

AS473177

# Workflows: Kollaborative Prozesse und Parametrik in der Tragwerksplanung

Alexander Hofbeck  
Bollinger+Grohmann, Frankfurt

Laura Hinkel  
Bollinger+Grohmann, Frankfurt

## Lernziele

- Interdisziplinäre Austauschmethoden vermitteln
- Möglichkeiten und Potentiale von Cloud-Plattformen wie BIM360 aufzeigen
- Einen Überblick über die Möglichkeiten von Visual Scripting mit Dynamo und Rhino.Inside geben
- Basis-Wissen über die Verwendung von Karamba3D anhand von Beispielen vermitteln

## Beschreibung

Im Rahmen des Industry Talks "Workflows: Kollaborative Prozesse und Parametrik in der Tragwerksplanung" stellen Ihnen Laura Hinkel und Alexander Hofbeck aktuelle Entwicklungen und anwendungsorientierte Projektbeispiele aus dem Arbeitsalltag des Planungsbüros Bollinger+Grohmann vor. Der Hauptfokus liegt dieses Jahr bei den Themenfeldern Cloud-basierte BIM-Prozesse und BIM-Parametrik. Im Kontext der Parametrik soll im Besonderen die Verwendung von Karamba3D innerhalb der Revit-Umgebung anhand von Hands-on Beispielen vorgestellt werden. Eines der Beispiele ist der von Narjis Lemrini (B+G Paris) entwickelte BIM-Parametrik Workflow für den Neubau des ArcelorMittal HQs in Luxemburg. Karamba3D ist ein Werkzeug der Parametrik und Formfindung für Tragwerke, das durch die Einbindung in CAD-Software schnelle qualitative und quantitative Rückschlüsse zur Modifikation der Tragstruktur ermöglicht.

## Referent(en)



### **Laura Hinkel**

*BIM-Koordination / Konstruktion*

Laura ist seit dem Jahr 2013 bei Bollinger+Grohmann als Bauzeichnerin und Ausbilderin mit der Fachrichtung Ingenieurbau angestellt.

Ihr Arbeitsumfang umfasst unterschiedliche Projekte von der Entwurfsplanung bis hin zur Ausführungsplanung im Stahl- und Massivbau.

Laura ist seit 2016 zudem Teil der Standort-übergreifenden BIM-Group und übernimmt Aufgaben der Aus- und Weiterbildung und Standardisierung. Im Rahmen des Projektgeschäfts betreut sie federführend mittlere bis große Projekte am Frankfurter Hauptstandort als BIM-Koordinatorin.



### **Alexander Hofbeck**

*Head of BIM (DE) / Tragwerksplanung*

Alexander arbeitet seit dem Jahr 2015 bei Bollinger+Grohmann als Tragwerksplaner, wo er als einer der ersten Mitarbeiter des Münchner Standorts angestellt war. Vor seiner Anstellung bei B+G und seinem Studium zum Bauingenieur absolvierte er von 2003 bis 2005 eine Ausbildung zum Bauzeichner bei der Firmengruppe Max Bögl. Während dieser Zeit konnte er sich umfangreiche Kenntnisse zu CAD-Software wie Allplan, Sofica und Autodesk Revit aneignen.

Seit dem Jahr 2016 ist Alexander Teil der Standort-übergreifenden BIM-Group von Bollinger+Grohmann. Seit dem Jahr 2018 fungiert er als Head of BIM der deutschen Standorte von Bollinger+Grohmann und arbeitet seit 2020 im Frankfurter HQ von B+G.

Im Rahmen der BIM-Entwicklung befasst er sich mit der Implementierung der BIM-Methodik und der Entwicklung intelligenter Workflows.

## INTRODUCTION

John Argyris, einer der Mitbegründer der Finiten Elemente Methode, hatte bereits in den 1960er-Jahren erkannt, dass der Computer unsere gängigen Theorien und Ansätze verändern wird (Bild 1). Theoretische und technologische Fortschritte dieser Zeit ermöglichten erst eine Vielzahl anspruchsvoller Bauwerke, die ohne numerische Methoden und entsprechender Rechenleistung nur mit großem Aufwand und experimentellen Methoden hätten geplant werden können. Aus den theoretischen und technologischen Fortschritten leitete sich im gleichen Maße eine Beschleunigung und Nichtlinearisierung der Prozesse ab. Ähnliche Parallelen haben sich nach der Erfindung des Computer Aided Designs abgezeichnet.

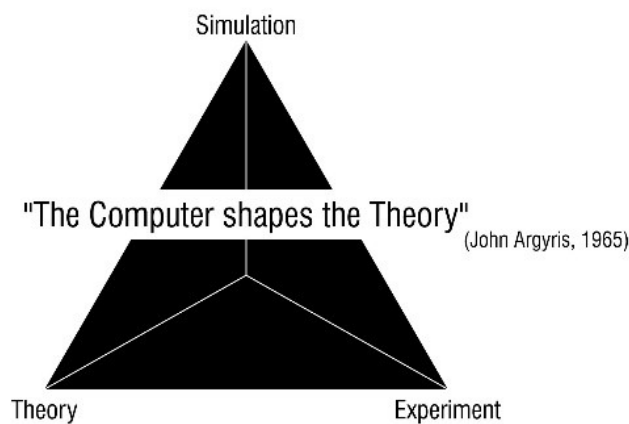


Bild 1: Der Tetraeder des Computational Design

Die Digitalisierung im Bauwesen und im Speziellen das Building Information Modelling als einer ihrer Eckpfeiler bietet durch die engere Kollaboration der Planungsdisziplinen und technologischen Entwicklungen weiteres Potential für einen Geschwindigkeitszuwachs. Konträr zum nichtlinearen Status Quo verkörpern die vertraglichen Rahmenbedingungen (z. B. Honorarordnung) nach wie vor einen linearen Ablauf, der mit der eigentlichen Realität des gegenwärtigen Planungsgeschehens nicht mehr oder nur noch in seltenen Fällen kompatibel ist. Die Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen und der kulturelle Umbruch sind nach wie vor ein offenes Thema, das sich aber zumindest auf kultureller Ebene im Laufe der Jahre verbessert hat.

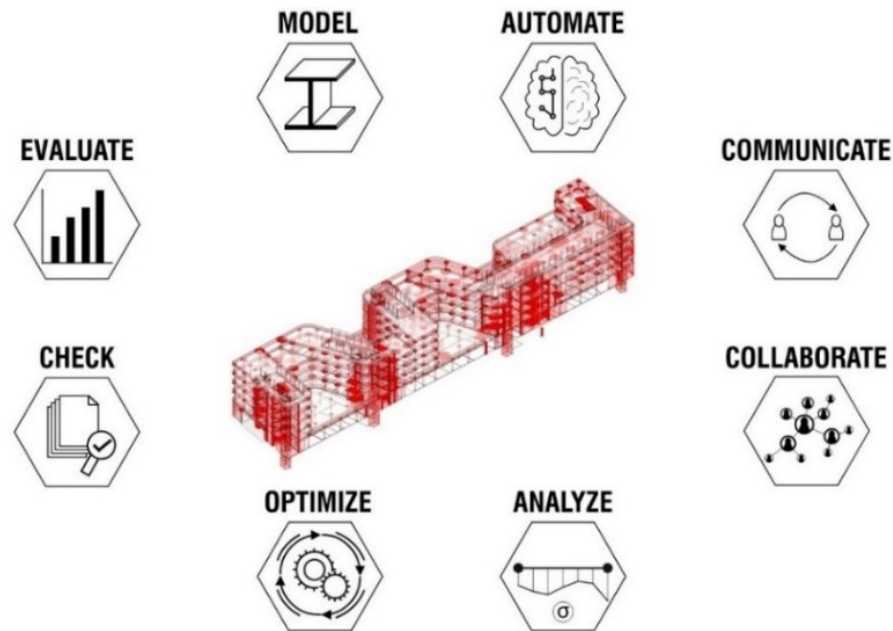


Bild 2: Die Bausteine des Building Information Modeling

Unabhängig von der prozessualen Komponente erwachsen auch Herausforderungen aus der Veränderung durch die einzelnen technologisch geprägten Bausteine der BIM-Planung (vergleiche Bild 2), die mit einer damit einhergehenden Komplexität zu Parallelwelten am Besprechungstisch führen.

Während sich das eigentliche Planungsteam im Raum A über den Brandschutz unterhält, findet im Raum B ein BIM Jour-Fixe zu Themen wie Modellteilung, Zuständigkeiten, Prinzipien der Modellierung und Attribuierung statt. Die im letzteren Fall angesprochenen Themen stehen mit der eigentlich geschuldeten Leistung, der Planung des Bauwerks, in vielen Fällen nicht mehr direkt in Verbindung, sondern sind eine Mischung aus notwendiger intensiverer Abstimmung der Projektbeteiligten, gepaart mit einer neuen größtenteils nicht honorierten Teilleistung, dem virtuellen Modell.

Vermeehrt ist auch festzustellen, dass in vielen Fällen untergeordnete Aspekte der Modellqualität (Extremes Beispiel: „Ist die Verknüpfung im Revit Modell auch fixiert?“) als Abnahmeleistung für den Projekterfolg herangezogen. Durch die naturgemäße Verquickung des AIA (Auftraggeber Informations Anforderung) mit dem Ingenieurs- oder Architektenvertrag können sich diese neuen Aufgaben durch unachtsame Sichtung der Vertragsgrundlagen als Grundleistung in das Projekt einschleichen.

Trotz des Fortschritts und möglichen Potentials konzentriert sich der Fokus der Projektbearbeitung zumeist auf die Themen Modelling, Prozess, Modellqualität oder dem Output in Form von Plänen. Der wahre Mehrwert, nämlich die Aspekte der Automatisierung und Optimierung rücken dabei zu stark in den Hintergrund. Automatisierung ist aus Gründen des Selbstzwecks notwendig, um nicht nur die Digitalisierung des Tuschestifts fortzuführen und sich mit manuell wiederkehrenden Arbeitsschritten abzumühen, sondern wirtschaftlich effizienter arbeiten zu können. Die Notwendigkeit der Optimierung erwächst aus der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verantwortung an einen guten Entwurf, der nicht nur Firmitas (Festigkeit),

Utilitas (Nützlichkeit) und Venustas (Schönheit) erfüllt, sondern auch Aspekte immer knapper werdender Ressourcen („Cradle to Cradle“) und Auswirkungen auf den Klimawandel („Embedded Carbon“) berücksichtigt.

Auf den nachfolgenden Seiten sollen die oben aufgeführten Thesen anhand von projektbezogener Erfahrungen wiedergegeben und auch einige Entwicklungen und Workflows aus den Bereichen Research and Development bei Bollinger+Grohmann vorgestellt werden.



## I. COLLABORATE

Wie bereits eingangs erläutert ist der Planungsprozess der Gegenwart durch seine starke nichtlineare Natur geprägt. Allgemein ist festzustellen, dass Zeitpläne zwischen Planung und Ausführung zunehmend enger getaktet werden bzw. bei manchen Projekten Leistungsphasen, die nach Honorarordnung aufeinander aufbauen sollen, parallel geschaltet sind z. B. eine überlappende Planung zwischen Entwurf, Genehmigung und Ausführung.

Gleichfalls ist zu erkennen, dass der bestellte Inhalt eingangs nicht immer klar definiert ist (Ausbleibende bzw. eingesparte Grundlagenermittlung) bzw. sich erst im Laufe der Planung herauskristalisieren kann (nahezu jedes Bauwerk ist ein Unikat). Diese Tatsache und das Budget des zu planenden Bauwerks führen in der Regel zu Umplanungen, die zusätzlich den Prozess der Planung ins Ungleichgewicht bringen können. Aus den internen Prozessen ergänzen sich im Worst Case Lücken in der Koordination, Kapazität oder Planungsmängel mit koordinativen Abhängigkeiten.

Bildlich kann man sich den Prozess als mehrere um die Planung schwingende Massen vorstellen, die sich je nach Kraftzentrum und Eigenfrequenz gegenseitig beeinträchtigen bzw. auch in Harmonie schwingen können (siehe Bild 3).

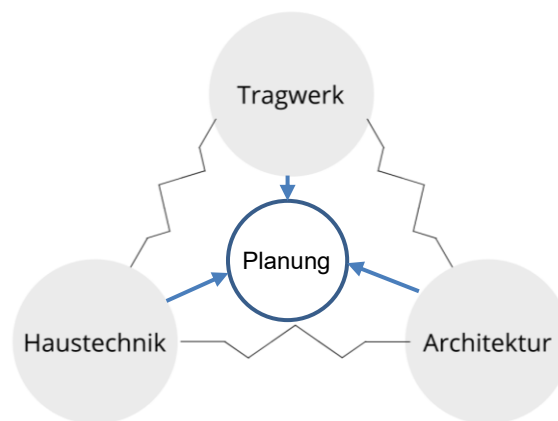


Bild 3: Der metaphorische Mehr-Massen-Schwinger der Bauplanung

Aus dem Veränderungsprozess bei der Einführung der BIM-Methodik können sich folgende negative Aspekte im Planungsalltag abzeichnen, die den Prozess der Planung zusätzlich beeinträchtigen können:

- Parallelwelten zwischen Planung/Projektleitung und BIM-Koordination/Modelling
- Nicht definierte Verantwortlichkeiten innerhalb des eigenen Teams bzw. Büro-übergreifend
- Software-Schnittstellen, die nicht beherrscht werden bzw. Workflows, die nicht rechtzeitig und gründlich getestet wurden (Beispielhaft: Durchbruchsplanung und –freigabe)
- Unterschiedliche Wissensniveaus der Beteiligten
- Lagerdenken
- Kein „Update“ der inneren Strukturen, sondern die Betrachtung von BIM als Konstruktionsaufgabe

Die negativen Auswirkungen aus der BIM-Einführung in Unternehmen (Change-Prozess) werden durch die Zeit, durch geschärftes Bewusstsein und Büro-interne Maßnahmen (Strategieplan, Ausbildungskonzepte, interne Hierarchien und Verantwortlichkeiten) abebben. Im gleichen Maße muss eine Wissenskultur aufgebaut werden, da die Aufgaben und Herangehensweisen zunehmend komplexer werden. Da nicht alle Anforderungen an die Software vollends durch den Software-Hersteller abgedeckt werden können und die einzelnen Prozesse und Herangehensweisen zu divers sind, können Programme wie Autodesk Revit mit offener API und Visual Scripting Tools wie Dynamo Arbeiten im Büro erleichtern und effizientere Planung durch Automatisierung und Optimierung ermöglichen.

Nach Betrachtung der übergeordneten Aspekte im Kontext Büro-Entwicklung und Planungsprozess, soll im Nachgang auf die Herausforderungen der Kollaboration im praktischen Sinne eingegangen werden, sprich der Umgang mit der Modellteilung.

## Die Philosophie der Modellteilung

Im Rahmen der Projektstrategie ist das Thema der Modellteilung ein essentieller Aspekt, der sich je nach gewähltem Prozess positiv oder negativ auf den gesamtheitlichen Projekterfolg auswirken kann. Die nachfolgenden Seiten sollen einen Überblick über die möglichen Vorgehensweisen geben.

In der Theorie hat jedes Gewerk ein eigenes Modell. Die Modelle werden zu einem gemeinsamen Koordinationsmodell zusammengefügt (vergleiche Bild 4). Die Koordinationsmodelle sind „Planstände“ und am Schluss ggf. Basis für ein As-Planned/As-Built bzw. Digitalen Zwilling. Die Theorie lässt die Schnittstelle zwischen Architektur und Tragwerksplanung zumeist außer Acht. Der Architekt besitzt die geometrische Hoheit über das Gebäude und somit auch über die tragenden Bauteile. Das Modell der Objektplanung unterliegt einem stetigen Wandel, der durch Bauherrnwünsche, Koordinations-Umplanungen mit gegenseitigen Abhängigkeiten und Optimierungen geprägt ist. Der Tragwerksplaner hingegen benötigt eine eingefrorene Planungsbasis für die Disziplin-interne Prozesskette „Berechnung, Dokumentation, Schalplanung und nachgeschalteter Bewehrungsplanung“, die abhängig von der Projektgröße möglichst strukturiert ablaufen muss, um einen Kontrollverlust über die eigene Planung zu vermeiden (Design Freeze des Rohbaus).

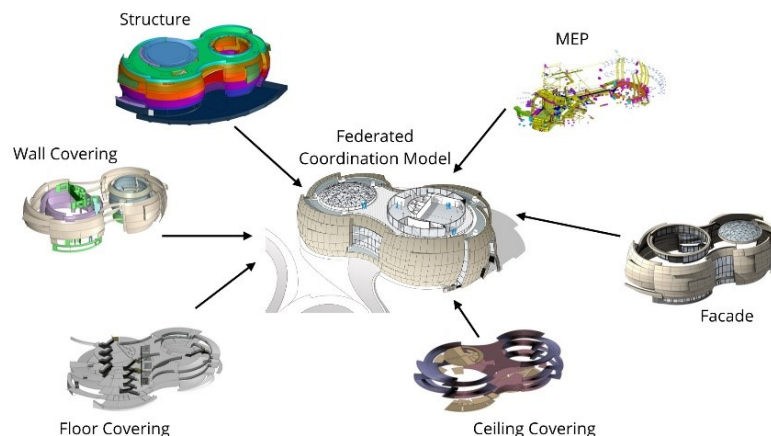


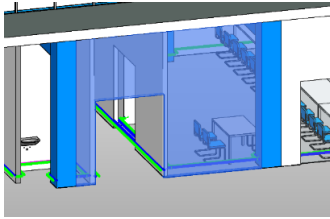
Bild 4: Das Koordinationsmodell (Einzelbilder in Kollage ©Bernhardt+Partner)

Aus den oben genannten Gründen existiert das Tragwerksmodell in der Praxis in der Regel doppelt, da es als Planungsbasis gilt (eingefrorener Berechnungsstand), spätestens ab Ende der Entwurfsphase. Änderungen müssen im doppelten Modell gegenseitig nachgezogen werden, sofern kein Zentralmodell zum Einsatz kommt. Das Zentralmodell hat hingegen wieder Auswirkungen auf das Thema Planungsgrundlage Tragwerk, die der Objektplanung Prozess-bedingt immer hinterher schreitet (Stichwort: Design Freeze).

Nachfolgende Seiten geben einen Überblick über die Möglichkeiten der Modellteilung. Abhängig von der Projektgröße, -komplexität und dem Erfahrungshorizont des Planungsteams (Architektur und Tragwerk) kann jede Variante für das entsprechende Projekt Vor- und Nachteile haben, die es abzuwägen gilt.



### Doppeltes Tragwerk / 2 Modelle

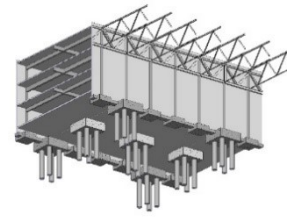


**Medium:**  
BIM360, Revit Server, Dateiaustausch

#### **Bewertung:**

- Modellierung spiegelt Statik wider
- Modellierung ideal für Import/Export zur Statiksoftware
- Änderungen müssen zeitaufwändig nachgezogen werden (Tragwerk basiert auf ARC Modell Version x)
- IDs der Modell passen nicht zusammen  
→ Man behält Kontrolle über seine Planung

### Verlinktes Tragwerk / 2 Modelle

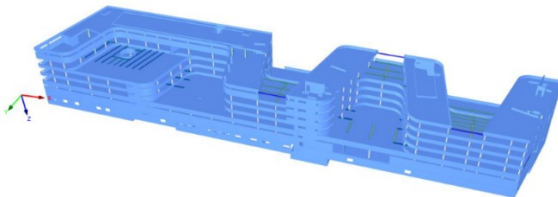


**Medium:**  
BIM360, Revit Server, Dateiaustausch

#### **Bewertung:**

- Alle statisch relevanten Bauteile sind im Tragwerksmodell enthalten
- Alle nichttragenden Elemente sind im Architekturmodell. Das Tragwerksmodell wird in das Architekturmodell referenziert.
- Frage: wer modelliert was? (was ist tragend)  
→ Anpassungen der Objektplanung müssen permanent durch die Tragwerksplanung eingepflegt werden (Kapazität und Honorar)  
→ Es gibt nur ein Tragwerk  
→ Der Prozess ist weniger dynamisch

### Gemeinsames Zentralmodell / 1 Modell



**Medium:**  
BIM360, Revit Server

#### **Bewertung:**

- Änderungen sind in Echtzeit im Modell möglich
- Änderungen können unabgestimmt in das Modell kommen
- Sehr viel Kommunikation am Anfang – Bauteilhoheiten müssen geklärt werden und sind selbst dann schwer aufrechtzuerhalten
- Frage: wer modelliert was? (Schnittstellen)
- Kommunikation von Änderungen muss stringent gelebt werden  
→ Design Freeze quasi nicht mehr vorhanden



## BIM 360 Design als Mittel der Wahl für einen einfacheren Austausch der Fachmodelle

In einem Pilotprojekt mit Kohlbecker Gesamtplan GmbH wurde die BIM360 Plattform für die Planung einer Automotive Produktion herangezogen (Bild 5). Dieser Abschnitt befasst sich mit einem kurzen Einblick in die gewählte Projektstrategie und dem Erfahrungsbericht zur Implementierung von BIM360 Design an einem laufenden Großprojekt. Abschließend soll eine kurze Bewertung erfolgen.

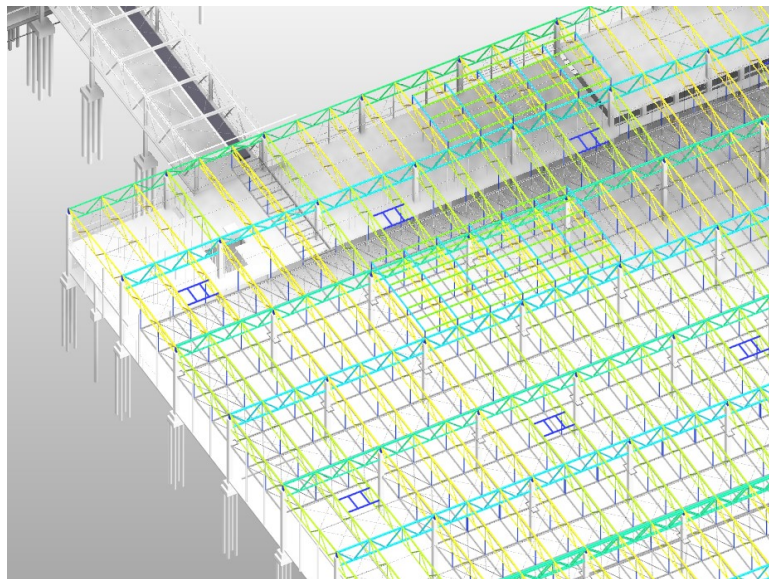


Bild 5: 3D-Ansicht einer großen Haupthalle des Automobilwerks

### A. Strategie der Modellteilung

Bei Industriebauten können der Planungsprozess und die gegenseitigen Abhängigkeiten im Vergleich zum üblichen Hochbau sehr gut abgesteckt werden. Aus diesem Grund wurde die Strategie mit zwei zueinander komplementären Modellen der Objektplanung vorgeschlagen und gemeinsam als Workflow für alle Teilprojekte fixiert. (vergleiche Bild 6).

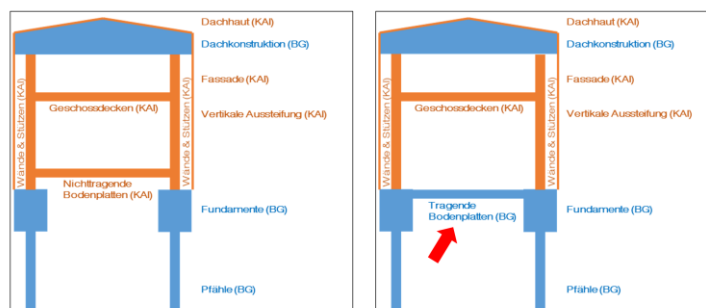


Bild 6: Strategie der Modellteilung

Schnittstellen für "tragwerksrelevante" Elemente

	Planung	Model	Massen
Altbauteile	KOH	KOH	KOH
Dachscherschaltung WMA	BUG	KOH	BUG
Ketten Dachscherschaltung Technologie	BUG	KOH	BUG
TGA Sekundärstahl	BUG	KOH	KOH
Ankerplatten in Stützen	BUG	-	BUG
Wurfsäulen / Verbinder Stahl-/	KOH	-	KOH
Fachwerkbinder	BUG	BUG	BUG
Stahltragwerkstrukturen innen	KOH / BUG	KOH	BUG
Stahltragwerkstrukturen außen	KOH / BUG	KOH	BUG
Stahltragwerk Fundamente	BUG	KOH	BUG
nichttragendes Mauerwerk	KOH / BUG	KOH	KOH
sämtliche Stahlbetonmassen	KOH / BUG	KOH	BUG
Ausstellung und langgestrecktes nichttragendes Mauerwerk	KOH / BUG	KOH	KOH

Der Massivbau (primär Nebengebäude), der in seiner Natur weitestgehend regulär und in Fertigteil-Skelettbauweise erstellt wird, sollte in den Händen der Objektplanung liegen. In den Bereichen des Massivbaus würde sich aus Abstimmungen mit dem Nutzer, der TGA und des Brandschutzes eine hohe Änderungsfreudigkeit bei der Objektplanung abzeichnen. Der gesamte Stahlbau hingegen sollte in der Obhut der Tragwerksplanung liegen, da die Stahlprofile einer über alle Leistungsphasen hinweg stetigen Optimierung und voraussichtlichen Lastanpassungen aus Nutzerwünschen unterliegen würden, was eine hohe potentielle Änderungsfreudigkeit auf Seiten des Tragwerksplaners zur Folge haben würde. Die Gründung wurde ebenfalls der Tragwerksplanung zugeordnet, da sich aus möglichen Lastanpassungen des Dachtragwerks häufigere Anpassungen der Pfähle hätte ergeben können. Alle geschilderten Szenarien sind eingetreten.

Als Ergebnis der Abstimmung wurden zwei zueinander komplementäre Modelle definiert, die gegenseitig ineinander verlinkt wurden. Im Laufe des Projekts wurden zudem Schnittstellenlisten eingeführt, damit im Kontext der Mengenermittlung und Zuständigkeiten klare schriftliche Verhältnisse definiert wurden.

Für die Beschriftung und Bemaßung wurden jeweils die Bauteile der anderen Fachdisziplin herangezogen. Die Attribuierung der Tragwerksparameter erfolgte im Modell der Objektplanung.

Als ursprünglicher Ansatz des Informationsaustauschs war der nachfolgende Dynamo Workflow vorgesehen:

1. Tragwerksplanung füllt Parameter Bewehrungsgehalt, Positionsnummer, Materialgütern im Architekturmodell aus
2. Dynamo Script auf Tragwerksseite schreibt Bauteil ID und Parameterwerte in Excel-File, das auf dem Sharepoint der Tragwerksplanung abgelegt werden sollte
3. Dynamo Script auf Architektenseite schreibt Informationen aus Excel ins Bauteil zurück
4. Bei Anpassungen ob bei Architektur oder Tragwerk startet die Schleife wieder bei 1

Der Abgleich der Informationen war von essentieller Bedeutung für das Projekt, da für die Planung Designsprints/Design Reviews zum 30%/60%/90% Status, und damit einhergehende 3-fache Kostenberechnung, mit dem Bauherrn vereinbart wurden.

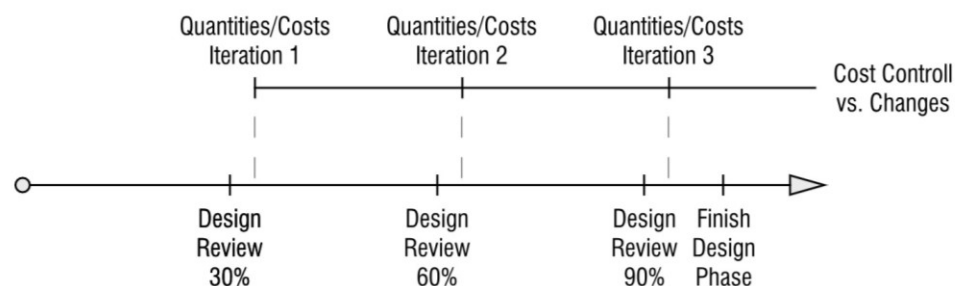


Bild 7: Designsprints



Die Kostenberechnung für 20 Gebäude unter Berücksichtigung der drei Designsprints bei überschneidenden Bearbeitungsständen der Teilprojekte war nur durch eine gute Eintaktung der Deadlines und Kapazitäten, häufige interne Qualitätskontrollen (Filteransichten), konstruktives Verständnis zu den Lücken im Modell und Automatisierung via Dynamo möglich.

## B. Übergang vom Dateiaustausch zu BIM 360

In der frühen Phase der Projektbearbeitung wurde von Seiten Kohlbecker Gesamtplan die Bearbeitung mit BIM 360 vorgeschlagen. Als designiertes Gebäude mit gleichen Prinzipien der Modellteilung wurde ein einfaches Nebengebäude mit spätem Abgabetermin definiert und testweise gemeinsam durchexerziert, um mögliche Fallstricke für größere Teilprojekte feststellen zu können. Für den Austausch kam nicht die Design-Collaboration Methode zum Einsatz, sondern ein Austausch mit auf der Cloud synchronisierten und verlinkten Zentraldateien (Zentraldatei Massivbau und Zentraldatei Dach und Gründung).

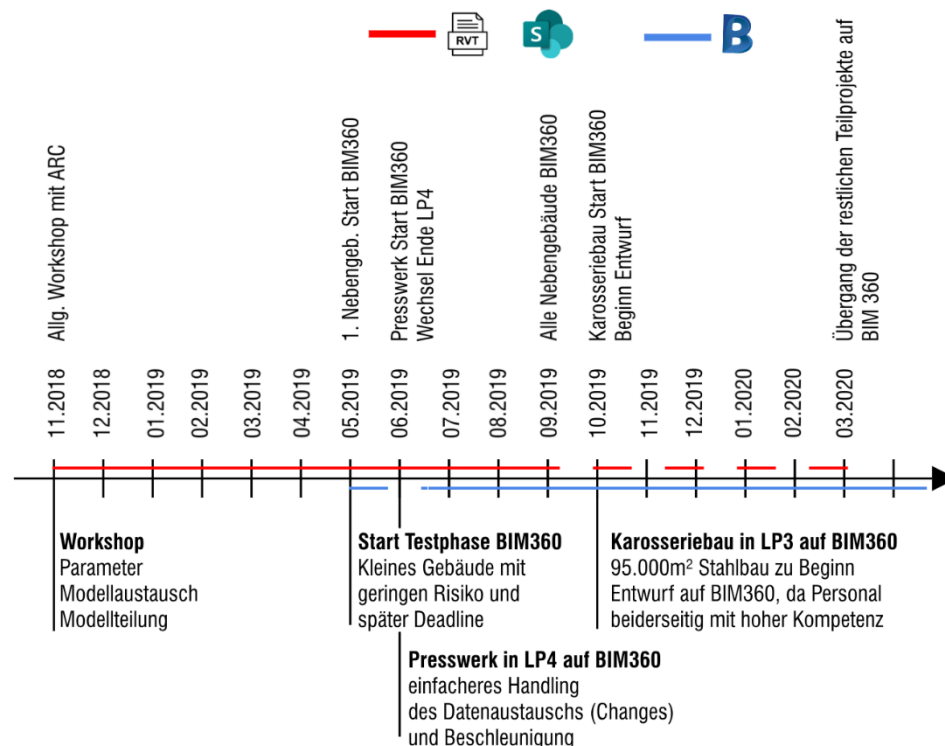


Bild 8: Zeitschiene der BIM360 Umstellung

Die positiven Erfahrungen führten dazu, den Plattform-Test auf ein größeres Teilprojekt (Presswerk) mit späterer Leistungsphase aus Gründen des effizienteren Change-Managements und Dateiaustauschs auszuweiten.



Der Karosseriebau als erste große Halle mit einer BGF von ca. 95.000m<sup>2</sup> wurde vollumfänglich und beginnend mit der Entwurfsphase in BIM360 geplant. Für die Abstimmung mit dem Bauherrn in Besprechungen wurden die vorbereiteten Ansichten und Pläne der Docs-Weboberfläche verwendet, um Sachverhalte klarer und visueller darstellen zu können. Die Planerkoordination erfolgte anfänglich via dem Issue-Management von BIM360, wurde aus Gründen der Geschwindigkeit jedoch durch Screensharing und Posts in einem gemeinsamen Projekt Team auf MS Teams ersetzt.

Alle nachfolgenden Teilprojekte wurden nach und nach abhängig von den internen Kapazitäten und dem Know-How/Schulung der Mitarbeiter auf BIM 360 umgesiedelt und der manuelle Dateiaustausch beendet.

Als gesamtheitliches Fazit konnte durch den Einsatz von BIM360 eine deutliche Vereinfachung des Datenaustauschs zwischen Architektur und Tragwerksplanung bei gleichbleibender Wahrung der Kontrolle über die eigenen Planungsinhalte generiert werden.

#### **Cloud-Plattform:**

- Bei der Design Collaboration Methode müssen Änderungen manuell nachgezogen werden, da Architektur und Tragwerksmodell nicht miteinander gekoppelt sind. Vorstellbar wäre ein Software-seitiger Workflow der Änderungen der Teilmodelle nach Bestätigung der Umplanungen verschmilzt (Herstellung der Modell-Synchronität)
- Issue Bearbeitung und Kommentierung nicht intuitiv
- Revit Plugin für Issues noch in Beta und nur für Revit 2020 erhältlich

#### **Herausforderungen bei der Zusammenarbeit an einem Modell (BIM 360**

##### **Zentraldatei bzw. Revit Server)**

- Gegenseitiges Verständnis der Zusammenhänge bei Anpassungen an der Planung und am Modell (Bauwerk und Software)
- Gegenseitige Kommunikation von Anpassungen am Modell
- Verwendung korrekter gegenseitig abgestimmter Kategorien (z. B. Bodenplatte als Gründung vs. Geschossdecke)
- Bauteil Parametrisierung → Filterung der Elemente
- Verwendung von tragenden Elementen, die aber nicht-tragend hätten sein sollen → Filterung der Elemente
- Modellierungsverständnis (Model it as you build it): Beispiel: Endet die Wand auf UK-Decke (Regel) oder auf OK-Decke (Sichtbetontakt, statische Rahmenbedingungen etc.). Die Art der Modellierung ist abhängig von der Fügung/Ausführung.
- Unterschiedliche Wissensniveaus der Planungsbeteiligten

## II. AUTOMATE, ANALYZE AND OPTIMIZE

### Was ist Visual Scripting?

Visual Scripting ist vereinfacht ausgedrückt eine aneinander Reihung von Input, Funktion und Output analog eines Prozessdiagramms. Das fertige „Diagramm“ ist ein Algorithmus, der von Anfang bis Ende (links nach rechts) durchläuft und „Script“ genannt wird.

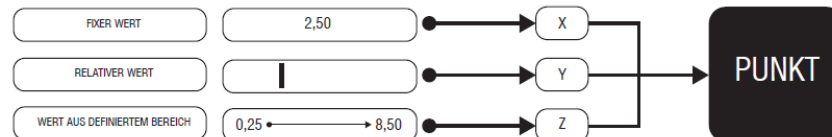


Bild 9: Input- und Funktionsnodes für die Erstellung eines Punktes

Der Input kann eine Zahl sein, die den Radius eines Kreises steuert, oder ein Text (String), der dem BIM-Objekt als Codierung in den Positionsnummer Parameter geschrieben wird. Funktionen können geometrischer, mathematischer oder datenbasierter (Sortierung, Zusammenführung, ...) Natur sein bzw. abhängig vom Zweck auf die API des CAD-Programms (Revit, Rhino, ...) zugreifen. Die API (Application Programming Interface) ist der in der Software vorhandene offene Baukasten, der für die Entwicklung von Plugins und Scripts verwendet werden kann. Im Autodesk Kosmos heißt die grafische Programmieroberfläche Dynamo.

Scripte können dazu verwendet werden, Prozesse in CAD-Software zu automatisieren z. B. die Verlegung von Fugenbändern an der Schnittlinie zwischen Wand-Mittellinie und Bodenplatte oder das Ausfüllen von Parametern für die Mengenberechnung in Revit.

Gebäude können auch in Form einer Parametrisierung geplant werden, was im Rahmen des Entwurfsraums eine unheimliche Flexibilität erlaubt. Freie intuitive Anpassungen werden dabei allerdings zu einer größeren Herausforderung, da man den Entwurfsraum des Scripts schnell verlässt bzw. dieses aufwändig umarbeiten muss. Ein Beispiel für eine vollständig parametrisierte Planung ist die ESO Supernova der Architekten Bernhardt+Partner. Die ESO Supernova wurde vollständig in Grasshopper/Rhino parametrisiert, da eine Planung mit gängiger Software bzw. gängigen Befehlen zu unflexibel für geometrische Änderungen war.

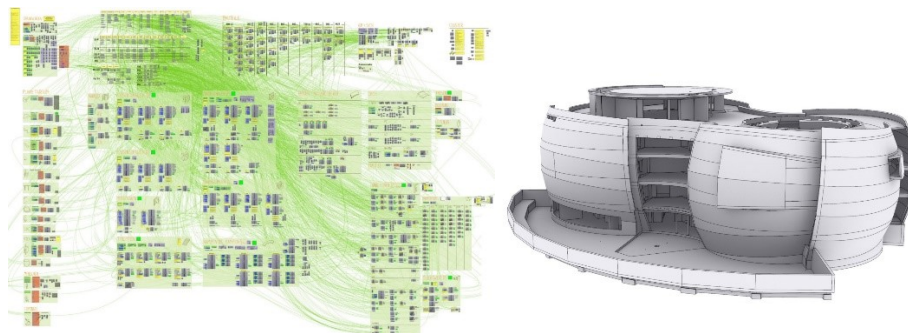


Bild 10: Links: Script für die Manipulation der Gebäudegeometrie der ESO-Supernova © Bernhardt+Partner / rechts: Schalplanungsmodell Bollinger+Grohmann

Parametrisierte Geometrien erlauben weitere Betrachtungen wie automatisierte Simulationen und Optimierungen. Im Grasshopper Kosmos existieren dafür Erweiterungen wie Ladybug (Bauphysik) und Karamba3D (Statik). Diese Erweiterungen heißen Packages.

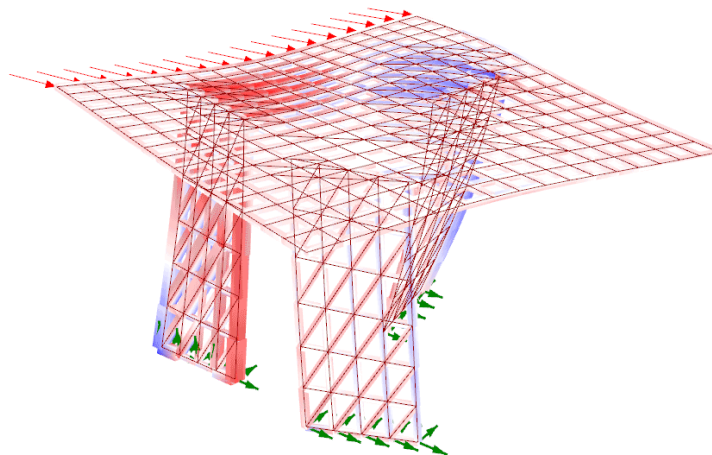


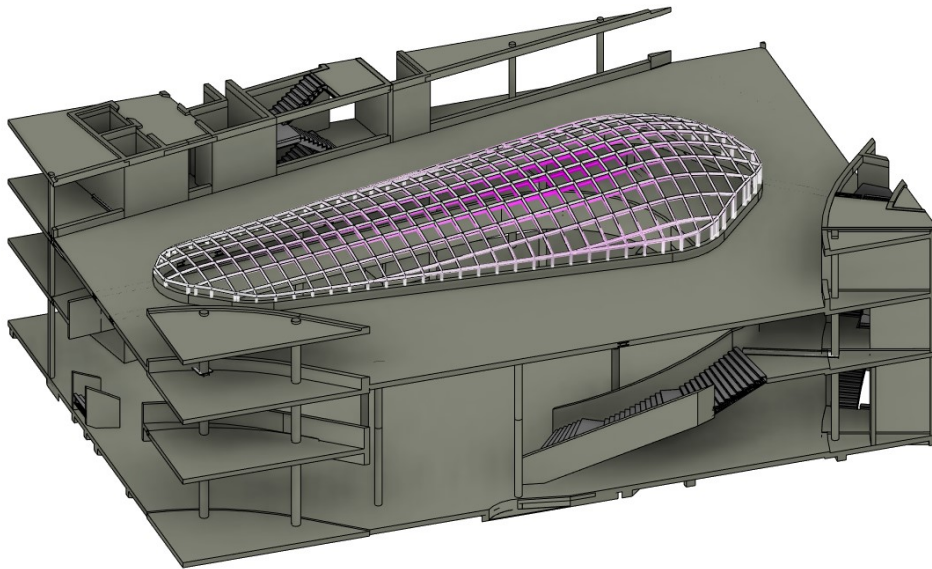
Bild 11: Spannungsplot eines Dachtragwerks mit variablen Auflagerscheiben

Da es sich bei Dynamo um eine noch relativ junge grafische Programmiersprache handelt, existieren vergleichsweise zu Grasshopper weniger Packages (z. B. Dynashape für die Formfindung).

Mittlerweile gibt es die Möglichkeit Grasshopper/Rhino mittels der [Rhino.Inside](#) App in Revit einzubinden. Hierzu ist eine Rhino 6 Lizenz, die Rhino 7 WiP und das Rhino.Inside Plugin notwendig. Aus der Kombination zwischen Rhino und Revit lassen sich die Stärken von Dynamo bzw. Grasshopper am Projekt einbringen. Auf den nachfolgenden Seiten wird die Generierung und Berechnung einer Gitterschale mit Rhino.Inside vorgestellt.

## Projektbeispiel: Gitterschale

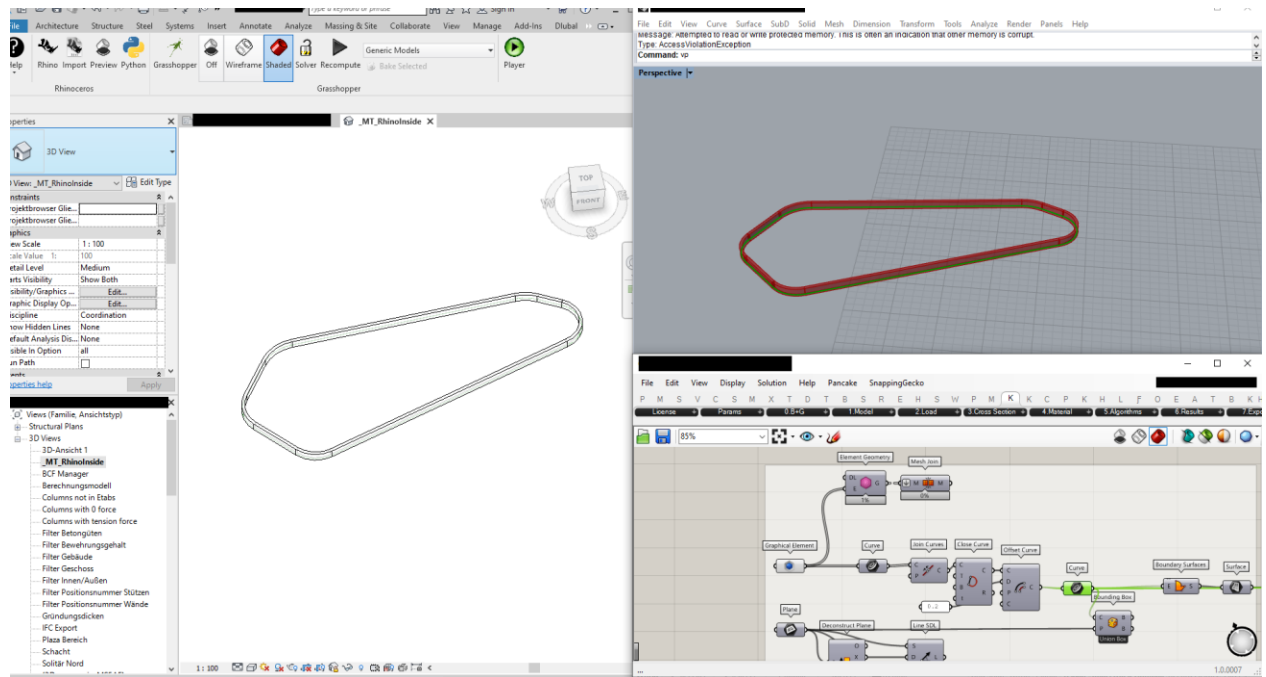
Ein Verwaltungsgebäude erhält im Atriumbereich eine Stahl-Glas Gitterschale als Dach. Da sich alle geometrischen Randbedingungen des Massivbaus und auch die Schalen-geometrie im Laufe des Planungsprozesses verändern können, wurde die Schale vollständig parametrisch in Rhino.Inside ausgebildet. Der Auflagerbalken ist die geometrische Eingangsbedingung der Schale und wird direkt aus Revit via Selektion übernommen.



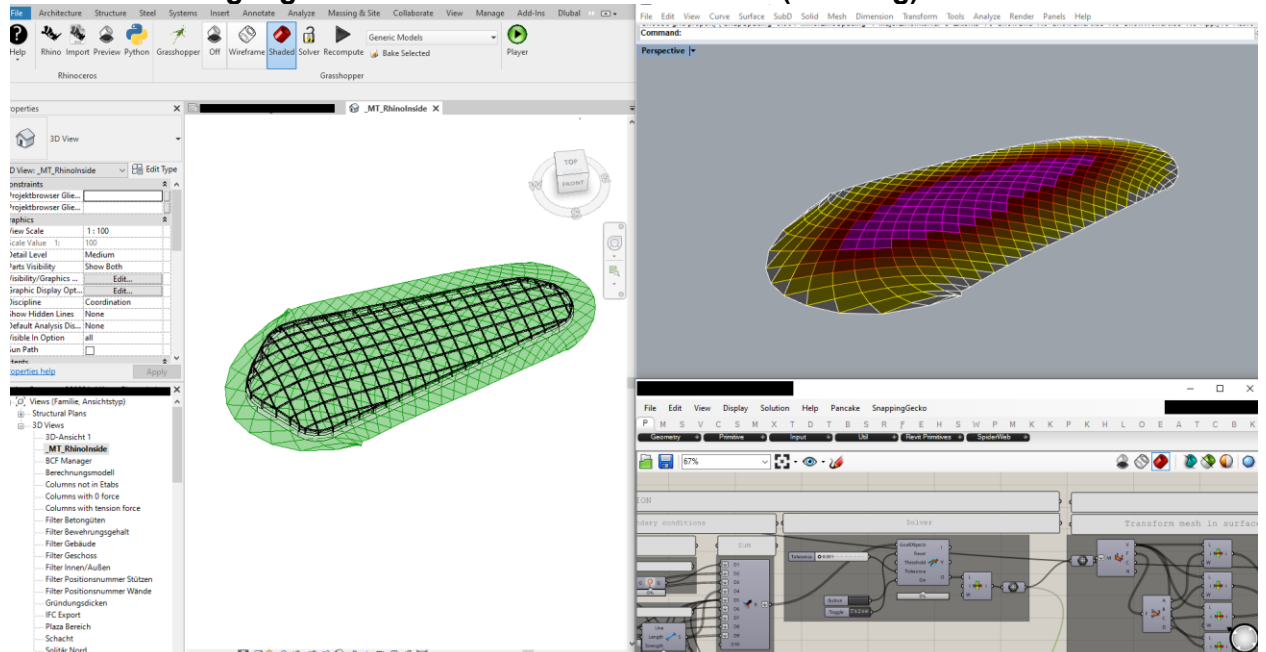


## Schritt 1:

Die Auflagerbalken werden mit dem Node „Graphical Element“ im Tab Revit selektiert, um die Geometrie als Auflager für die Schale zu erfassen.



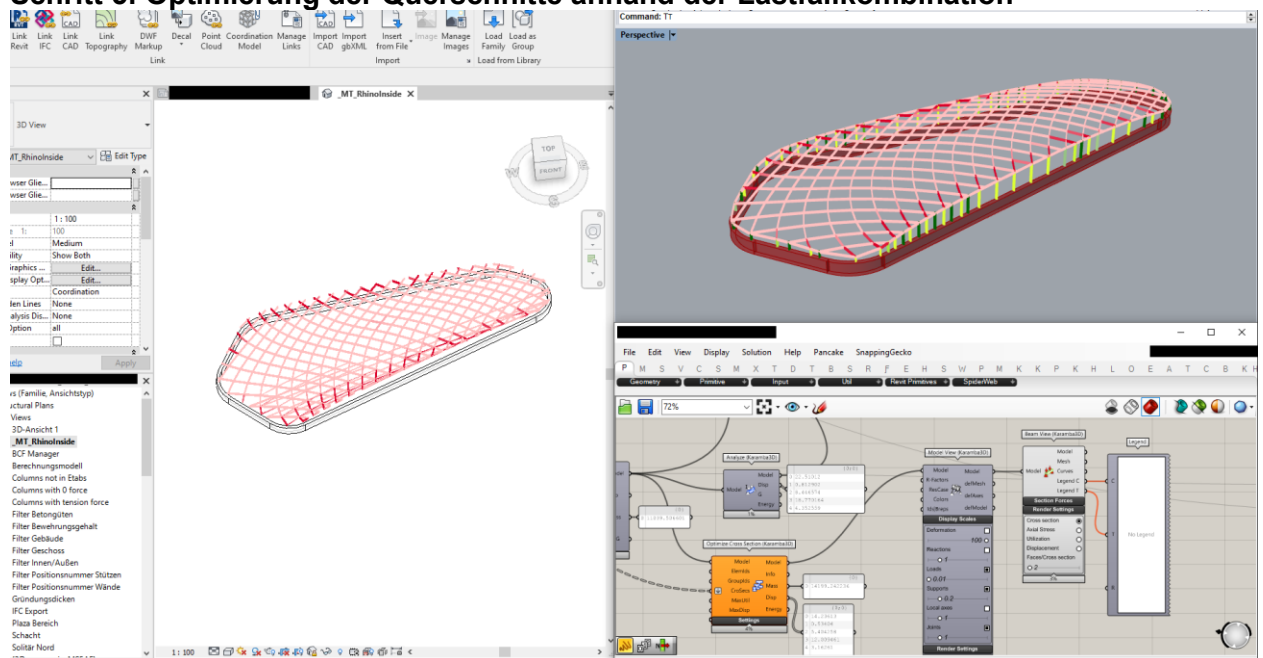
## Schritt 2: Erzeugung einer Oberfläche der Schalenhaut (Meshing)



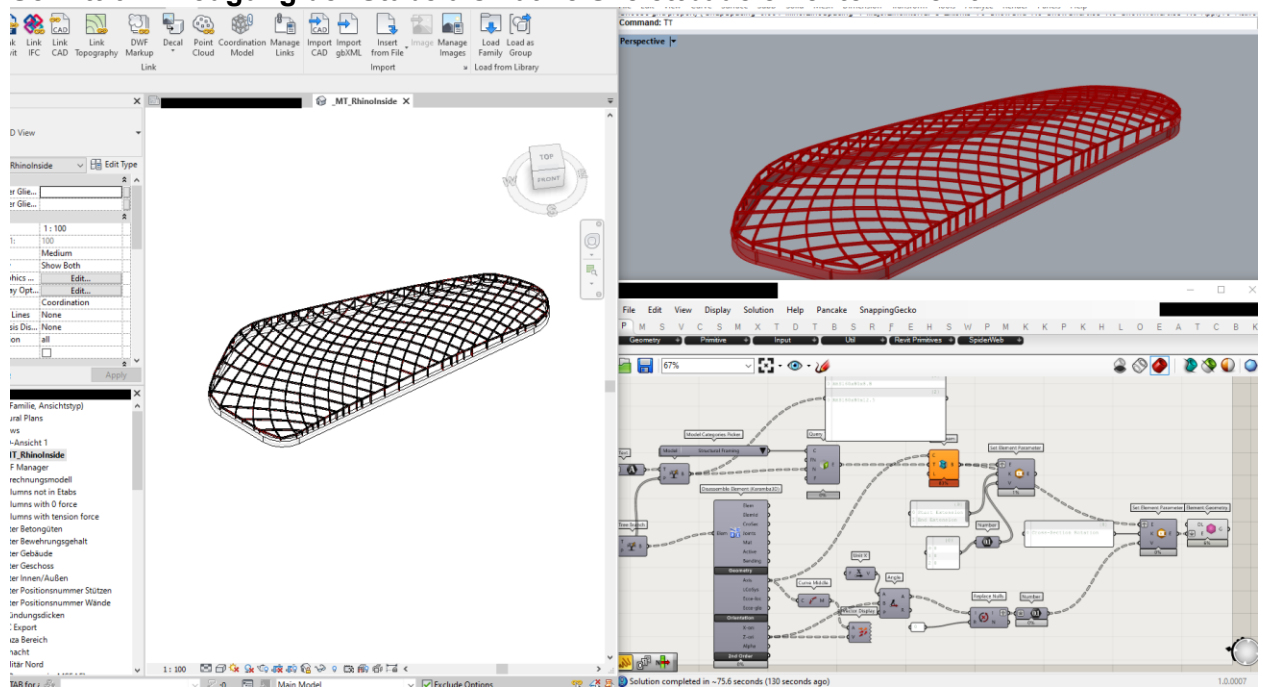




## Schritt 5: Optimierung der Querschnitte anhand der Lastfallkombination

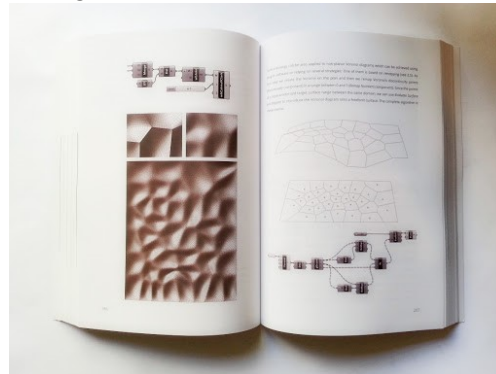
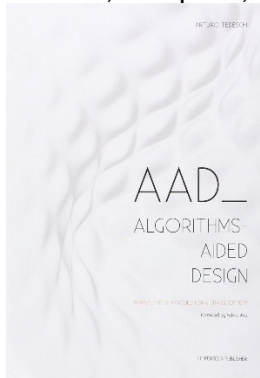


## Schritt 6: Erzeugung der Stäbe als native Skelettbauelemente in Revit



## Literatur und E-Learning

- **Literatur: Arturo Tedeschi – Algorithm Aided Design (Grasshopper)**  
Theorie, Beispiele, Formfindung und Simulation



- **Dynamo Primer**  
[https://primer.dynamobim.org/01\\_Introduction/1\\_introduction.html](https://primer.dynamobim.org/01_Introduction/1_introduction.html)
- **LinkedIn Learning:** Ian Siegel, Jeremy Graham, Paul Aubin, Colin McCrone  
**Youtube:** Aussie BIMGuru, DiRoots, Rhino.Inside.Revit