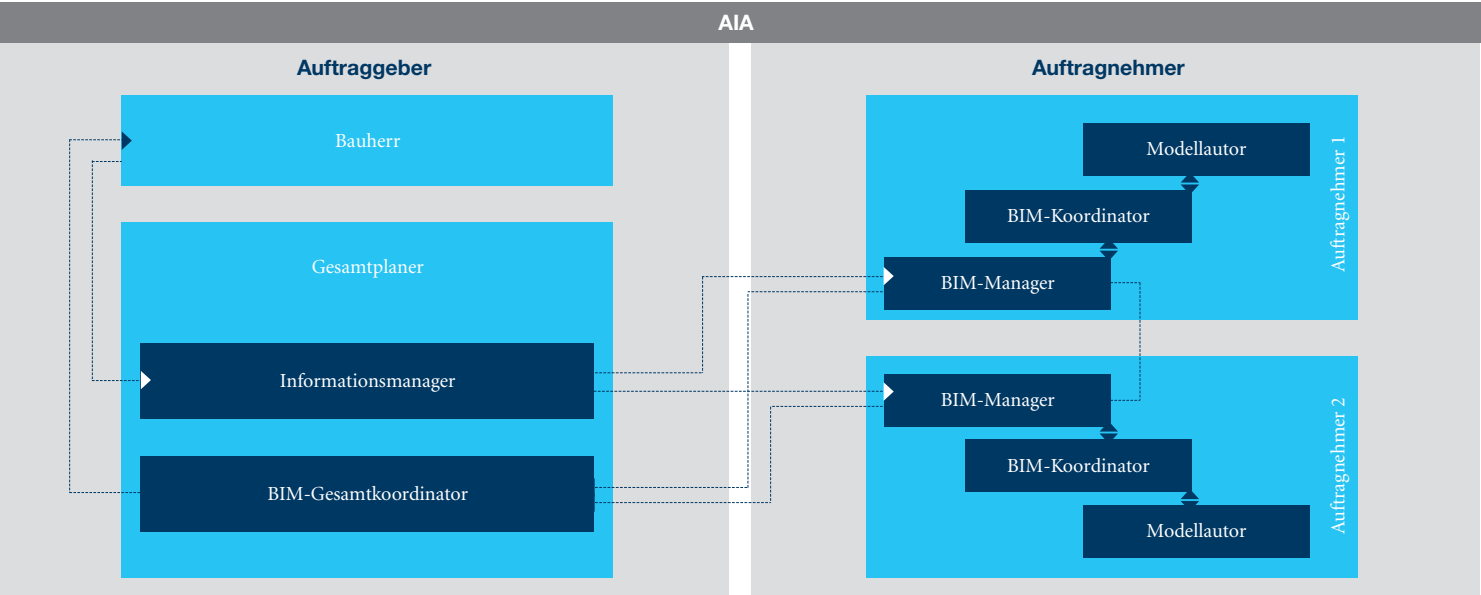
Im Infrastrukturbau sind die Auftraggeber häufig öffentliche Bauherren, die für den gesamten Lebenszyklus des geplanten Bauwerks verantwort-lich sind. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, lassen sich ihre Bedürf-nisse resp. ihr Nutzen bei der Anwendung der BIM-basierten Arbeitsme-thode in einem konkreten Bauprojekt an drei Kernthemen festmachen: Organisationsentwicklung, Verbesserung des Lebenszyklus-Manage-ments und Verbesserung der Qualität von Planung und Projektierung.

#### Erfahrungen in Fallbeispielen

In den untersuchten Fallbeispielen lagen die Schwerpunkte der Bauher-ren bei den Kernthemen Qualität von Planung und Projektierung und Verbesserung des Lebenszyklus-Managements. Sie formulieren ihre AIA also aus der Sicht eines Gesamtplaners, bezogen auf das konkrete Bauprojekt. Oft fehlten die AIA auch, und der Bauherr formulierte sei-ne BIM-Ziele in einem separaten Dokument. Aus Sicht des öffentlichen Bauherrn ist die Bedeutung des Kernthemas Organisationsentwicklung in den Fallbeispielen klar erkennbar, da es sich um Pilotprojekte han-delte.

#### Fehlende Erfahrungen

In allen Fallbeispielen fehlte ein breit abgestütztes Erfahrungswissen der jeweiligen Projektbeteiligten, um die AIA für ein Infrastrukturprojekt zu erstellen bzw. um den Tiefbau in einem grösseren Hochbauprojekt zu berücksichtigen.

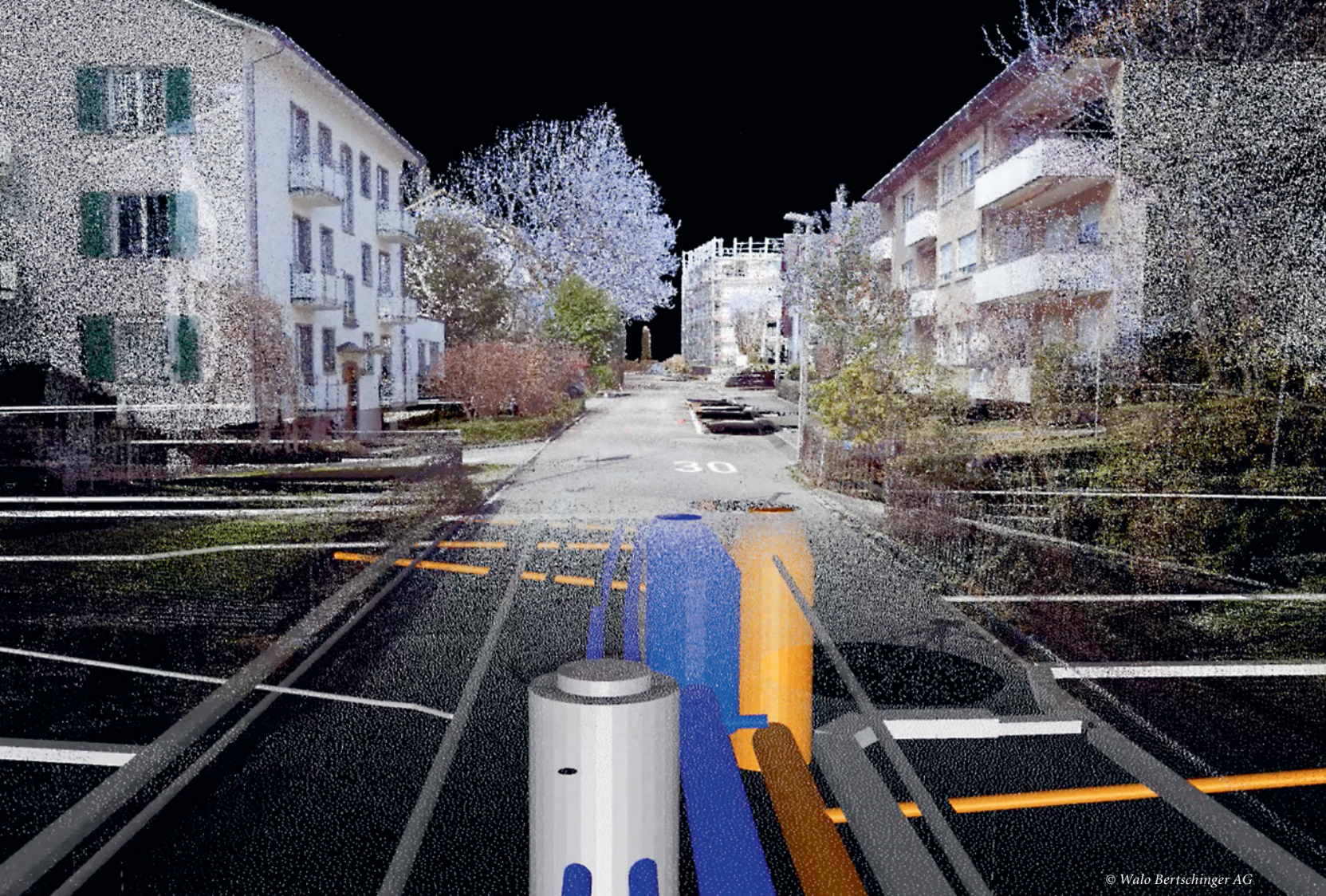


Digitale Pläne auf einer BIM-Baustelle

Abbildung 3: Informationsfluss bei BIM-Projekten im Infrastrukturbau (Quelle: Lukas Mathis, OST – Ostschweizer Fachhochschule)



© Walo Bertschinger AG



Digitales Modell der Eigenheimstrasse, Küsnacht

### 3.5 Herausforderung 2: Vertraulichkeit und Datenschutz

Wem gehören die Daten, die im Rahmen der Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode in einem konkreten Bauprojekt erfasst werden? Wer trägt die Verantwortung für Fehler in diesen Daten, die im gesamten Planungsprozess entstehen (u.a. auch beim Datenaustausch oder in den Kollisionsprüfungen)? Alle diese Fragen werden teilweise bereits durch bestehende Regelungen in Planungsprozessen beantwortet (z.B. bei den Urheberrechten); teilweise müssen aber auch neue Lösungen gefunden werden (z.B. bei den Cloud-Diensten). Zum Schutze aller Daten sind vom Auftragnehmer Sicherheitsvorkehrungen nach dem aktuellsten Stand der Technik zu gewährleisten. Auch personenbezogene Daten sind nach VO EU 2016/679 (Europäische Datenschutz-Grundverordnung) ausreichend zu schützen. Die folgenden Abschnitte bieten einen kurzen Überblick über die heutige Situation.

**Sensitive Daten**

*Urheberrechte*

Beim Urheberrecht kann man auf bereits bestehende Regelungen zur Einräumung und Übertragung urheberrechtlicher und weiterer Nut-

zungsrechte zurückgreifen. Sie schliessen auch vom Auftragnehmer erzeugte BIM-Modelle und sonstige Daten mit ein. Der Auftraggeber ist insbesondere befugt, die vom Auftragnehmer erzeugten Daten auch ohne dessen Mitwirkung für die weitere Planung und Ausführung des Bauvorhabens sowie für den Werterhalt, den Betrieb und den Unterhalt und auch für allfällige Rück- und Umbauten zu verwenden.

*Schützenswerte Daten*

Bezüglich Vertraulichkeit der Daten müssen keine grundlegend neuen Regelungen gesucht werden. Wie in der traditionellen Planung ist jeder Auftragnehmer verpflichtet, die im Projekt erlangten Daten, im speziellen Inhalte von BIM-Modellen der weiteren Projektbeteiligten, vertraulich zu behandeln. Insbesondere sind native Dateiformate oder Meta-Informationen über die BIM-Modelle zu schützen. In diesen Daten sind wegen der unternehmensspezifischen Programmroutine erhebliche Eigenleistungen der beteiligten Unternehmen enthalten. Wie die Frage nach der Vertraulichkeit im Detail geklärt wird, ist momentan noch offen.

*Cloud-Dienste*

Anders stellt sich die Situation bei der Nutzung von Cloud-Diensten dar. Sie unterstützen das Ziel, dass alle Projektbeteiligten auf den aktuellsten Stand der Daten zugreifen können – vor allem der aktuellen Modelle. Zurzeit (Stand: Sommer 2020) ist ein reines Arbeiten auf einer Cloud noch praktisch unmöglich, da die Cloud-Dienste noch nicht so weit entwickelt sind und keine cloudbasierte Autorensoftware auf dem Markt existiert. Sollte sich diese Arbeitsweise aber zukünftig durchsetzen, dann stellen sich hier wichtige Fragen zum Datenschutz, zur Datenhoheit und zur Haftung. Zudem ist festzulegen, wo die Daten gehostet werden. So sind oft nur wenige Server in der Schweiz platziert und die Daten rund um den Globus verstreut. Speziell bei vertraulichen Daten können hier Probleme entstehen.

**Haftung**

*Objekte*

In Bezug auf die Haftung ergeben sich aus der Übernahme der gängigen Planungspraxis erhebliche Risiken für den Erfolg der BIM-basierten Arbeitsmethode. Die Anforderungen an eine erfolgreiche Projektleitung steigen. Gemäss der gängigen Arbeitsmethode haftet der Auftragnehmer für die Vollständigkeit und vertragsgemässe Ausführung der von ihm erstellten BIM-Modelle und sonstigen Daten. Für BIM-Objekte, Teilmodelle, Datenbanken oder Herstellerinformationen von Dritten, welche vom Auftragnehmer angefordert wurden, haftet der Auftragnehmer ebenso wie für selbst erstellte Informationen.

*Prüfung und Mängel*

Für den Auftraggeber steht eine Frist von zwei Wochen nach Erhalt der Modelle für die Überprüfung der Modelle und ihres Inhalts zur Verfügung. Bei offensichtlichen Mängeln kann der Auftraggeber in dieser Frist eine Nachbesserung der erstellten BIM-Modelle resp. der Daten verlangen. Bei verdeckten Mängeln kann eine Nachbesserung auch nach der zweiwöchigen Frist verlangt werden. Damit übernimmt der BIM-Koordinator des jeweiligen Fachplaners letztlich die Verantwortung für die Vollständigkeit und den Inhalt seiner BIM-Modelle und ist zu einer zeitnahen Überprüfung verpflichtet. Der BIM-Gesamtkoordinator ist für die Überwachung und die Einhaltung der Termine des BIM-Koordinators zuständig. Gelingt es dem BIM-Gesamtkoordinator nicht, eine strikte Zeitplanung durchzusetzen, gewinnt die Haftungsfrage bezüglich der Konfliktpunkte noch an Bedeutung, wenn beispielsweise die Projektbeteiligten ihr Fachmodell jeweils weiterbearbeiten und dabei Konfliktpunkte zwischen den Fachmodellen entstehen. Bei der Klärung der Haftungsfrage muss klar nachvollzogen werden können, wer für die Folgekosten usw. aufkommt.

**Vertragswesen**

Angesichts des wirtschaftlichen Drucks im Infrastrukturbau und der fehlenden Normen zur BIM-basierten Arbeitsmethode ist eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten (Bauherr, Planer und Unternehmer) eine zwingende Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung der BIM-basierten Arbeitsmethode. Nur so können die entstehenden Risiken fair verteilt und ein gemeinsamer Lernprozess möglich werden. Mit der Einführung einer neuen Arbeitsmethode treten

**Auszug: BIM in der Praxis -  
Kapitel 3.5 Herausforderungen 2: Vertraulichkeit und Datenschutz**

während des Prozesses (fast) immer unvorhersehbare Herausforderungen auf. Nur in einem partnerschaftlichen Miteinander kann man diese erfolgreich überwinden. Daher müssen in den Verträgen die Verantwortlichkeiten klar geregelt werden, einschliesslich des Claim-Managements. So entsteht Vertrauen unter allen Projektbeteiligten. Vor allem in der momentanen Entwicklungsphase der BIM-basierten Arbeitsmethode müssen die unterschiedlichen Partner ihre Risikobereitschaft klar deklarieren und die Risikoverteilung transparent und verbindlich festlegen. Nur so kann Innovation entstehen, und die neue Arbeitsmethode wird vorangebracht.

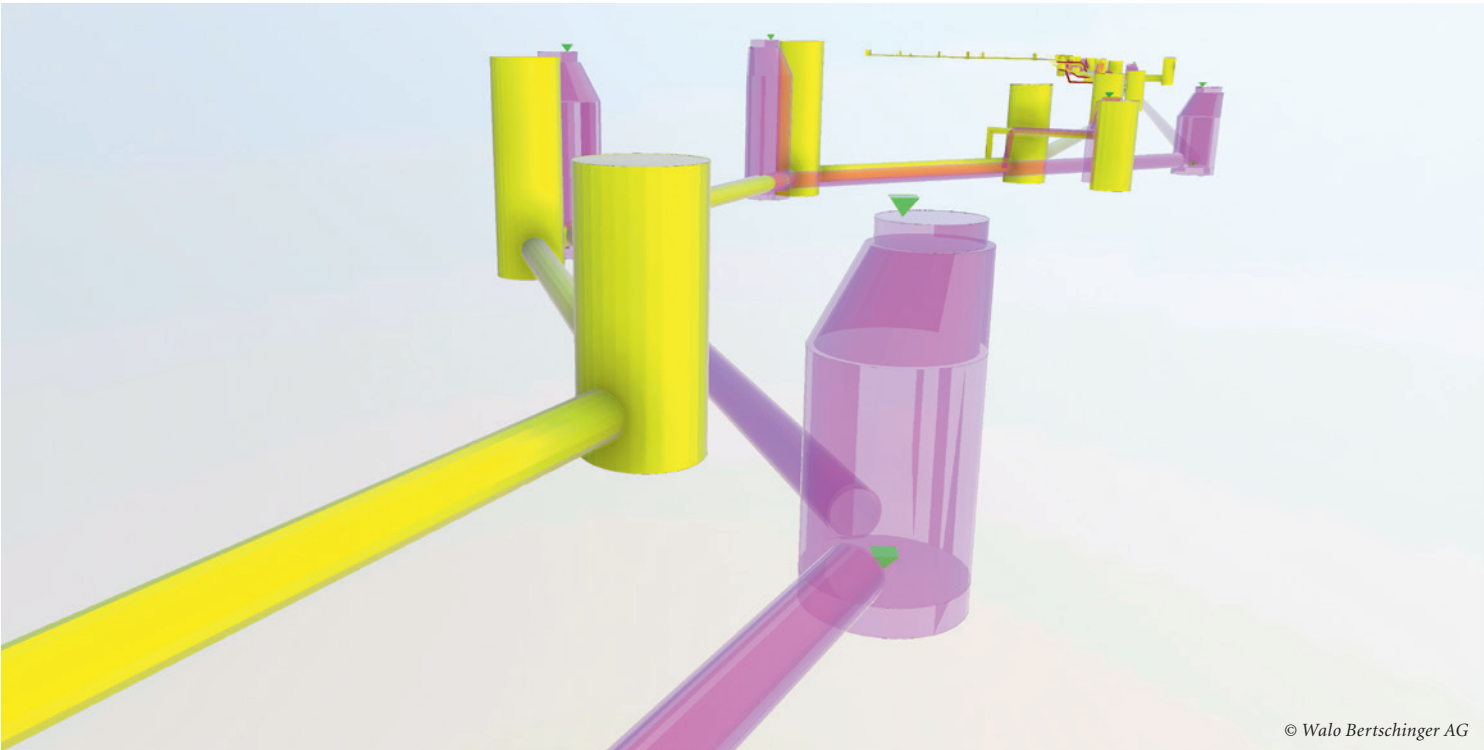
Integrierter 3-D-Scan in einem As-planned-Modell



Fachmodelle

Bei Fachmodellen handelt es sich um räumliche Modelle verschiedener Fachdisziplinen (z.B. Bauingenieurwesen und Elektroplanung). Diese Unterscheidung wird aus der Anwendung der BIM-basierten Arbeitsmethode im Hochbau übernommen, da dort viele verschiedene Planer an der Projektierung beteiligt sind. Im Infrastrukturbau trifft man sehr unterschiedliche Projekte an. Bei grossen Projekten mit Beteiligung vieler verschiedener Fachdisziplinen – beispielsweise im Tunnelbau – entspricht die Situation tendenziell grösseren Hochbauprojekten. Im kommunalen Tief- und Strassenbau hingegen wird bei kleineren bis mittleren Strassenbauprojekten das gesamte Bauprojekt aber von ein und derselben Firma übernommen. Dann stellt sich die Frage nach einer sinnvollen und zielführenden Unterteilung der Fachmodelle neu.

Fachmodell Kanalisation (violett), Abbruch (gelb) und Absteckpunkte (grün)



Aufteilung

Wie die Unterteilung der Fachmodelle vorgenommen wird, hängt stark vom Projekt und den Projektbeteiligten ab. Es können unterschiedliche Varianten zielführend sein. Im kommunalen Tief- und Strassenbau kann man die Fachmodelle beispielsweise nach den Werken unterteilen. Bei einer Gesamtanierung beispielsweise erhalten sie so ein räumliches Modell, das ihren Teil des Strassenabschnitts zeigt – idealerweise während des gesamten Projektablaufs bis zur Datenübergabe an Betrieb, Unterhalt und Instandsetzung. Vor allem im Infrastrukturbau können aber auch Fachmodelle für besondere Bestimmungen sinnvoll sein. Mit der Abbildung der besonderen Bestimmungen können Randbedingungen für die Erstellung des Planungsmodells ersichtlich werden. Dieses Fachmodell findet häufig im Bahnbau Anwendung, da hier Sperrflächen oder auch die logistische Versorgung der Baustelle über die Gleise besser veranschaulicht werden kann.

Vorgaben

Oft gibt der Auftraggeber keine konkrete Struktur der Fachmodelle vor. Er macht höchstens eine Empfehlung in den AIA. Diese Empfehlung soll im BAP verifiziert oder angepasst niedergeschrieben werden. Meist sieht die Empfehlung eine Unterteilung der Fachmodelle nach den einzelnen Werken vor.

Leitmodell

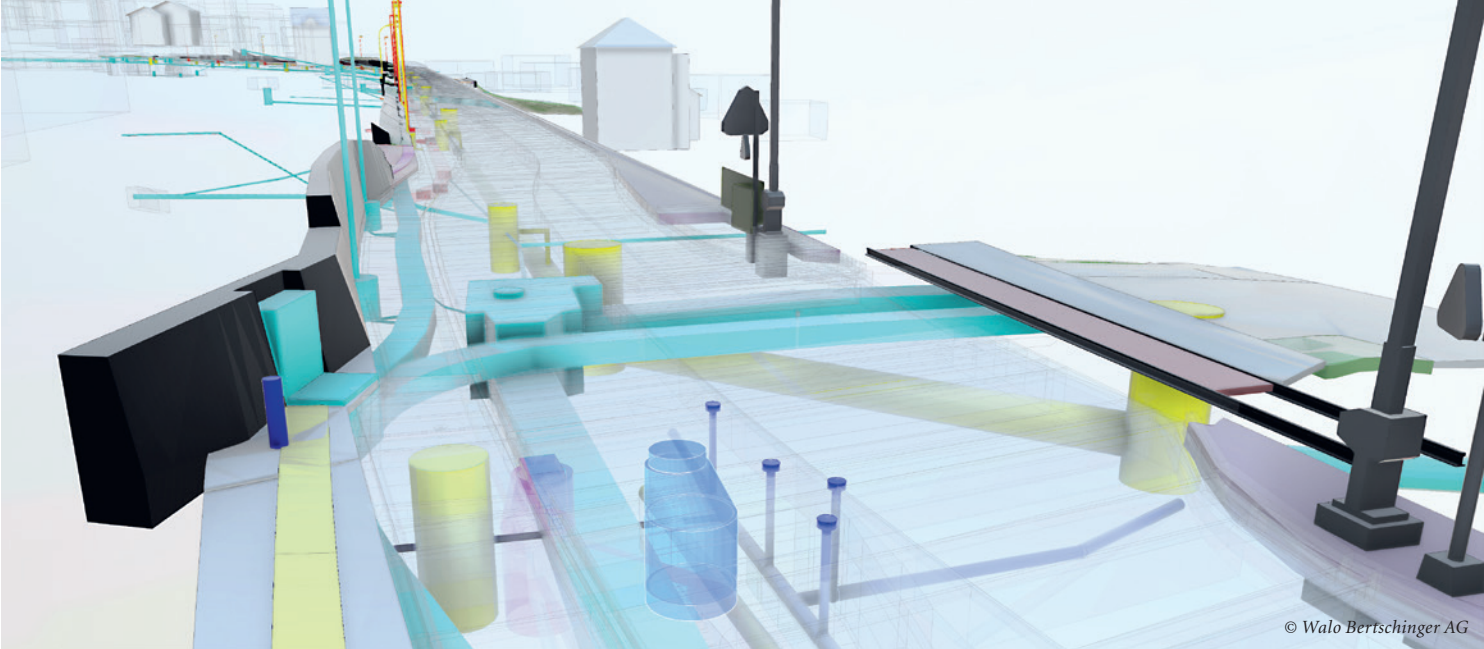
Das Leitmodell bezeichnet ein übergeordnetes Modell, an dem sich alle anderen Fachmodelle zu orientieren haben. Im Rahmen der untersuchten Fallbeispiele hat sich gezeigt, dass sich bei Bauprojekten im kommunalen Tief- und Strassenbau das Fachmodell des Strassenbaus bestens als Leitmodell eignet.

Teilmodelle

Wenn das Datenvolumen des Koordinationsmodells bzw. einzelner Fachmodelle zu gross wird, kann es in Teilmodelle aufgeteilt werden. Dadurch werden die räumlichen Modelle besser handhabbar.

Aufteilung

Die Unterteilung in Teilmodelle ist vor allem bei Projekten mit einer grossen Längenausdehnung sinnvoll. So muss bei geringen Anpassungen in einem kleinen Teilbereich beim Datenaustausch oder bei der Kollisionsprüfung nicht immer das komplette Modell neu betrachtet werden, sondern nur noch das betroffene Teilmodell. Der Datenaustausch wird somit einfach, und die Modelle können gezielter angepasst werden.



As-planned-Modell mit ausgeblendetem Oberbau

Elemente

GUID

Die kleinste Einheit geometrischer Objekte im räumlichen Modell sind Elemente, die mit einem «Globally Unique Identifier» (GUID) gekennzeichnet sind. Mit diesem GUID ist das Element weltweit eindeutig identifiziert. Diese eindeutige und einmalige Vergabe der GUID verlangt eine sorgfältige Modellierung (siehe Seite 64), mit der man die Anzahl GUID innerhalb eines Projekts begrenzen kann. Darum sollten die Elemente – wenn immer möglich – nicht gelöscht oder neu modelliert werden, sondern modifiziert, also beispielsweise verschoben oder beschnitten.

Metadaten

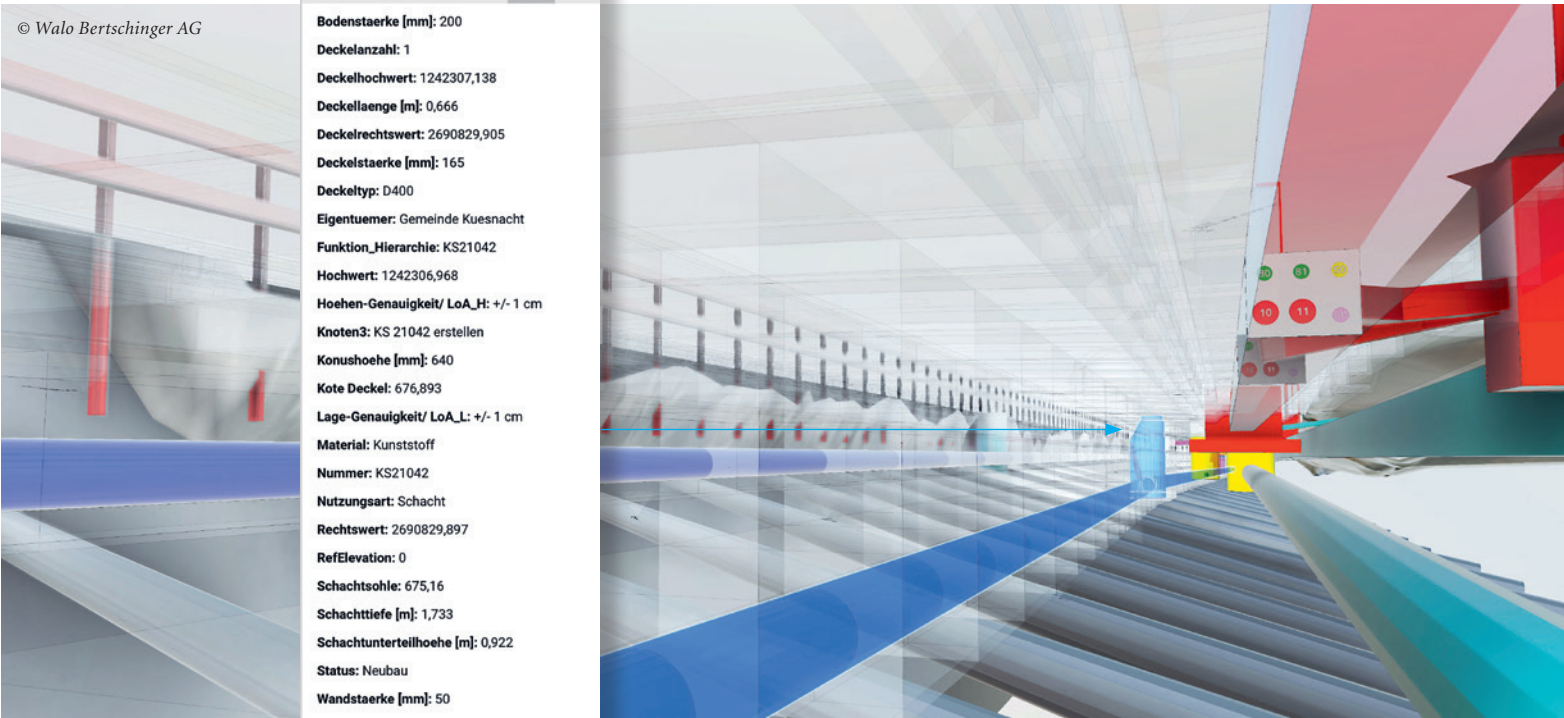
Neben dem GUID werden die Elemente mit Metadaten (Attributen) genauer beschrieben. Die Metadaten sind über den GUID mit dem Element verknüpft. Die gewünschten Attribute pro Projektphase müssen bereits

zu Beginn des Projekts vom Auftraggeber klar und eindeutig definiert werden (siehe Seite 64). Dabei sollte die Nutzung der räumlichen Modelle im ganzen Lebenszyklus des Bauwerks berücksichtigt werden, damit klar wird, welche Daten in welchem Zeithorizont benötigt werden.

Datenaustausch

Beim Datenaustausch fragt sich immer wieder, welches Format das zielführendste ist, um Datenverluste möglichst zu vermeiden. So eignet sich aktuell (Stand: Sommer 2020) das IFC-Format nur beschränkt im Infrastrukturbau, da viele Elemente noch nicht definiert sind. Wird heute mit dem IFC-Format ausgetauscht, ist die Definition nur über Standardelemente (ifcBuildingElementProxy oder ifcCivilElement) möglich, und das ist nur beschränkt sinnvoll. So eignet sich beispielsweise das Datenformat cpixml besser. Weitere Infos zu diesem Datenformat sind Seite 44 zu entnehmen.

Fachmodell Kanalisation (blau) inkl. Attribuierung eines Schachtes



## 4.8 Detaillierungsgrad

Beim Detaillierungsgrad der Modelle wird von einem LOIN und LOD mit LOG und LOI sowie von Levels (100 bis 500) gesprochen. Die Buchstaben geben die Art der Detaillierung an und die Zahlen die Tiefe des Detaillierungsgrads. Je höher die Zahl, desto detaillierter ist das räumliche Modell des Bauwerks. Im Laufe der Projektierung nimmt die Menge an Informationen über das geplante Bauwerk zu, und das räumliche Modell wird immer detaillierter. Die BIM-basierte Arbeitsmethode unterstützt diesen Prozess optimal, wenn zu jeder Planungsphase (nur) der dann notwendige Grad der Detaillierung abgebildet wird. In diesem Abschnitt wird ein Vorschlag für eine Zuordnung von bestimmten Detaillierungsgraden zu den verschiedenen Planungsphasen vorgestellt und danach gezeigt, welche Informationen im jeweiligen Detaillierungsgrad benötigt werden, unterschieden nach der Art des Bauvorhabens. Diese Zuordnung kann als Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung verwendet werden.

### Art der Detaillierung

Es gibt verschiedene Detaillierungsgrade, die unterschiedliche Bereiche beschreiben. Beim LOG beispielsweise handelt es sich um die Detailgenauigkeit der geometrischen Information im Modell. Beim LOI hingegen geht es um die Detailtiefe der Information (Attribute) im Modell. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Detaillierungsgrade erläutert. Der LOIN resp. LOD fasst die beiden LOG und LOI zusammen.

#### LOIN

Beim Level of Information Need (LOIN) handelt es sich um die Informationsanforderungen seitens des Auftraggebers. Der LOIN wird nur in der Schweiz verwendet und ist äquivalent mit dem LOD im Ausland.

#### LOD

Der Level of Development (LOD) beschreibt den Fertigstellungsgrad des Objekts im Modell. Der LOD fasst LOI und LOG zusammen. Dabei gibt es keinen LOD mit Nummernbezeichnungen wie 100ff. In einem LOD können ein LOI 100 und gleichzeitig ein LOG 200 vorhanden sein. Es besteht keine Abhängigkeit zwischen den unterschiedlichen Levels des LOG und des LOI.

#### LOG

Beim Level of Geometry (LOG) wird der geometrische Inhalt eines Modells definiert. Die Genauigkeit nimmt mit dem Fortschreiten des Projekts (steigt von 100 auf 500 an) stetig zu. Es besteht keine Zeit- und Phasenangabe.

#### LOI

Beim Level of Information (LOI) handelt es sich um den inhaltlichen (alphanumerischen) Informationsgrad des Modells. Dazu werden die Attribute der zu verwendenden Objekte festgelegt. Es besteht keine Zeit-

| LOA | Genauigkeit | Angaben zur Genauigkeit bezüglich Bauteile                                                        |
|-----|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100 | +/- 50 cm   | übergeordnete Bauteile                                                                            |
| 200 | +/- 25 cm   | geologisches Profil                                                                               |
| 300 | +/- 5 cm    | Werkleitungen inkl. Hausanschlüsse<br>Grabenaushub und -auffüllung<br>Hüllbeton um Rohr<br>Plenum |
| 400 | +/- 1 cm    | Planie<br>Foundations-, Trag- und Binderschicht                                                   |
| 500 | +/- 5 mm    | Deckbelag                                                                                         |

Tabelle 8: Beschreibung des Level of Accuracy  
(Quelle: Lukas Mathis, OST – Ostschweizer Fachhochschule)

und Phasenangabe. Die Levels bauen ebenfalls aufeinander auf und sind nicht sequentiell.

#### LOA

Der Level of Accuracy (LOA) bezeichnet die Genauigkeitsangabe des Modells in Bezug auf die Realität. Jedes Element kann somit einen anderen LOA enthalten. Die Abhängigkeit besteht einzig in der Genauigkeit der Lage des Elements im Modell.

#### Tiefe der Detaillierung (Level)

- Im Level 100 werden konzeptionelle Darstellungen und Studien aufgezeigt.
- Im Level 200 werden Angaben zu Dimension und Grösse massgebender Bauelemente gemacht sowie deren Beziehung untereinander dargestellt.
- Der Level 300 dient als Grundlage für die Realisierung. Er entspricht in etwa dem Bauprojekt nach SIA.
- Der Level 350 beschreibt die Submission. Darin sind ausschreibungsreife Angaben mit Spezifikationen der einzelnen Elemente vorhanden.
- Im Level 400 soll die Ausführungsplanung für «on site» und «off site» mit den spezifischen Eigenschaften der Elemente (Materialeigenschaften usw.) erreicht werden.
- Der Level 500 beschreibt die Dokumentation des ausgeführten Bauwerkes «as built», früher oft auch als PaW (Plan des ausgeführten Werks) oder DaW (Dokumente des ausgeführten Werks) bezeichnet. Darin sind alle wichtigen Dokumente für die Bewirtschaftung des Bauwerks sowie die den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks betreffenden Daten enthalten.

### Zuordnung des LOD zu Planungsphasen

Eine genaue Zuordnung der LOD zu den verschiedenen Phasen von Planung und Projektierung ist weder möglich noch sinnvoll. Innerhalb jeder Phase steigt der Detaillierungsgrad. Man beginnt mit einem räumlichen Modell im Detaillierungsgrad der vorhergehenden Phase, entwickelt es weiter und übergibt meist ein detaillierteres Modell an die nächste Phase. Aus diesem Grund werden in der nachfolgenden Tabelle 9 den LOD zunächst die Planerleistungen zugeordnet, die mit einem räumlichen Modell im jeweiligen Detaillierungsgrad unterstützt werden. Anschliessend werden diese Planerleistungen den Planungsphasen zugeordnet. Auf dieser Grundlage wird auf den folgenden Seiten gezeigt, welche Informationen bei verschiedenen Arten von Bauwerken in den jeweiligen LOD zur Verfügung gestellt werden sollten.

| Level | Leistungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 100   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Festlegung des grundsätzlichen Konzepts (Neubau, Sanierung, Reparatur, Renovation oder Erneuerung)</li><li>– Entwicklung von unterschiedlichen (alternativen) Lösungsstrategien, mit denen alle Anforderungen der Stakeholder berücksichtigt werden (Bauherr, Anwohner, Planer, Bauausführender, Betreiber usw.)</li><li>– Abklärung der Grundlagenbeschaffung</li></ul>                                                                                                                              | Strategiephase        |
| 200   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Entwickeln von (alternativen) Projektvarianten, mit denen die Anforderungen an das Bauwerk erfüllt werden (Überprüfung der Wirtschaftlichkeit usw.)</li><li>– Einhalten von Normen und Vorschriften (SIA, VSS, kantonal, kommunal usw.)</li><li>– Vordimensionierung aller Bauteile</li><li>– Erstellung des detaillierten BAP</li><li>– Machbarkeitsstudien (Bewilligungsfähigkeit, technische Machbarkeit)</li><li>– Untersuchungen und Abklärungen vor Ort</li><li>– Kostengrobschätzung</li></ul> | Planungsphase         |
| 300   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Umsetzung des BAP</li><li>– Dimensionierung aller Bauteile inkl. Informationen zu Qualität und Anforderungen</li><li>– Kostenvoranschlag</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |
| 350   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Umsetzung des BAP</li><li>– Ausschreibungsreife Informationen zu Bauteilen</li><li>– Pläne für Vorfabrikation usw.</li><li>– Grober Terminplan (fachspezifische Bauabläufe)</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |
| 400   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Umsetzung des BAP</li><li>– Bauteile mit produktspezifischen Informationen</li><li>– Arbeitsvorbereitung und Bauablaufplanung (Absteckung, Simulationen, Fortschrittskontrollen, Logistik usw.)</li><li>– Mängelmanagement</li><li>– Kostenermittlung</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                       | Ausführungsphase      |
| 500   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Umsetzung des BAP</li><li>– Erfassung der spezifischen Informationen zu den einzelnen Bauteilen (Produkteigenschaften, Ausführungsdaten, Betriebs- und Wartungsdaten usw.)</li><li>– Eingabe (Attribute usw.) der Daten ins Bewirtschaftungssystem (Betrieb und Unterhalt)</li><li>– Abschluss Mängelmanagement</li><li>– Kosten gemäss Schlussrechnung</li><li>– Abnahme des Bauwerks und Übergabe in das Bewirtschaftungssystem</li></ul>                                                           |                       |
| 600   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Betrieb und Unterhalt</li><li>– Lebenszyklus-Management</li><li>– Bauwerkserhaltung</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Bewirtschaftungsphase |

Tabelle 9: Zuordnung LOD und Planungsphasen (Quelle: Lukas Mathis, OST – Ostschweizer Fachhochschule)

**Auszug: BIM in der Praxis - Kapitel 4.8 Detaillierungsgrad**

# 5.7 Qualitätsmanagement

In der Bauausführung kann sich die BIM-basierte Arbeitsmethode positiv auf das Qualitätsmanagement auswirken, indem das Dokumentenmanagement im Bauprozess verbessert und eine optimierte Messtechnik zur Überwachung der Qualität der Ausführung eingesetzt wird. Für diese beiden Ansätze ist die BIM-basierte Arbeitsmethode keine direkte Voraussetzung. Sie wirkt aber unterstützend, indem einerseits die Kollaborationsplattform als Dokumentenmanagement-System genutzt werden kann und andererseits das As-built-Modell die Möglichkeit bietet, den Bauteilen gezielt Informationen zur Bauausführung zuzuweisen – als Dokumente oder als Attribute. Diese Informationen können weiter genutzt werden, um Kennwerte für die Bauausführung zu ermitteln, die in Zukunft die Projektierung unterstützen (z.B. Kostenkennwerte). Diese verschiedenen Ansätze wurden im Fallbeispiel Eigenheimstrasse in Küsnacht realisiert. In den folgenden Abschnitten wird das Vorgehen kurz dargestellt und auf die dabei gesammelten Erfahrungen eingegangen. Darüber hinaus trägt auch das Erstellen des As-built-Modells zur Erhöhung der Qualität bei, denn hierbei wird überprüft, ob das ausgeführte Objekt mit den Vorgaben des Ausführungsmodells übereinstimmt. Wenn Abweichungen auftreten, werden sie dokumentiert und begründet. Hier fließen Informationen ein, die der Bauunternehmer auch bis anhin erhoben hat, um eine mängelfreie Bauausführung nachzuweisen. Dieses Vorgehen wird in Kapitel 5.8 (siehe Seite 105) näher beschrieben.

## Dokumentenmanagement

Im Projekt Eigenheimstrasse wurde die Kollaborationsplattform als Dokumentenmanagement-System während der Bauausführung genutzt. Der Leiter des Tiefbauamts beschreibt dieses Vorgehen plakativ als «gläserne Baustelle», da Bauherr, Planer und die Verantwortlichen des ausführenden Bauunternehmens gleichberechtigt darauf zugreifen konnten. In diesem Dokumentenmanagement-System werden unterschiedliche Dokumente, beispielsweise Lieferscheine oder Prüfprotokolle, verwaltet.

### Lieferscheine und Protokolle

In einer ersten Teiletappe des Projekts Eigenheimstrasse wurde versucht, das As-built-Modell für das Dokumentenmanagement zu verwenden. Die Lieferscheine mit den darin enthaltenen Spezifikationen der Bauteile oder Materialien wurden dem betreffenden Bauteil als PDF zugeordnet. So war die Rückverfolgung der Materialspezifikationen gewährleistet. Aber die Zuordnung war nicht in jedem Fall möglich. Wird beispielsweise ein Lastwagen Kiessand auf die Baustelle geliefert, ist nicht ganz klar, in welchem Bereich der neuen Strasse dieser Kiessand eingebaut wird. Eine Zuordnung des Lieferscheins auf alle Bauteile, die betroffen sein könnten, führt zu einer redundanten und fehlerhaften Verwaltung der Informationen. Man müsste hier ein übergeordnetes Bauteil hinzufügen, dem dieser Lieferschein zugeordnet werden kann. Die bauteilscharfe

## Auszug: BIM in der Praxis - Kapitel 5.7 Qualitätsmanagement

Materialzuordnung ist nur bei vorfabrizierten Bauteilen (Schächte usw.) sinnvoll, denn so kann bei Mängeln schnell der Lieferant resp. Hersteller eruiert werden. In die gleiche Kategorie wie die Lieferscheine gehören Protokolle der Dichtheitsprüfung von Kanalisations- und Regenwasserleitungen. Diese müssen zwingend direkt mit dem räumlichen Modell – am besten als PDF – verknüpft sein. Nur so kann bei späteren Mängeln eine Rückverfolgung stattfinden und dem Fehler auf die Spur gegangen werden.

## Daten der Ausführung als Attribute

Man kann den verschiedenen Bauteilen auch ausgewählte Daten der Bauausführung als Attribute zuordnen. Dann müsste man beispielsweise ausgewählte Informationen – wie Materialtyp, Kosten, Produzent und Lieferdatum – aus dem Lieferschein direkt ins Modell übertragen.

Im Projekt Eigenheimstrasse wurde dieses Vorgehen für Daten zur Qualitätskontrolle gewählt. So wurde die Temperatur beim Belagseinbau direkt während des Einbaus über eine Infrarotkamera hinter dem Belagsfertiger gemessen. Nach der Aufnahme wurden die Daten im Büro ausgewertet und in das As-built-Modell integriert. Dazu wurde das geo-

metrische Element für den Strassenbelag mithilfe eines Rasters weiter in viele kleinere Belagselemente unterteilt. Jedem dieser Belagselemente wurde der Temperaturmesswert beim Einbau als Attribut zugewiesen. Grundsätzlich hat das System gut funktioniert, und der Bauherr war mit der Analyse der Daten zufrieden. Dennoch zeigte sich, dass Analyse und Interpretation der Daten für den Bauherrn resp. die Bauleitung schwierig sind und vor allem bei fachfremden Bauherren Missverständnisse entstehen können. Offen bleibt, wie genau die Messung effektiv ist, wie mit Fehlmessungen umgegangen werden soll und wie detailliert die Daten in das As-built-Modell aufgenommen werden sollen. Ebenfalls ist zu klären, wie mit der Messmethode umgegangen werden soll, denn bei der geschilderten Methode wurde die Oberflächentemperatur des Belags gemessen und nicht die Kerntemperatur. So können nur schwer Rückschlüsse über die Temperatur im Kern, die für die Qualitätssicherung relevant wäre, gezogen werden. Um die optimale Qualität des Belags zu erreichen, ist nämlich die Verdichtung bei der richtigen Kerntemperatur massgebend.

Händisch durchgeführte Zusatzkontrolle der Einbautemperatur hinter dem Einbaufertiger neben den flächendeckenden Messungen (Q-Point)

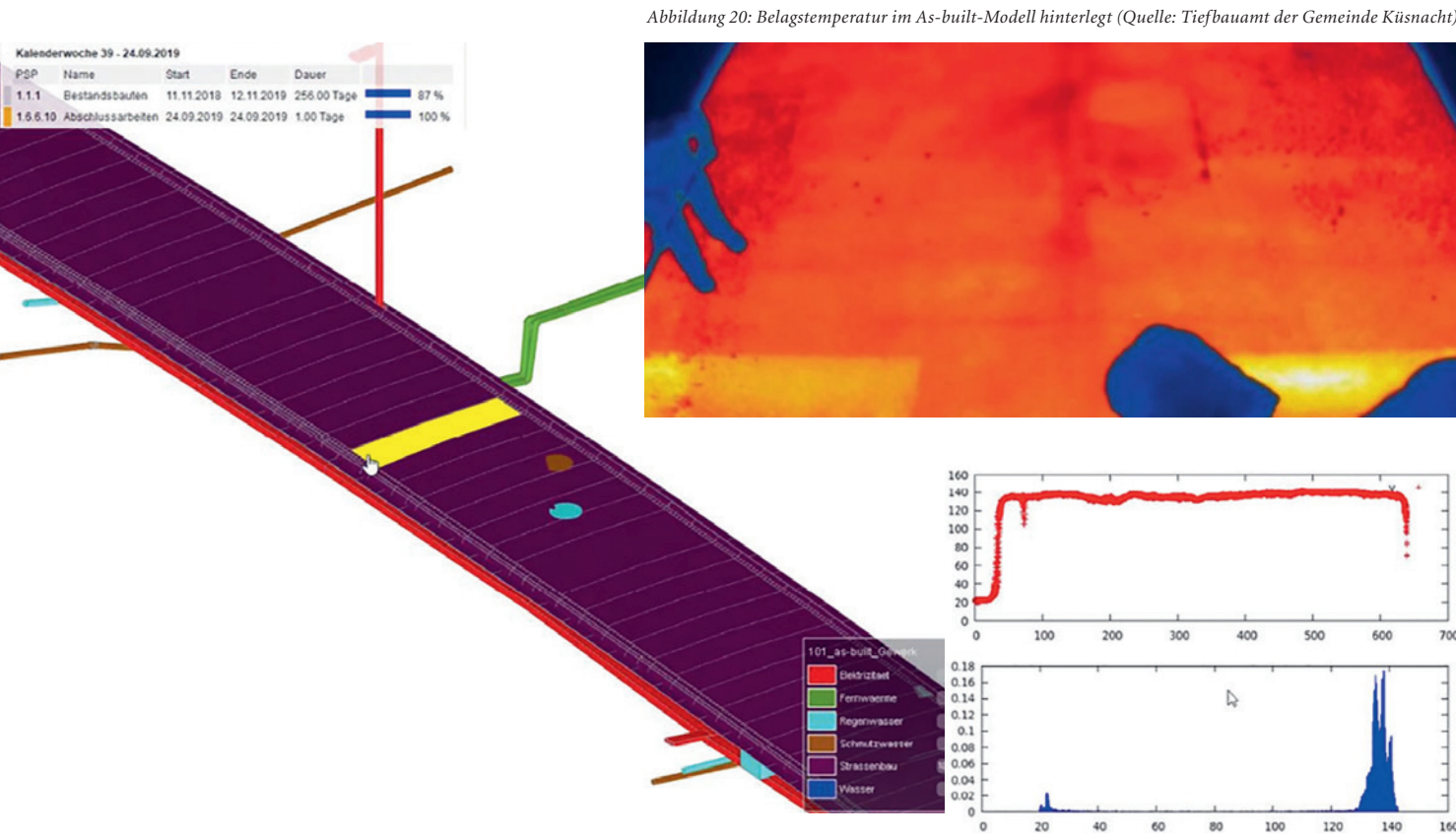


Abbildung 20: Belagstemperatur im As-built-Modell hinterlegt (Quelle: Tiefbauamt der Gemeinde Küsnacht)



© Walo Bertschinger AG