

# Forschungsvereinigung Baustatik- Baupraxis

---

## Positionspapier

### BIM – Building Information Modeling

#### **Vorbemerkung:**

Im Jahr 2015 wurde die „planen-bauen 4.0 GmbH“ gegründet. Sie geht zurück auf eine Empfehlung der Reformkommission Bau von Großprojekten unter der Leitung von Bundesverkehrsminister Dobrindt. Sie hat die Aufgabe, die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette Planen Bauen und Betreiben in Deutschland zu gestalten, zu koordinieren und zu unterstützen. Sie soll helfen, Risiken zu identifizieren und für diese Lösungen zu entwickeln. Die Wertschöpfungskette umfasst dabei den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken inklusive Rohstoffherstellung, Errichtung, Betrieb und Erhaltung, Rückbau und Recycling.

Die „planen-bauen 4.0“ hat zwischenzeitlich unter Einbindung der Gesellschafter und unabhängiger Experten einen Stufenplan für die Einführung von BIM in Deutschland im Auftrag des BMVI erarbeitet. Den Stufenplan hat Bundesminister Dobrindt am 15. Dezember 2015 auf dem ersten deutschen BIM-Gipfel der Öffentlichkeit vorgestellt. Der Stufenplan sieht vor, dass ab 2020 die BIM-Planung im Bereich der Verkehrsinfrastruktur vorgeschrieben wird. Der Hochbau soll folgen. Insofern besteht dringender Handlungsbedarf.

Auf dem BIM-Gipfel rief Minister Dobrindt die Hochschulen auf, das Thema „BIM“ im Curriculum zu behandeln.

Den Aufruf hat die Forschungsvereinigung „Baustatik-Baupraxis“ gerne aufgenommen und einen AK-BIM eingesetzt, der das vorliegende Positionspapier „Baustatik-BIM“ erarbeitet hat. Der AK ist besetzt mit Mitgliedern der Forschungsvereinigung, Vertretern der Praxis, die bereits BIM-Erfahrungen haben, Software-Entwicklern und Vertretern der Verbände des digitalen Planens (Building-Smart, planen-bauen 4.0).

Der AK Baustatik-BIM hat sich folgende Fragen gestellt:

- Was ist BIM?
- Wie steht die „Baustatik“ zum digitalen Planen und Bauen (BIM)?
- Wie kann oder muss BIM in die Lehre in der Baustatik integriert werden?

- Welche Empfehlungen kann der AK Baustatik-BIM geben?

### **Definition BIM:**

*Building Information Modeling (BIM) beschreibt ein Vorgehen zur digitalen Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Dabei werden alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt. Das Gebäude wird als virtuelles Gebäudemodell auch geometrisch visualisiert. Building Information Modeling findet Anwendung sowohl im Bauwesen zur Bauplanung und Bauausführung als auch im Facility Management. BIM erlaubt die aktive Vernetzung aller Beteiligten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes. Für die damit verbundenen Prozesse und Nahtstellen sind klar definierte Konventionen erforderlich.*

So einfach diese Definition klingt, so komplex ist die Zusammenarbeit in der systemischen digitalen Informationskette aller am Bau Beteiligten und Gewerke. Die Verknüpfung von Planungsdaten erfordert einheitliche Standards bei der Software und bei den Datenbanken. Diese einheitlichen Standards werden derzeit erarbeitet. Die wesentlichen Entscheidungsprozesse lassen sich nicht digitalisieren. Entscheidungen werden auch weiterhin von Menschen getroffen. BIM setzt voraus, dass die Zusammenarbeit reibungslos funktioniert und die Transparenz für alle Beteiligten gegeben ist. In diesem Prozess findet weiterhin bei den einzelnen Fachplanern die „ganz normale“ Fachplanung statt. Doch die neuen digitalen Nahtstellen sind etwas Neues.

Derzeit ist BIM am weitesten gediehen im Bereich der architektonischen Planung und im Bereich der Tragwerksplanung. Aber auch hier arbeiten Architekten und Tragwerksplaner noch nicht an einem Modell, sondern an zwei unabhängigen Modellen. Wichtig ist hierbei, dass die Datenmodelle übertragbar sind. Das kurzfristige Ziel ist die abgestimmte dreidimensionale digitale Planung in der Architektur und in der Tragwerksplanung „Little BIM“.

Die Forschungsvereinigung zeigt sich erstaunt darüber, dass erst jetzt in der Praxis die dreidimensionale Tragwerksplanung im Zuge von „planen-bauen 4.0“ eingefordert wird, stehen doch die numerischen baustatischen Werkzeuge hierfür seit ca. 35 Jahren grundsätzlich bereit (Tagungsbände Baustatik-Baupraxis 1 -13, 1981 bis heute). Gerade die Institute für Baustatik und Baudynamik haben die dreidimensionale Finite-Elemente-Methode entwickelt, die heute die wesentliche Basis der dreidimensionalen Tragwerksplanung im BIM bildet. Heinz Duddeck, Wilfried B. Krätzig, Ekkehard Ramm, Heinrich Rothert, Walter Wunderlich u.a. sind Pioniere der computerorientierten Methoden. Die Forschungsvereinigung Baustatik-Baupraxis sieht sich somit als methodische Wegbereiterin für BIM. Die bisherigen baustatischen Methoden unterstützen die Abstraktion, die für BIM erforderlich ist, optimal. Aufbauend auf dieser Historie möchte die Forschungsvereinigung BIM begleiten und fördern. Wie kann das am besten geschehen? Zur Beantwortung der Frage müssen wir uns die baustatischen Elemente in den Computerprogrammen für die Tragwerksplanung ansehen.

Ein dreidimensionales CAD-Gebäudemodell (in der Regel vom Architekten) enthält die wesentlichen geometrischen Daten, die zur Entwicklung des statischen Modelles für die Tragwerksplanung erforderlich sind. Die Entwicklung des Tragwerksmodelles ist ein kreativer, geistig-schöpferischer Prozess, der nicht digitalisiert werden kann. Das Tragwerksmodell muss folgende allgemeine Forderungen erfüllen, die gesellschaftlich eingefordert werden:

1. **Standesicherheit (nicht verhandelbar!)**
2. Gebrauchstauglichkeit
3. Dauerhaftigkeit
4. Wirtschaftlichkeit
5. Nachhaltigkeit
6. Ästhetik

Alle diese 6 Punkte dienen zur Schaffung und zum Erhalt unserer Baukultur (vgl. auch Bundesstiftung Baukultur). Zur Erfüllung dieser 6 Forderungen benötigen wir in der Tragwerksplanung unterschiedlichste numerische Modelle für Baustoffe, Bauweisen und Tragwerke. Neben einer Vielzahl an Materialmodellen für Baustoffe benötigen wir analytische Beschreibungen (i.d.R. Differentialgleichungen) und numerische Beschreibungen (finite Elemente) für

1. Stäbe (Stützen, Balken, Fachwerksstäbe),
2. Platten,
3. Scheiben,
4. Schalen,
5. Kontinua,
6. Seile,
7. Bögen und
8. Membrane.

Bauteile werden miteinander verbunden. Hierfür werden spezielle numerische Verbindungselemente benötigt für Gelenke, Einspannungen, Teileinspannungen u.s.w.

Mit Hilfe eines „digitalen Baukastens“ oder „Werkzeugkastens“, der alle oben aufgeführten numerischen Modelle (Bausteine des Statischen Systems) enthält, kann ein numerisches BIM-Tragwerksmodell entworfen werden. Um Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten, muss im Rahmen der Tragwerksplanung noch die Berechnungsmethode festgelegt werden. Als Berechnungsmethoden stehen uns in der Statik und Dynamik grundsätzlich beispielhaft zur Verfügung:

- Geometrisch lineare Theorie (Theorie I. Ordnung, sehr kleine Verformungen)
- Geometrisch nichtlineare Theorien
  - Theorie II. Ordnung (kleine Verformungen)
  - Vollständig geometrisch nichtlinear (auch große Verformungen)
  - Stabilitätstheorie
- Physikalisch nichtlineare Theorien
  - Plastizitätstheorie
  - Traglasttheorie
- Gekoppelt geometrisch-physikalisch nichtlineare Theorien
  - Traglasttheorie II. Ordnung
  - Elasto-plastische Stabilitätstheorie

Einige dieser Methoden können mit Hilfe von Differentialgleichungen formuliert werden. Im Rahmen von BIM benötigen wir jedoch numerische Methoden, wie die

- Methode der finiten Elemente oder die

- Methode der finiten Differenzen.

Und auch hier steht wieder ein Blumenstrauß an numerischen Methoden zur Verfügung. Die Methoden lassen sich algorithmisieren, nicht jedoch die Tragwerksplanung und die Entscheidung darüber, welche numerischen Modelle und Methoden anzuwenden sind. Zur Vorbereitung der Ausführungsplanung müssen noch Nachweise geführt und konstruktive Randbedingungen beachtet werden. Dies geschieht in der Hochschulbildung üblicherweise in den materialbezogenen Fachgebieten. Ist dies erfolgt, dann werden die Ausführungspläne und Werkpläne erstellt, die heute für die Baustelle das dreidimensionale BIM-Modell in der Regel in zweidimensionale Schnitte zerlegt. Auch hierfür ist die Übertragung der Datenmodelle aus der Tragwerksplanung erforderlich, damit die ausführenden Firmen ihrerseits die benötigten Daten zur Verfügung haben.

Betrachtet man nun die strenge abstrakte Theorie und vergleicht sie mit der realen Baupraxis, so ergeben sich weitere Aspekte, die Baustatik mit der Baupraxis verknüpfen. Wenn im Rahmen von BIM immer mehr digitalisiert wird, dann muss ein Tragwerksplaner immer mehr in der Lage sein, intuitiv Plausibilität zu überprüfen. Daraus lassen sich weitere Aspekte der Lehre in der Baustatik ableiten:

- Studierende benötigen zunächst grundlegende Fähigkeiten, analytische Modelle zu erzeugen und die Qualität und Plausibilität der Resultate zu beurteilen.
- Es ist nicht entscheidend, mit welcher Software gerechnet wird. Software ist „Werkzeug“.
- Baustatik muss ein Gefühl für das Tragverhalten entwickeln. Intuition ist wichtig. Beispiele sind unterschiedliches Tragverhalten offener und geschlossener Querschnitte, Einfluss von Schubverformungen, Einfluss von Plastifizierungen, redundantes Tragverhalten bzw. Umlagerungen, robuste Systeme.
- Interpretation von unterschiedlichen konkurrierenden statischen Systemen.
- Resiliente Systeme
- Modellbildung: Welche Effekte werden vernachlässigt bzw. müssen wann berücksichtigt werden. Wann kann man mit Theorie I. Ordnung rechnen, wann muss man geometrisch nichtlinear rechnen?
- Platte oder Trägerrost?
- Wölbkrafttorsion als Querbiegung der Flansche?
- Torsion: ja vs. Nein?
- Seile mit Durchhang oder ohne?
- FE-Netze bewerten (zu grob, zu fein, richtiger Elementansatz) ASME-Code „Verification & Validation“
- Exzentrizitäten
- Umlagerungen infolge von Bauzuständen
- Zwängungen
- Vorspannung
- Anschlüsse bzw. Einführung von Gelenkbildungen
- Erkennen von Stabilitätsgefährdungen
- Einflüsse von Kriechen, Relaxation, Schwinden, Quellen
- Numerische Einflüsse vs. Physikalische Interpretation
- Verifikation und Validierung
- Grundlagen: VDI 6201 – Softwaregestützte Tragwerksberechnung

- Systeme veränderlicher Gliederung
- Etc.

Viele dieser Aspekte müssen im Tragwerks-Modell berücksichtigt werden, lassen sich jedoch nicht vollständig digitalisieren. Ein BIM-Modell ist für den Tragwerksplaner vor allem ein dreidimensionales Gesamtmodell. Das Gesamtmodell muss, um praktikabel zu sein, so grob wie möglich sein und so fein wie nötig. Das hat zur Folge, dass viele Detailuntersuchungen separat mit speziellen Programmen an speziellen Detail-Modellen geführt werden müssen. Die jeweiligen Daten müssen dann wieder (digital) kommuniziert werden. Die Entscheidung hierüber liegt beim Tragwerksplaner - als Menschen.

Spiegeln wir nun die Anforderungen, die die BIM-Gesamtmodellierung an die Baustatik stellt, so stellen wir fest, dass die Hochschullehre der BIM-Zeit offensichtlich voraus war. Vor ca. 35 Jahren kamen die numerischen baustatischen Methoden und die dreidimensionale Modellierung und erst viel später deren Akzeptanz in der Bau-Praxis. Aufgrund dieser langen Erfahrung kann die Baustatik ihrerseits Forderungen an BIM stellen. Diese wären:

- BIM muss die unabhängige Prüfung (Verifikation) ermöglichen und unterstützen, damit die Standsicherheit, die nicht verhandelbar ist, gewährleistet ist.
- BIM muss nachvollziehbare, prüffähige statische Dokumente liefern.
- BIM darf Gestaltungsfreiheit nicht einschränken (u.a. Baukultur).
- BIM muss es erlauben, dass aus einem Geometriemodell verschiedene konkurrierende Tragwerksmodelle entwickelt werden können (Unabhängige Prüfung, Wirtschaftlichkeit).
- BIM muss beachten, dass eine „Berechnung am Gesamtsystem“ nicht identisch ist mit einer „dreidimensionalen Tragwerksplanung“.
- BIM muss so gestaltet werden, dass Optimierungen leicht möglich sind.
- BIM darf Innovationen nicht beschränken oder behindern.

### **Wer koordiniert den BIM-Prozess?**

In der BIM-Definition war zu lesen, dass alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt werden. Hiermit stellt sich die Frage, wer das alles koordiniert? Laufen die Prozesse „top down“ oder „bottom up“? Jeder einzelne im Projektteam muss wissen, dass er digitale Daten erhält, bearbeitet und weitergibt. Das war eigentlich auch jetzt schon so. Doch wie läuft das in einer systemischen digitalen Prozesskette ab? Das ist abschließend noch nicht geklärt. Klar ist aber, dass jeder einzelne eine BIM-Kompetenz haben muss, damit er weiß, welche Daten er wie zu bearbeiten und weiterzugeben hat. Möglicherweise wird es für jedes „Gewerk“ einen BIM-Koordinator geben. Und darüber hinaus einen koordinierenden BIM-Koordinator, der Generalist im Bauwesen sein muss und sich mit Datenbanken auskennt. Das könnte jemand sein, der computerorientierte Baustatik vertieft mit ergänzenden Fächern der werkstoffgebundenen Fachgebiete sowie Geotechnik und Baubetrieb.

### **BIM-Ausbildung**

Da BIM keine eigenständige (wissenschaftliche) Methode ist, und auch nicht einem speziellen Fachgebiet zugeordnet werden kann, empfiehlt der Arbeitskreis Baustatik-BIM, dass im Vertiefungsstudium in interdisziplinärer oder sogar multidisziplinärer (Architektur, Fassadenplanung, TGA, etc.) Projektarbeit BIM geübt wird. Hierfür bieten sich zum Beispiel Wahlpflichtveranstaltungen an. Die BIM-Projektarbeit schult das prozessorientierte Vorgehen und das gegenseitige Verstehen. Obwohl häufig von der BIM-Methode gesprochen wird, ist BIM vielleicht doch eher eine Fertigkeit;

ein Werkzeug. Damit sollte sie vor allem Teil der beruflichen Fort- und Weiterbildung zugeordnet werden. Diese fällt einerseits in das Aufgabenfeld der Hochschulen und andererseits in das Aufgabenfeld der Ingenieurkammern, wegen der Fortbildungsverpflichtung der Kammermitglieder. In beiden Fällen ist aber wichtig, dass praktische Erfahrungen in die BIM-Ausbildung einfließen.

### **Abschließende Bemerkungen**

Die Forschungsvereinigung Baustatik-Baupraxis sieht sich durchaus als Wegbereiter des BIM und wird den Prozess der Implementierung von BIM begleiten und aktiv mitgestalten. BIM ist eine logische Konsequenz aus der Weiterentwicklung der computerorientierten Baustatik. BIM muss jetzt sehr schnell jedem zugänglich gemacht werden. BIM muss so organisiert werden, dass der deutsche Mittelstand, insbesondere die Büros in der Tragwerksplanung, unabhängig von ihrer Größe, international konkurrenzfähig bleibt.

### Mitglieder der AG Baustatik-Baupraxis-BIM

- Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger (TUM)
- Dr.-Ing. Michael Einfeld (Einfeld Ingenieure AG)
- Dipl.-Ing. (FH) Martin Fischnaller (AJG Ingenieure, Mitglied AK BIM BaylkaBau)
- Dr.-Ing. Steffen Freitag (RUB)
- Prof. Dr.-Ing. Norbert Gebbeken (UniBWM) (koordinierend)
- Prof. Dr.-Ing. Casimir Katz (Sofistik AG, Mitglied AK BIM BaylkaBau)
- Prof. Dipl.-Ing. Hans-Georg Oltmanns (Oltmanns+Partner GmbH, Planen+Bauen 4.0, Building Smart)
- Prof. Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar (TUK)
- Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider (TUD)