Modellbasierte Berechnung von Holzgebäuden: Konstruktion, Bemessung und Berechnung

Maximilian Franz & Joshua Brett
ModuGen GmbH
Karlsruhe, Deutschland

Modellbasierte Berechnung von Holzgebäuden: Konstruktion, Bemessung und Berechnung

1. Statik im Holzbau

Die Tragwerksplanung hat unter allen Fachplaner-Disziplinen einen maßgebenden Einfluss auf den Entwurf eines Holzgebäudes. Nicht zuletzt drückt sich das darin aus, dass die Tragwerksplanerin den weitaus größten Teil des verbauten Materials verantwortet. Entsprechend hängt auch die resultierende Ökobilanz eines Holzbaus stark von der Effizienz des Tragwerks ab.
Bereits in sehr frühen Leistungsphasen bedarf es der Expertise des Holzbauers oder Tragwerksplaners, um die Architekten zu wichtigen Gestaltungsprinzipien zu beraten. Nur so lassen sich hohe Änderungskosten in späteren Leistungsphasen vermeiden.
Gleichzeitig ist die Tragwerksplanung abwärts im Prozess eng mit der schlussendlichen Ausführung der Konstruktion gekoppelt. Lagerbestände und ausführbare Details sollten idealerweise abgestimmt werden, sodass bereits bei der Bemessung die kosteneffiziente Umsetzung gewährleistet werden kann.
Das Aufgabenfeld Tragwerksplanung umfasst im Holzbau viele Leistungsphasen und Abhängigkeiten zu anderen Planern. Umso problematischer, dass es an digitalen Workflows mangelt, die Tragwerksplaner sauber in den Prozess integrieren und bei den vielfältigen Aufgaben unterstützen.

Betrachten wir die folgenden Punkte, um ein besseres Verständnis der Probleme und deren Lösungen zu bekommen:
Aufgaben der Tragwerksplanung über die Leistungsphasen hinweg
Schwierigkeiten bestehender Planungsansätze und -Werkzeuge
Grundlagen für die modellbasierte Tragwerksplanung

2. Aufgaben des Statikers im Planungsprozess

Wir sehen drei große Aufgabenbereiche, die der Tragwerksplaner von der ersten Idee bis zum fertigen Gebäude abdecken muss.

Abbildung 1: zentrale Aufgaben des Statikers, im Kontext mit den Leistungsphasen nach HOAI

2.1. Beratungsleistung im Design

Ein kosteneffizientes, nachhaltiges und pünktlich abgeschlossenes Holzbauprojekt muss bereits im Entwurf grundlegende Prinzipien berücksichtigen. Beispielsweise muss auf durchgehende Tragachsen in der Vertikale geachtet werden, die mit machbaren Spannweiten im Grundriss platziert sind. Diese Beratung braucht oft noch keine konkrete Konzeption oder Berechnung, doch aber die Erfahrungswerte eines Statikers.

2.2. Tragwerkskonzeption

Ist der erste Entwurf des Architekten abgeschlossen sollten idealerweise verschiedene Tragwerkskonzepte erarbeitet und validiert werden. Dazu werden unter vereinfachten Last- und Lastweiterleitungsannahmen die Einwirkungen auf zentrale Bauteile ermittelt. Verschiedene Lösungen für den Lastabtrag werden verglichen, um teure Schlüsselstellen zu vermeiden. Beispielsweise wird hier untersucht, ob eine Aussteifung über kostengünstige Wandscheiben möglich ist, oder ob eine Treppenkern hinzugezogen werden muss.

Zentral ist für diesen Aufgabenbereich die Lastweiterleitung im Gebäude, um für verschiedene Varianten herauszufinden, wie sich die Kräfte im Tragwerk verteilen und welche Bauteile schlussendlich maßgebend werden.

2.3. Ausführungsstatik

Sobald das Tragwerkskonzept mit allen Fachplanern und der Architektur abgestimmt ist, gilt es in Leistungsphase (LP) 5 statische Nachweise für alle relevanten Bauteile im Tragwerk zu erbringen und die Anschlussdetails zu entwerfen. Besonders die Entwicklung und Bemessung von Verbindungsdetails kostet Statiker in diesem Schritt viel Zeit.

3. Bestehende Planungsmethoden

In der Praxis finden sich softwareseitig oft zwei Vorgehensmodelle für die Bemessung.

Positionsstatik	FE - Modellierung
● Kein vollständiges Gebäudemodell notwendig ● Schnelle Ergebnisse bei kleinen Gebäuden	● Progressive, materialsparende Berechnung ● Genaue Analyse von dynamischem Verhalten ● Betrachtung aller Bauteile im Gebäude
● Manuelle Tragwerkskonzeption ● Aufwändige, oft händische Lastübernahme ● Großer Eingabeaufwand ● Langwieriges Zusammenführen der Dokumentation	● Fehleranfällige statische Modellierung ● Nötige Erfahrung für die Prüfung der Ergebnisse ● Schwer nachvollziehbare Ergebnisse

Abbildung 2: Vor- und Nachteile bestehender Planungsmethoden

3.1. Positionsstatik

Bei der Positionsstatik wird die Tragwerkskonzeption und Lastweiterleitung meistens vollständig manuell abgebildet und erst bei der Ausführungsstatik wird auf Software-Werkzeuge zurückgegriffen. Einzelne Bauteile werden dann losgelöst vom Gesamtmodell bemessen und relevante Lasten werden händisch übernommen.

3.2. FE-Modellierung

Am anderen Ende des Spektrum wird für komplexe Bauwerke besonders in Holzmassivbauweise auf eine FE-Modellierung zurückgegriffen. Dabei wird das gesamte Gebäude händisch in ein zusammenhängendes statisches Modell überführt und physikalisch simuliert.

4. Bestehende Probleme

In beiden Ansätzen fehlt ein Software-Werkzeug für die Tragwerkskonzeption, sodass diese nach wie vor händisch erfolgt. Dafür gibt es einen entscheidenden Grund: fehlender Modellimport für die Statik. Es ist in der Praxis bisher selten möglich, die 3D Modelle des Architekten als Ausgangsbasis für die Modellierung des Tragwerks zu verwenden, sodass eine manuelle Bearbeitung immer noch am effizientesten ist. Gerade aber bei größeren Bauprojekten führt dies zu zwei entscheidenden Nachteilen für das Bauprojekt.

4.1. Fehlendes Variantenstudium

Aufgrund des großen manuellen Aufwands werden selten verschiedene Tragwerkskonzepte erstellt und verglichen. Dadurch wird oft auf konservativere Tragwerke zurückgegriffen, die wiederum höhere Kosten bei schlechterer Ökobilanz verursachen. Beispielsweise wird häufig auf einen massiven Treppenkern aus Beton zurückgegriffen, obwohl mit einem geschickten Design auch eine Aussteifung über Wandscheiben möglich wäre. Da aber die Zeit fehlt beide Konzepte im Detail nachzuvollziehen, wird standardmäßig auf die konservativere Variante zurückgegriffen.

4.2. Teure Änderungen

Entstehen im Planungsprozess noch Änderungen durch andere Fachplaner oder die Bauherrin müssen große Teile der Konzeption händisch nachbearbeitet werden, da keine automatische Lastübernahme existiert. Wird etwa eine Wand verschoben oder entfernt, die für die Aussteifung angesetzt wurde, kann sich die Kraftverteilung im Gebäude stark verändern, sodass viele vorherige Berechnungen ungültig werden und Bauteile neu bearbeitet werden.

5. Modell für vertikal integrierte Statik

Wollen wir diese Hindernisse aus dem Weg räumen, brauchen wir einen anderen Ansatz für die softwaregestützte Tragwerksplanung im Holzbau. Konkret braucht es eine Lösung, die den gesamten Prozess vertikal integriert abbildet. Das heißt, eine Lösung, die sich ausschließlich auf den Hochbau aus Holz bzw. in Holzhybridbauweise fokussiert, dafür aber die gesamte Wertschöpfung des Statikers abbilden kann. Modellbasierte Tragwerksplanung sollte es möglich machen auch die Konzeption in einem interaktiven 3D Modell abzubilden.

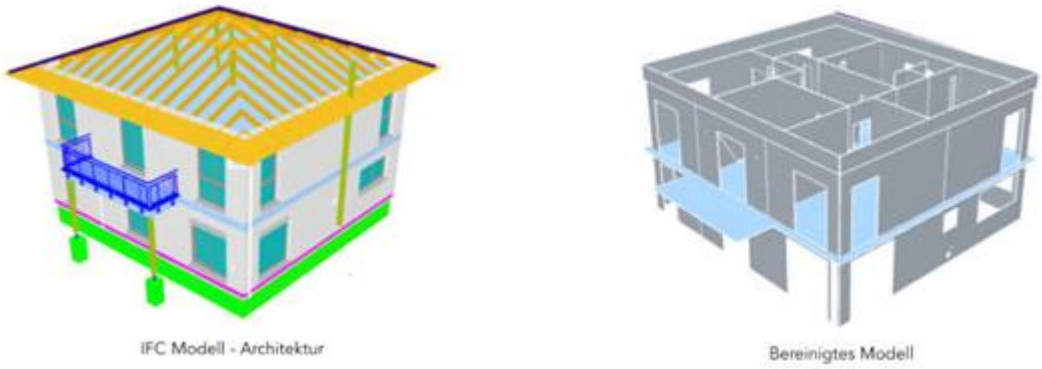

Abbildung 3: statisches Modell abgeleitet aus IFC - Architekturmodell

6. Modell-Import

Der erste zentrale Schritt ist es, die bestehende Modelldaten aus der Architektur für die statische Bemessung verwendbar zu machen. Jeder, der sich einmal an einem IFC basierten BIM Workflow versucht hat weiß, dass oft große Anpassungen am Modell notwendig sind, um die notwendige Qualität und Einfachheit für die statische Bemessung in ausgefallene Architekten-Modelle zu bekommen. Durch den expliziten Fokus auf Wohn- und Bürobauten lassen sich mit klugen Algorithmen viele der Modellierungs- und Exportfehler aber weitestgehend automatisch ausbügeln. Damit steht innerhalb von Minuten das Modell für die Konzeption des Tragwerks bereit.

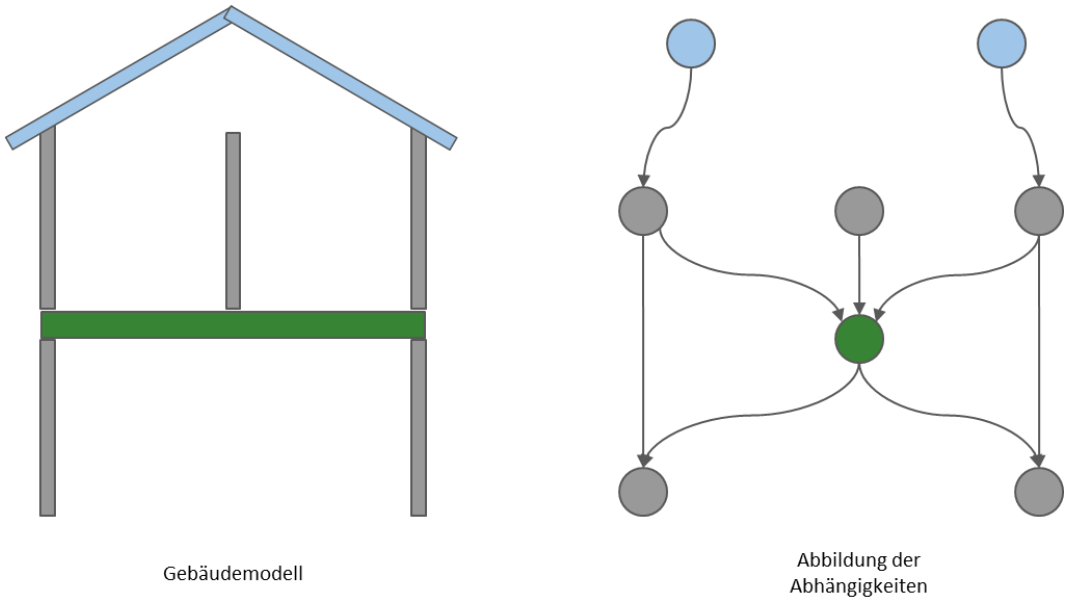

Abbildung 4: multidimensionale Repräsentationen von Gebäuden

6.1. Mehrdimensionale Repräsentation

Um eine intuitive Tragwerksplanung zu ermöglichen, braucht es dann ein digitales Abbild des Gebäudes, dass die Zusammenhänge der Bauteile untereinander automatisch verstehen, gleichzeitig aber nicht die Komplexität eines FE-Modells hat. Beispielsweise muss eine Wand, über die unter ihr stehenden Wände wissen und Kräfte ingenieursmäßig übergeben können. Man kann sagen, dass der Computer zu verstehen beginnt, wie ein Gebäude aus statischer Sicht funktioniert.
Mehrdimensional ist die Repräsentation, weil sich verschiedene Detailmodelle daraus ableiten lassen. Konkret kann aus dem Gesamtmodell beispielsweise eine klassische Position herausgelöst werden. Gleichwohl kann aber auch ein vollständiges Modell für eine dynamische Betrachtung bei Erdbeben abgeleitet werden. Ein Modell also, das sich je nach Anwendungsfall verändern kann. So einfach wie möglich, so komplex wie nötig.

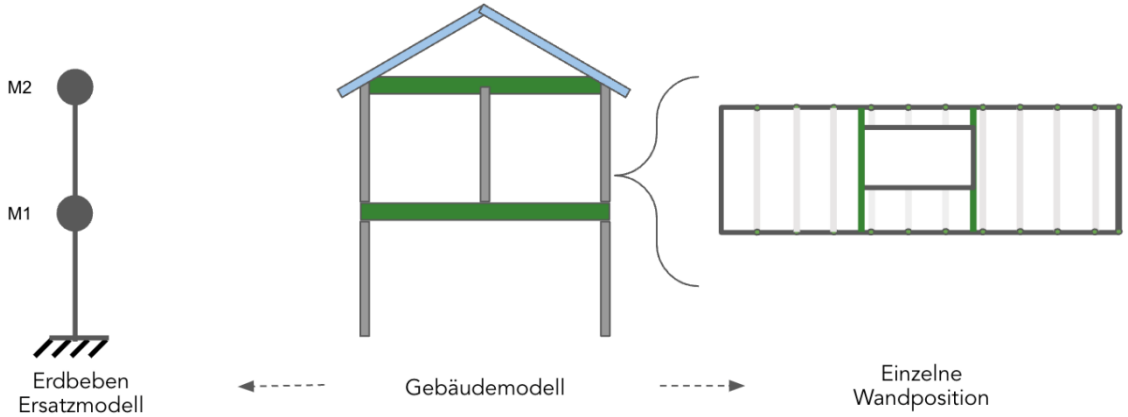

Abbildung 5: multidimensionale Repräsentation am Praxisbeispiel Erdbeben

Folgt man strikt diesem Paradigma und bildet den aktuellen Planungsstand in einem interaktiven Gebäudemodell ab ist es ein leichtes, verschiedene Varianten zu studieren oder Änderungen einzupflegen. Denn ähnlich wie Referenzen in einer Excel-Tabelle, kann ein kluges Datenmodell automatisch auf Änderungen reagieren und abhängige Ergebniswerte updaten. Wird, wie im Beispiel weiter oben, eine Wand verschoben, kann automatisch die gesamte horizontale Kraftverteilung erneut vollzogen werden und auch die Bauteilnachweise können sich entsprechend anpassen.

Durch neue Technologien wie einen robusten Import und kluge Datenrepräsentationen wird es dann erstmals möglich und lohnenswert für den Tragwerksplaner in einem 3D Modell zu arbeiten.

Mit Werkzeugen wie dem SCIA Autoconverter [1] oder dem Strukturedtor der MB Worksuite [2] bewegen sich verschiedene Softwarehersteller bereits in diese Richtung, sodass es Stück für Stück möglich wird, die Tragwerksplanung in einen digitalen Planungsprozess zu integrieren.

7. Ausblick

Mit den hier erörterten Grundlagen aus der Perspektive der Software lassen sich die fundamentalen Probleme im Planungsprozess für Holzbauten besser bewältigen. Klar ist, dass Software nicht alle Probleme löst. Damit diese Werkzeuge gewinnbringend eingesetzt werden können, muss sich auch der Prozess verändern. Kommt beispielsweise das ausführende Holzbauunternehmen erst nach der Ausschreibung ins Planerteam sind kostspielige Anpassungen unvermeidbar. Gleichwohl kann durch Innovation bei digitalen Lösungen auch der Prozess in die richtige Richtung gerückt werden. Es besteht also eine Art Wechselwirkung zwischen Werkzeugen und Prozessen.

Für uns ist klar, dass Software eine stärkere Rolle im Prozess der Tragwerksplanung übernehmen sollte. Nur so kann die Menge an Bauprojekten ökologisch und ökonomisch effizient abgewickelt werden. In der Zukunft verändert sich dann das Aufgabenfeld des Ingenieurs weg von Handrechnungen und manuellen Geometrieeingaben, hin zur kreativen Tragwerkskonzeption, Prüfung der automatisch berechneten Ergebnisse und Kommunikation der Expertise im Planerteam.

Mithilfe von kluger Automatisierung wird es möglich, wichtige Designentscheidungen auch in der Statik immer früher im Planungsprozess zu treffen, da aufwändige Handrechnungen und Excel-Tabellen wegfallen. Hin zu einem Prozess, bei dem schon am Anfang klar ist, dass das was geplant wird, am Ende auch gebaut werden kann.

8. Literatur

[1] https://www.mbaec.de/produkte/strukturedtor/ abgerufen 29.04 - 14:20 Uhr
[2] https://www.scia.net/de/software/scia-autoconverter abgerufen 29.04 - 14.15 Uhr