

# **BIM to Fabrication – Durchgehende Digitale Planungsprozesse bis zur Montage**

Fabian Scheurer  
Design-To-Production  
Zürich, Schweiz





# BIM to Fabrication – Durchgehende Digitale Planungsprozesse bis zur Montage

Design-to-Production hat seit 2007 die digitale Planung zahlreicher renommierter Holzbauprojekte bis hin zur Erstellung der notwendigen CNC-Fertigungsdaten übernommen. Dreh- und Angelpunkt dafür waren und sind parametrische, objektorientierte 3D-Modelle auf Ausführungsniveau. Hauptsächlich aufgrund der komplexen Freiform-Geometrien können diese bisher weder mit einer der üblichen Holzbau-CAD-Lösungen, noch mit herkömmlichen BIM-Software-Paketen erstellt werden. Stattdessen kommt ein NURBS-Modellierungs-Software aus dem Designbereich zum Einsatz, die mit projektspezifisch programmierten Tools jeweils ergänzt wird. Als Beispiele dafür werden im Folgenden zunächst zwei Projekte vorgestellt, die im Laufe des Jahres 2017 vollendet wurden und an denen sich einige entscheidende Herausforderungen identifizieren lassen.

Im Zuge der intensiver werdenden Diskussionen um die Methode BIM (Building Information Modelling) und um die Erhöhung des Vorfertigungsgrades in der Baubranche (in Erwartung höherer Produktivität und Qualität), ergibt sich für den Holzbau eine interessante Situation. Erstens ist das «Prinzip Vorfertigung» von jeher zentraler Bestandteil der «Branchen-DNA» im Holzbau. Zweitens ist der Digitalisierungsgrad in dieser Branche schon jetzt höher als in den meisten anderen Baugewerken, und zwar bis hin zur digitalen Fertigung (CNC) und daher notwendigerweise auch in der vorgelagerten Planung und Arbeitsvorbereitung. Daraus ergibt sich für den Holzbau ein nicht zu unterschätzender Startvorteil bei der weiteren Digitalisierung der Prozesse. Allerdings werden dadurch auch einige strukturelle Hürden auf dem Weg von der BIM-Planung zur Digitalen Fabrikation sichtbar, die in dieser Schärfe an anderen Stellen noch nicht deutlich geworden sind.

## 1. Projektbeispiele

Als Ausgangspunkt mögen zwei sehr unterschiedliche Projekte, die beide im Jahr 2017 fertiggestellt wurden, und für deren digitale Planung Design-to-Production verantwortlich war:

### 1.1. Edy – ein hölzerner Skifahrer für die WM 2017

Zur Ski-Weltmeisterschaft Anfang 2017 wurde im Zentrum von St. Moritz ein 19 Meter hoher, begehbare Skifahrer aus Holz nach dem Entwurf der Zürcher Agentur Aroma errichtet. Die Holzskulptur war zur Begleitung der Medaillenvergabe als Bühne bespielbar, Projektionen, Tanz- und Klettershows sowie Fernsehmoderationen fanden im und auf dem Skifahrer statt. Die selbsttragende Hülle besteht aus 637 CNC-geschnittene Holzdreiecke (70mm 6-Schicht-Platten). Ein Turm mit Treppenhaus unterstützt die Struktur und erlaubt die Erschließung des Innenraums über drei Plattformen. Dem Anlass entsprechend sportlich war auch der Zeitplan: vom Kick-Off-Meeting bis zur Fertigstellung wenige Wochen vor der WM vergingen gerade mal drei Monate.



Design-to-Production hat die parametrische 3D-Planung der Holzplatten und ihrer Verbindungen übernommen, so dass aus dem detaillierten digitalen Modell direkt die Fertigungsdaten für den computergesteuerten Zuschnitt erzeugt werden konnten. Für die fast eintausend individuellen Verbindungen an den Kanten wurden parametrische Details entwickelt, die sich präzise digital vorfertigen und sehr einfach montieren lassen. Durch eine ausgeklügelte Nummerierung und umfassenden Informationen auf den ausgefrästen Platten, konnte der Skifahrer in nur drei Wochen praktisch ohne Montagepläne aufgestellt werden.

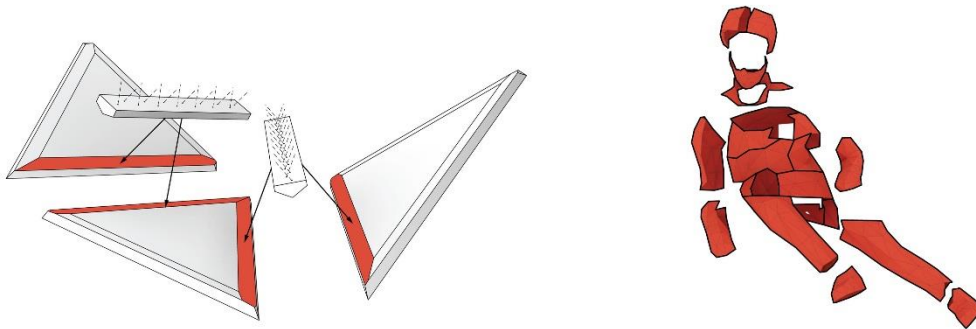


Abbildung 1: Die statisch wirksamen Kantenverbinder sind als «Stangenware» standardisiert, die individuellen Verbindungswinkel an jeder Kante werden durch CNC-gefräste Gehrungen und Fasen an den Platten eingestellt. Insgesamt wurden so 22 Elemente in der Halle vormontiert und per LKW auf die Baustelle gebracht.

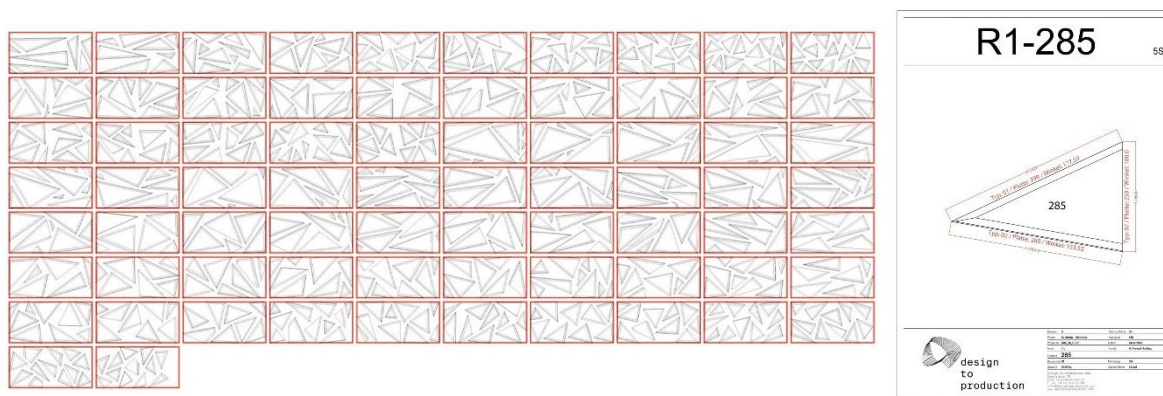


Abbildung 2: Die Einzelteile wurden auf 72 Platten genestet. Fertigungsdaten im MPR-Format konnten direkt aus dem Datenmodell generiert werden, ebenso "Bauteilblätter", die neben den Kontrollmassen auch alle Montageinformationen pro Bauteil enthielten.

#### Projektbeteiligte:

- Bauherr: Aroma Productions AG, Zürich (CH)
- Beratung: Création Holz, Hermann Blumer
- Holzbauer: A. Freund Holzbau, Samedan (CH)
- Statik: sblumer ZT, Graz (AT)
- Detailstatik: IHT Rafz (CH)
- CNC-Bearbeitung: Bearbeitungs- & Zuschnittzentrum AG, Leibstadt (CH)
- Digitale Planung: Design-to-Production, Zürich (CH)

## 1.2. La Seine Musicale

«La Seine Musicale» ist das Flaggschiff des Stadterneuerungsprojekts auf der Île Seguin im Westen von Paris und enthält eine Reihe von Konzert- und Probesälen. Kernstück von Shigeru Bans Projekt ist ein Auditorium mit 1.100 Plätzen, das vom mittlerweile ikonischen Sechseckmuster des japanischen Architekten umschlossen wird. Die fast 30 Meter hohe Glasfassade sitzt auf einer Holzstruktur, deren doppelt gekrümmte Holzträger sich an den Kontaktpunkten gegenseitig durchdringen.



Design-to-Production wurde vom Holzbauer Hess Timber beauftragt, die gesamte Struktur digital zu modellieren und übernahm eine aktive Rolle bei der Konzeption der komplexen Montagesequenz der Struktur. Dazu wurde ein 3D-Modell der Konstruktion, komplett bis hin zur letzten Schraube entwickelt. Aus diesem parametrischen 3D-CAD-Modell wurden dann automatisch Fertigungsdaten für Verleimung und Abbund der über 1.300 Trägersegmente und Volumenmodelle aller 3.300 Fassadenrahmen abgeleitet, sowie ein vollständiger Satz von Werkstatt- und Montageplänen erstellt.

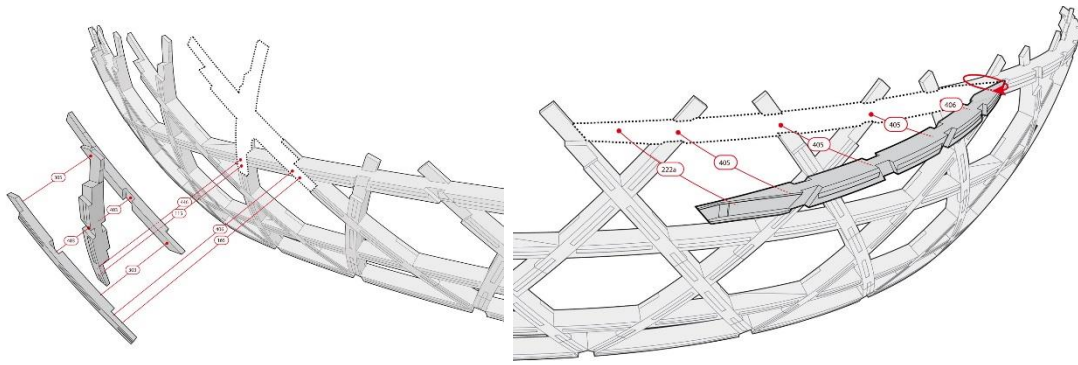


Abbildung 3: Die Holzstruktur besteht aus knapp 300 kreuzförmigen Diagonalstützen und 15 horizontalen Ringen, die im Freivorbau ohne Gerüst aus über 1.300 individuell gefrästen BSH-Segmenten montiert wurden.

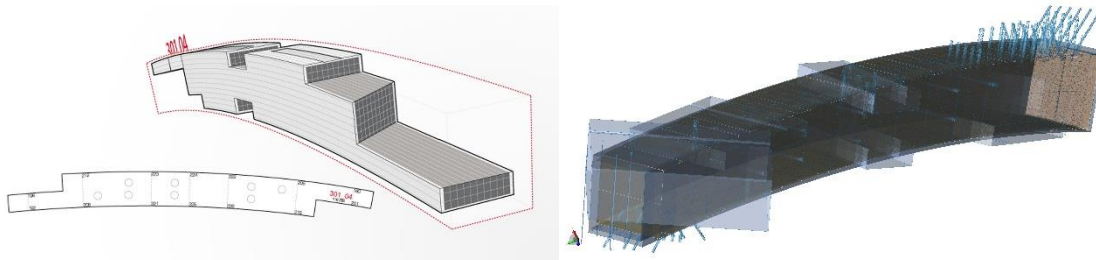


Abbildung 4: Für jedes Trägersegment wurde ein doppelt gekrümmter Rohling verleimt, dessen Produktionsdaten (Pressbettstellung) genauso automatisch aus dem digitalen Modell generiert wurden, wie die BTL-Daten für die CNC-Bearbeitung in zwei Aufspannungen.

#### Projektbeteiligte:

- Architekt: Shigeru Ban & Jean de Gastines, Paris (FR)
- Beratung: Création Holz, Hermann Blumer
- Generalunternehmer: Bouyges, Paris (FR)
- Holzbau: Hess Timber, Kleinheubach (DE)
- Ingenieur: SJB Kempter Fitze, Eschenbach (CH)
- Digitale Planung: Design-to-Production, Zürich (CH)

## 2. Herausforderungen

Keines der beiden vorgestellten Projekte wurde tatsächlich nach der BIM-Methode im eigentlichen Sinne geplant und ausgeführt. Design-to-Production kam in beiden Fällen erst nach der Vergabe als beratender und planender Subunternehmer des ausführenden Holzbauers zum Einsatz. Zur Übergabe existierten nur Geometrie-Modelle der zu bauenden Strukturen und es gab es keinen organisierten BIM-Prozess von Seiten der Bauherrschaft oder des Generalunternehmers. Das ist bisher als Standardfall zu betrachten. Erst in jüngster Vergangenheit kommen Projekte zur Vergabe, die zumindest ab der Vorprojekt- oder Projektphase nach BIM-Verfahren geplant wurden und daher nicht nur 2D-Pläne oder ein 3D-Geometrie-Modell für den Ausführenden bereitstellen, sondern ein objektorientiertes BIM-Modell z.B. im Format IFC. Es ist davon auszugehen, dass der Anteil solcher Projekte in Zukunft rapide zunimmt, und ich versuche im Folgenden einige Punkte zu identifizieren, an denen sich entscheiden wird, ob der Übergang an dieser Schnittstelle funktionieren kann.

### 2.1. Modellqualität

Die typische Fertigungstoleranz liegt in der CNC-Holzbearbeitung bei wenigen 1/10 Millimetern. Sollen aus einem digitalen Modell direkt Produktionsdaten für die digitale Fertigung abgeleitet werden, darf die Modelltoleranz nicht grösser sein als die Fertigungstoleranz. Ansonsten werden Ungenauigkeiten in der Modellierung bei der Bearbeitung unerbittlich im Material reproduziert, was vor allem bei Verbindungsdetails (z.B. Stabdübel) schnell problematisch werden kann. Aufgrund der unvermeidlichen numerischen Fehler bei der Berechnung sollte das digitale Modell sogar noch um eine Größenordnung präziser sein (1/100 mm-Bereich).



Die Erfahrung zeigt, dass die 3D- bzw. BIM-Modelle, die den Ausführenden aus vorgehenden Planungsphasen zur Verfügung gestellt werden, diesen Qualitätsanforderungen in der Regel nicht genügen. Die klassischen Ausschreibungs- und Koordinationsmodelle werden typischerweise mit einer Präzision erstellt, die dem 1:50 Plan entsprechen, und weisen oft Ungenauigkeiten von einigen Millimetern oder sogar mehr auf. Es ist auch nicht zu erwarten, dass manuell erstellte Modelle die notwendige Präzision irgendwann erreichen werden, so dass in der Regel der Holzbauer die Eingangsdaten der Architekten und Planer als (ungefähre) Grundlage für ein eigenes, neu erstelltes Modell verwendet.

Da die präzisen Details, Abmessungen, Schichtdicken etc. bei der Erstellung der BIM-Modelle oft noch gar nicht bekannt sind, liegt hier sogar ein strukturelles Problem vor: Die notwendigen Informationen und Abhängigkeiten werden erst während der Detaillierung bekannt, das Modell müsste also «bereinigt» werden, was aber in der Regel eher mehr Aufwand bedeutet, als eine komplette Neuerstellung des Modells. Abhilfe könnten hier höchstens konsequent parametrisch definierte BIM-Modelle schaffen, die nach der Änderung von einzelnen Abmessungen die davon abhängigen Bauteile automatisch aktualisieren und so gleichzeitig anpassbar und präzise bleiben.

Design-to-Production erstellt zu Beginn des Projekts in der Regel ein «Referenzmodell», welches nur die definierenden «Design-Surfaces», Achsen und Bezugskanten enthält und nach der Abnahme als zentrale Geometrie-Referenz für parametrisch erstellte Komponenten dient. Da diese automatisiert erstellt werden, können Modellierungsfehler praktisch ausgeschlossen werden und eine automatische Aktualisierung nach der Änderung einzelner Parameter ist jederzeit möglich.

## 2.2. Freiform-Geometrie

Räumliche Körper werden in fast allen CAD- und BIM-Systemen als Polygonnetz aus Dreiecken und/oder Vierecken dargestellt. Dieses approximative «Mesh» ist quasi der kleinste gemeinsame Nenner zur Darstellung von Körperoberflächen. Für gekrümmte Formen ist mit dieser Approximation eine geometrisch präzise Beschreibung, die den unter 2.1 aufgeführten Qualitätsanforderungen genügt, unmöglich. Spätestens wenn bei der parametrischen Erstellung von Details z.B. Offsets von der gekrümmten Referenzgeometrie erzeugt werden müssen, potenzieren sich auch die kleinsten Abweichungen der vereinfachten Mesh-Repräsentation so schnell auf, dass eine Modellierung innerhalb der notwendigen Toleranzen unmöglich wird.

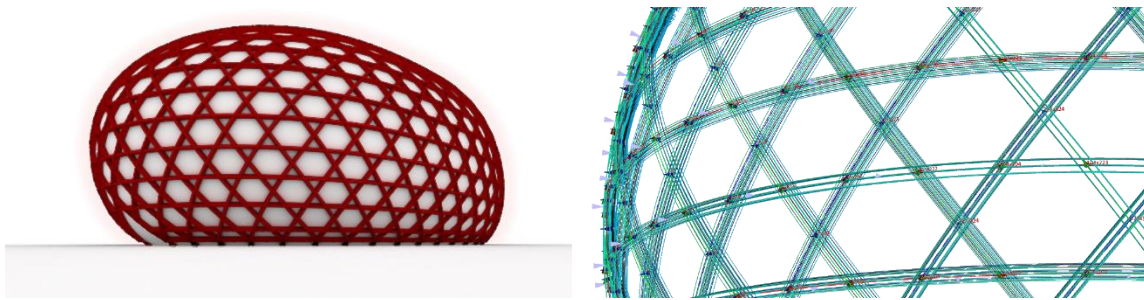


Abbildung 5: Die präzise Konstruktion von Freiform-Strukturen ist nur auf der Basis mathematisch genauer NURBS-Modelle möglich. Nur so lassen sich z.B. Offsets für Materialstärken erzeugen und Schnittpunkte zwischen Trägerkanten sauber ermitteln.

Die Beschreibung von gekrümmten Kurven und Flächen durch sogenannten NURBS (Non-uniform rational B-Splines) wurde zwar schon in den 1950er Jahren mathematisch definiert, ist aber erst seit den 1990er Jahren in CAD-Software ausserhalb der Automobil- und Luftfahrtindustrie verfügbar. Im BIM-Austauschformat IFC können NURBS seit Version 4 (2013) abgebildet werden, jedoch sind die Softwarehersteller hier noch sehr zurückhaltend mit der Implementierung. Ähnliches gilt für die bekannten Holzbau-Branchenlösungen.

Die Bearbeitung von Freiform-Geometrie ist damit im BIM-Workflow eine vorerst weiterbestehende Herausforderung, weshalb bei Design-to-Production ein NURBS-Modeller aus dem Designbereich (Rhinoceros 5) zum Einsatz kommt, der mit Hilfe eigener und teilweise projektspezifischer Weiterentwicklungen das Erstellen objektorientierter, parametrischer Modelle in Fertigungsqualität ermöglicht.

### 2.3. Detaillierungsniveau / Skalierbarkeit

Selbstverständlich kann eine digital gesteuerte Maschine nur diejenigen Bearbeitungen ausführen, die in ihren Eingangsdaten definiert sind. Werden diese Maschinendaten direkt aus einem digitalen Bauwerksmodell generiert, heisst das notwendigerweise, dass jede Bohrung, jeder Schlitz und jede Tasche auch zuvor im Modell definiert sein muss. Das ist in jeder gängigen Holzbau-Software heute möglich, stellt die verfügbare BIM-Software allerdings vor Herausforderungen, da diese in der Regel nicht auf eine solche Detailtiefe ausgelegt ist.

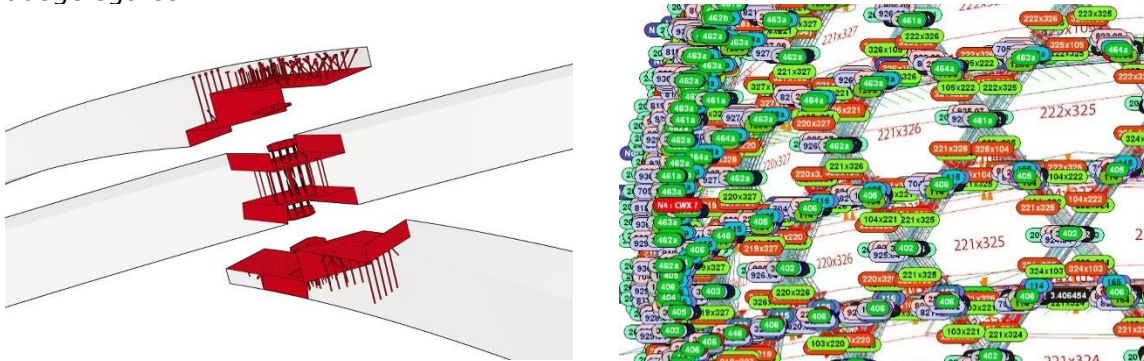


Abbildung 6: Jedes Bohrloch muss korrekt ins Modell, was zu Update-Problemen und zu extremen Datenmengen führen kann.

Die Standardlösung ist derzeit auch hier eine Neumodellierung des Projekts mit Hilfe einer Branchensoftware, wobei das importierte BIM-Modell als Grundlage genutzt wird. Die beiden grossen Fragestellungen dabei sind die Effizienz und das Reagieren auf Änderungen. Können zumindest Teile des detaillierteren Holzbaumodells automatisch aus dem BIM-Modell generiert werden, statt alles manuell neu zu bauen? Werden Änderungen am BIM-Modell automatisch im Holzbaumodell nachgeführt oder zumindest markiert?

Bei grossen Projekten mit komplexen Verbindungsdetails wächst ausserdem die Informationsmenge in zwei Dimensionen gleichzeitig – die Anzahl der individuellen Bauteile mit der Grösse des Projekts und die Anzahl der Detailbearbeitungen mit der Komplexität der Verbindungen – was in den gängigen, dateibasierten Modellen langsam aber sicher zu Skalierungsproblemen führt: Die Modelle werden zu gross und lassen sich nur noch mühsam bearbeiten.

Design-to-Production verteilt daher bei grossen, komplexen Projekten wie «La Seine Musicale» die Daten in mehrere Teilmodelle: Ein zentrales «Referenzmodell», und eine Reihe von Einzelmodellen für Bauteiltypen, welche bei Bedarf zusammen geladen werden können. Zudem wird konsequent parametrisch geplant, d.h. es findet praktische keine manuelle Modellierung statt, sondern die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Bauteilen werden formalisiert und in «Scripts» programmiert, die dann die Anpassung und Detaillierung automatisch für eine grosse Anzahl von Teilen und Detail automatisch übernehmen.

### 2.4. Design for Manufacture and Assembly

Einhergehend mit Bemühungen, die industrielle Vorfertigung auch auf grössere Bauwerkskomponenten anzuwenden, statt nur auf kleinere, hochstandardisierte Bauteile, wird dem Begriff «Design for Manufacture and Assembly (DfMA)» seit einiger Zeit auch im Bauwesen immer mehr Beachtung geschenkt. DfMA ist im Produktdesign seit den 1980er Jahren ein eingeführter Begriff und befasst sich der Optimierung von Produktionsprozessen durch das Neu- oder Umgestalten von Bauteilen und deren Schnittstellen. Auf diesem Gebiet hat der Holzbau den vielleicht grössten Vorsprung vor den anderen Baugewerken, aufgrund seiner traditionellen, intensiveren Beschäftigung mit den Themen Vorfertigung, Toleranzen, Verbindungsdetails, Transport und Montage.

Besonderen Herausforderungen stellen hier Freiform-Projekte, da hier nicht nur die einzelnen Bauteile individuelle Formen annehmen müssen, sondern auch die Verbindungen. Dabei kann es auch durchaus vorkommen, dass bei naivem Herangehen einzelne Verbindungen aufgrund der Geometrie nicht montiert werden können. Bei der Holzgitterschale



von «La Seine Musicale» müssen z.B. die bis zu 24m langen Ringträger gleichzeitig mit vier bis sechs Diagonalstützen verbunden werden, deren Enden alle in unterschiedliche Richtungen zeigen. Hier muss sichergestellt werden, dass überhaupt ein «Montagepfad» existiert, mit dem das Bauteil in die gewünschte Endlage mit kraftschlüssigen Verbindungen gebracht werden kann.

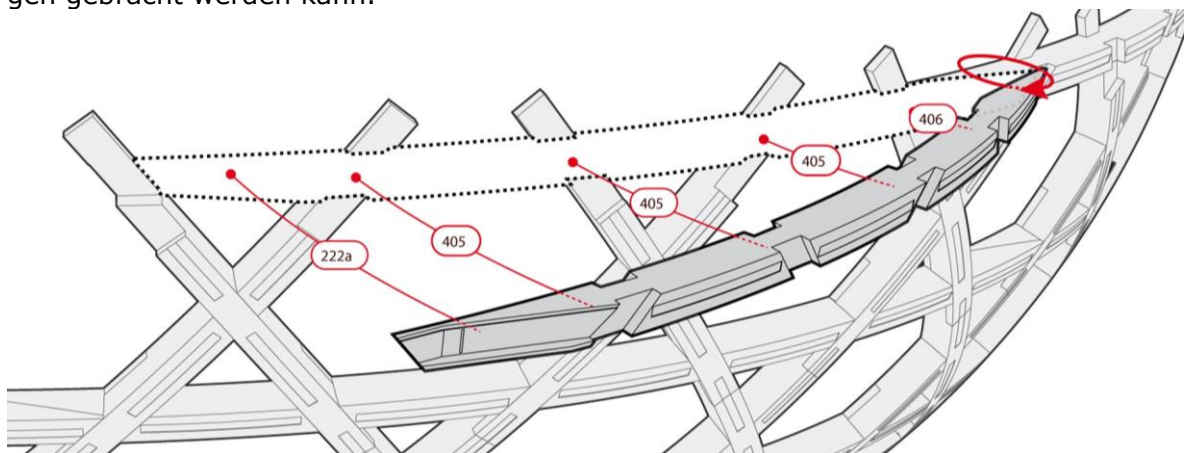


Abbildung 7: Die Ringträger von «La Seine Musicale» werden in die Verbindungen der bereits montierten Diagonalstützen und des vorhergehenden Ringträgersegments «eingedreht».

Um für die rund 1.400 Bauteile und 2.800 Knotenpunkte von «La Seine Musicale» einen effizienten Planungsprozess zu ermöglichen, müssen diese parametrisiert, d.h. regelbasiert gelöst werden, so dass mit möglichst wenig verschiedenen Typen von Bauteilen und Knotendetails alle notwendigen Fälle abgedeckt werden. Dazu ist zunächst eine Identifikation der «Worst Cases», also der extremen Bauteile und Knoten notwendig, um den Rahmen für eine systematische Lösung abzustecken. Jedes daraus entwickelte Detail muss dann wieder an ALLEN betreffenden Bauteilen und Knoten getestet werden, um die Montage wirklich sicherzustellen.

Gleichzeitig zur Montage muss die effiziente Produktion der Teile betrachtet werden, um die Gesamtkosten der zu optimieren. Dazu gehört bei «La Seine Musicale» nicht nur die CNC-Fertigung in zwei Aufspannungen, sondern auch die Verleimung der doppelt gekrümmten BSH-Rohlinge, jeweils unter Berücksichtigung der Maschinen- und Transportmasse.

Bestehende BIM- und Holzbaulösungen bieten hier zwar Funktionen zur Planung von Prozessen und Sequenzen an, nicht aber die geometrische Simulation der Montage. Auch ist die Ermittlung von Produktionskosten in Abhängigkeit von geometrischen Faktoren in der Regel nicht möglich. Design-to-Production greift hier auf selbst entwickelte Tools zurück, die entsprechende Auswertungen teilweise schon auf der Basis der Referenzgeometrie erlauben.

## 2.5. Fertigungsdaten

Der letzte und entscheidende Schritt zur digitalen Produktion ist das Bereitstellen der notwendigen Fertigungsdaten. Die detaillierte und präzise Geometrie eines Bauteils zu beschreiben ist in der Regel nicht ausreichend um daraus Produktionsdaten abzuleiten. Eine automatische Erkennung geometrischer Eigenschaften (engl. «Feature Recognition», also z.B. «diese Aussparung ist ein Bohrloch») und anschließende Zuweisung einer Maschinenbearbeitung («Bohren mit Werkzeug W, Tiefe T») funktioniert zwar bei vielen Standard-Bearbeitungen einigermaßen, ist jedoch fehleranfällig und kann mit Mehrdeutigkeiten z.B. bei komplexen Freiform-Bearbeitungen nicht umgehen. Wenn die detaillierte Bauteilgeometrie aufgrund von parametrischen Regeln generiert wurde, ist es zudem fragwürdig, diese Information «zu vergessen» und die Entstehung dann später auf der Grundlage der resultierenden Geometrie wieder zu erraten.

Hier zeigt sich der grösste Unterschied zwischen den Branchenprogrammen und Standard-BIM-Software. Erstere sind in der Regel darauf ausgelegt, zumindest (geometrisch) einfache Bauteile und Standardverbindungen parametrisch zu beschreiben und bieten am Ende auch entsprechende Schnittstellen zur digitalen Fertigung an. Dazu gehören beim

Holzbau inzwischen vor allem CAM-Datenformate wie BTL und BVX, die eine maschinen-unabhängige Beschreibung von Geometrie UND Maschinenbearbeitungen erlauben. Auch in anderen Gewerken gibt es entsprechende Standards, wie z.B. die DSTV-Schnittstelle für den Stahlbau. Teilweise wird dabei allerdings immer noch Feature-Recognition benutzt.

Auf Seiten der Standard-BIM-Software und im Austauschformat IFC gibt es bisher noch keine Möglichkeit, geometrische Eigenschaften und Maschinenbearbeitungen sauber zu verknüpfen. In der Regel wird also ein IFC-Modell als Input dazu führen, dass das Modell mit Hilfe einer passenden Branchenlösung neu aufgebaut wird.

Design-to-Production geht auch hier den individuellen Weg, vor allem weil in Freiform-Projekten ohnehin selten Standard-Verbindungsdetails zum Einsatz kommen und daher Sonderlösungen programmiert werden müssen. Diese individuelle Programmierung bietet dann auch die Möglichkeit, die bekannte «Entstehungsgeschichte» der detaillierten Geometrie direkt zu nutzen, um mit hoher Sicherheit korrekte Maschinenbearbeitungen zu generieren. In der Regel kommen dabei maschinen- und werkzeugunabhängige Sprachen zum Einsatz (z.B. BTL im Falle von «La Seine Musicale», MPR bei «Edy»), aber in Ausnahmefällen wird auch ein spezifischer Postprozessor entwickelt, der aus dem 3D-Modell direkt ISO-G-Code für eine bestimmte CNC-Maschine generiert.

### 3. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine bruchlose digitale Kette vom BIM-Modell zur digitalen Produktion im Moment nur mit einigem Aufwand zu erreichen ist – wenn es denn überhaupt mehr Projekte gäbe, die in frühen Phasen schon mit Hilfe der BIM-Methode geplant würden.

Bei Projekten mit komplexer Geometrie endet es in der Regel schon bei den mangelnden NURBS-Fähigkeiten der BIM-Software, so dass die Referenzgeometrie mit spezieller Modellierungssoftware neu aufgebaut werden muss, um überhaupt eine präzise Detailplanung zu ermöglichen. Aber auch bei «Standard-Projekten» führt in der Regel am Neuaufbau des Modells in einer entsprechenden Branchensoftware noch kein Weg vorbei. Einerseits aufgrund der mangelnden Modellpräzision, die den Fertigungsanforderungen nicht gerecht wird. Andererseits aufgrund der speziellen Anforderungen aus der weiteren Detaillierung und schlussendlich dem Ableiten von Produktionsdaten, die in den herkömmlichen Standard-BIM-Programmen nicht möglich sind. Dagegen ist an sich nichts einzuwenden, denn der sogenannte «Open-BIM» Ansatz ist ja gerade dazu gedacht, statt eines zentralen BIM-Modells eine Sammlung von Modellen der einzelnen Fachplaner zu verknüpfen. Entscheidend ist dabei allerdings, dass die Arbeitsabläufe sauber definiert werden, und dass der Kontakt zwischen diesen Modellen nicht abreisst, um bei Änderungen im einen Modell entsprechende Aktualisierungen in den anderen anzustossen. An dieser Stelle wird klar, warum unter «BIM» nicht nur das *Modell*, sondern vor allem die *Methode* zu verstehen ist.

Um diese Methode möglichst effizient zu machen wird es also vor allem nötig sein, die Schnittstellen sauber zu definieren. Und zwar nicht nur in technischer, sondern vor allem in organisatorischer und inhaltlicher Form. Wenn zum Beispiel davon ausgegangen werden kann, dass das Modell beim Eintritt in die Ausführungsphase sowieso komplett neu aufgebaut werden muss, sollte es zu diesem Zeitpunkt nicht mehr Informationen enthalten als unbedingt nötig. Noch wünschenswerter wäre es, wenn dieses Referenzmodell so sauber aufgebaut wäre, dass eine zumindest teilweise automatische «Übersetzung» in das Ausführungsmodell möglich wird. Ausserdem muss geklärt werden, welches Modell zu welchem Zeitpunkt führend ist, d.h. in welche Richtung Änderungen jeweils propagiert werden.

Design-to-Production verfolgt hier bisher einen Sonderweg abseits der Standard-BIM-*Werkzeuge*, wendet aber die BIM-*Methode* letztlich seit über zehn Jahren erfolgreich an: Ein zentrales, objektorientiertes 3D-Modell als Referenz für weitere fachspezifische Modelle sowie detaillierte Produktionsmodelle, aus denen Fertigungsdaten direkt abgeleitet werden. Eingebettet in einen jeweils projektspezifisch definierten Workflow, in dem Themen wie Koordination und DfMA (Design for Manufacture and Assembly) kollaborativ mit allen Beteiligten gelöst werden. In diesem Sinne blicken wir einer weiteren Entwicklung von «Open BIM» gespannt und freudig entgegen.