

Swiss Supermodel – digitale 3D-Modellierung der Swatch-Fassade

Fabian Scheurer
Design-to-Production
Erlenbach/Zürich, Schweiz



Hanno Stehling
Design-to-Production
Erlenbach/Zürich, Schweiz



Swiss Supermodel – digitale 3D-Modellierung der Swatch-Fassade



Abbildung 1: Das «Kopfende» des SWATCH-Gebäudes bei Nacht

Überblick

Das neue Hauptquartier von Swatch in Biel wurde von Shigeru Ban entworfen und im Oktober 2019 eröffnet. Das vierstöckige Bürogebäude besteht aus einem Stahlbetonbau, der von einer Holzgitterschale überspannt wird. Der Grundriss gleicht einem gut 240m langen Fragezeichen, die ca. 35m breite Gitterschale steigt von rund 8m Höhe hinteren Ende auf rund 26m an der Frontfassade, überspannt eine öffentliche Strasse und liegt auf der Konferenzhalle im obersten Stockwerk des gegenüberliegenden Gebäudes auf Abbildung 1). Die insgesamt rund 11.000 qm grosse Schale ist aus Brettschichtholzträgern aufgebaut, die in zwei Richtungen verlaufen und viereckige Felder von ca. 2x2m Fläche definieren. Die Dachhaut bzw. Fassade besteht aus knapp 2.800 vorgefertigten Fassadenelementen unterschiedlicher Typen (transluzente ETFE-Elemente, transparente Glas-Elemente, opake Elemente mit und ohne Photovoltaik und diverse Subtypen davon). Aufgrund der frei geformten Struktur haben alle Fassadenelemente eine individuelle Geometrie, dasselbe gilt für die rund 4.600 Holzbauteile, aus denen die innen sichtbare Gitterschale besteht.

Design-to-Production war in zwei Phasen an diesem Projekt beteiligt: von 2013 bis 2015 als Fachplaner «Digitale Modellierung» im Auftrag der Bauherrschaft und von 2015 bis 2018 in der 3D-Werkplanung auf Seiten der ausführenden Unternehmen Blumer-Lehmann (Holzbau), Roschmann (Fassade), Oeschger (Sprinkler), KST (Kühlpaneele) und Adunic (Akustiktrennung). Dieser Bericht konzentriert sich auf die wichtigsten Aspekte des parametrischen 3D-Planungsprozesses für die Holzstruktur, angefangen mit der Definition der Referenzgeometrie, über die Koordination und Detailentwicklung bis zur Werkplanung für die digitale Fertigung.

1. Referenzgeometrie

Für die Holzgitterschale war von Beginn an eine digitale Fertigung aus Brettschichtholzträgern vorgesehen, ähnlich den vorhergehenden Projekten von Shigeru Ban (Centre Pompidou in Metz, Nine Bridges Golf Club in Yeosu und La Seine Musicale in Paris). Während bei den Vorgängerprojekten erst nach der Vergabe mit dem Aufbau eines digitalen Modells in Ausführungsqualität begonnen wurde, war hier das Ziel bereits in der Planungsphase ein 3D-Modell der Fassade zu erstellen, welches durchgängig bis zur Produktion verwendet werden konnte. Dementsprechend mussten die Qualitätsanforderungen der CNC-Produktion von Anfang an bei der Modellierung berücksichtigt werden. Erreicht wurde das durch einen mehrstufigen Prozess, aus dem mehrere, aufeinander aufbauende Modelle hervorgingen.

1.1. Referenzfläche

Die globale Form der Holzgitterschale ist durch eine einzige, kontinuierliche NURBS¹-Fläche definiert, aus der alle weiteren 3D-Modelle abgeleitet werden. Um die von Architekten und Ingenieuren definierten Randbedingungen zu erfüllen und eine «glatte» Fläche innerhalb der Produktionstoleranz von 0.1mm zu erreichen, wurde ein iteratives Optimierungsverfahren entwickelt.

Als Ausgangspunkt dienten 8 präzise definierte Querschnitts-Kurven und eine Firstkurve, aus denen ein Feld von 126x10 Kontrollpunkten für die Fläche interpoliert wurde. Diese wurden dann sowohl gegen räumliche Anforderungen wie Grundriss-Linien als auch gegen statisch/konstruktive Anforderungen wie minimale Krümmungsradien geprüft und so lange optimiert, bis alle Randbedingungen erfüllt waren. Das Resultat ist eine hochgradig kontinuierliche («glatte») Referenzfläche, aus der sich weitere Flächen (z.B. Offsets für Schichten innerhalb der Fassade) mathematisch leicht ableiten lassen. Diese Referenzfläche bildete ab April 2014 unverändert die Grundlage für alle 3D-Modelle des Gebäudes. Ein interessanter Effekt dieses Prozesses lässt sich am «Kopf» des Gebäudes erkennen: Da hier der Randträger vom Boden «abhebt» um über die Strasse zu spannen, gibt es für den unteren Bereich der Referenzfläche keine Optimierungs-Bedingungen mehr, so dass ausserhalb des relevanten Fassadenbereichs «Falten» entstehen (Abbildung 2).

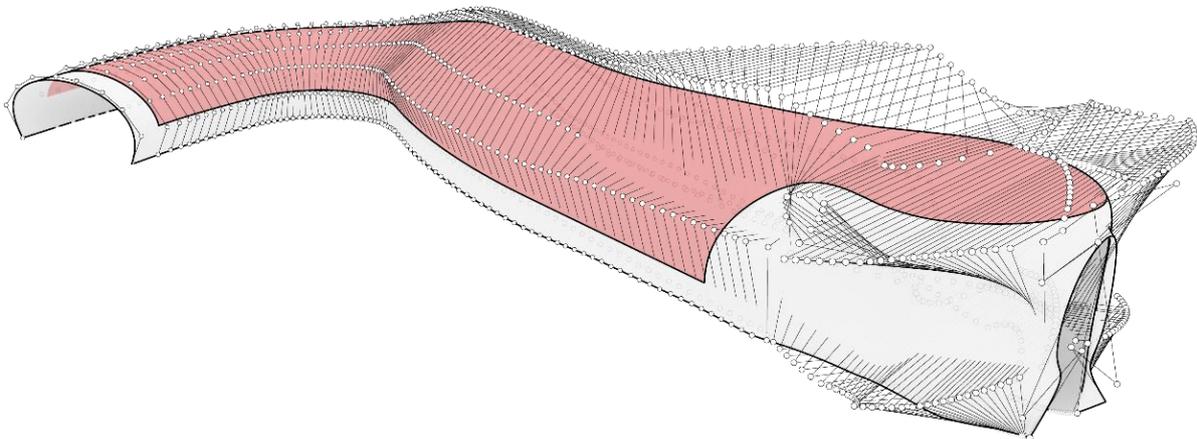


Abbildung 2: Referenzfläche mit Kontrollpunkten, Fläche der Gitterschale in rot

1.2. Achsraster

Der zweite wichtige Teil der Referenzgeometrie ist das Raster der Trägerachsen auf der Referenzfläche. Es besteht aus einem zweisinnigen Gitter mit einer Maschenweite von ca. 2.1 Metern und definiert die oberen Mittelachsen der Holzträger und gleichzeitig die Referenzkanten der viereckigen Fassadenelemente.

¹ NURBS = Non-Uniform Rational B-Spline Surface: ein mathematisches Verfahren zur Beschreibung von kontinuierlich gekrümmten Flächen, entwickelt in den 1960er Jahren in der französischen Automobilindustrie.

Um auf der gekrümmten Fläche eine möglichst gleichmässige Maschengrösse mit ungefähr rechtwinkligen Kreuzungen zu erzielen, wurde ein sogenanntes «Feder-Masse-System» zur Optimierung verwendet. Dadurch konnten die notwendigen Verzerrungen des Gitters über die gesamte Fläche ausgeglichen und gleichzeitig bestimmte Randbedingungen eingehalten werden. So wurde z.B. die Bewegungsfreiheit einiger Knotenpunkte eingeschränkt, um im vorderen Bereich eine Symmetrie entlang der Firstachse zu erhalten. Die Mittelpunkte der Balkonöffnungen und Notausgänge wurden ebenfalls fixiert.

Die lokalen «Anomalien» an den Balkonen – ein wichtiger Bestandteil von Shigeru Bana Design, das an die Form der berühmten Swatch-Uhr erinnert – wurden nach der Optimierung des Rasters hinzugefügt. Die 3x3 Felder rings um jeden der 9 Balkone wurden ersetzt durch Schnitte von vordefinierten Ellipsoiden mit der Referenzfläche und die Kurven dann bis zur notwendigen Kontinuität angeglichen.

Zusammen mit dem Achsraster wurde ein simples und stabiles Nummerierungskonzept für die Fassade entwickelt, das unverzichtbar für die Koordination eines Planungsprozess über mehr als sechs Jahre war: Alle Achsen in der einen Richtung tragen gerade Nummern (aaa), in der anderen Richtung ungerade (bbb). So lassen sich nicht nur die Achsen eindeutig identifizieren, sondern auch die Knoten (aaaxbbb) und letztlich auch die Fassadenfelder (anhand ihres jeweils westlich gelegenen Knotens). Dieses Benennungssystem wurde seit 2013 bis zuletzt für die Identifikation sämtlicher rund 75.000 Bauteile in der Planung und Produktion der Fassade verwendet.

1.3. Lokale Querschnitts-Optimierung

Aus Ingenieurperspektive ist die Gitterschale sehr unterschiedlich leistungsfähig, von statisch günstigen Bereichen mit Bogenträgern bis zu sehr «designgetriebenen» Stellen mit fast senkrecht auf der Schwelle ankommenden Trägern und einem flachen Firstbereich. Eine gleichbleibende Dimensionierung der Träger entsprechend der meistbeanspruchten Stellen hätte an vielen Stellen zu einer überdimensionierten Struktur geführt. Ausserdem musste die «Tiefe» der Fassade minimiert werden, um die nutzbare Geschossfläche und den Lichteintrag zu erhöhen. Dementsprechend wurden für unterschiedlich ausgelastete Bereiche der Struktur unterschiedliche Trägerhöhen zwischen 760 und 925mm definiert.

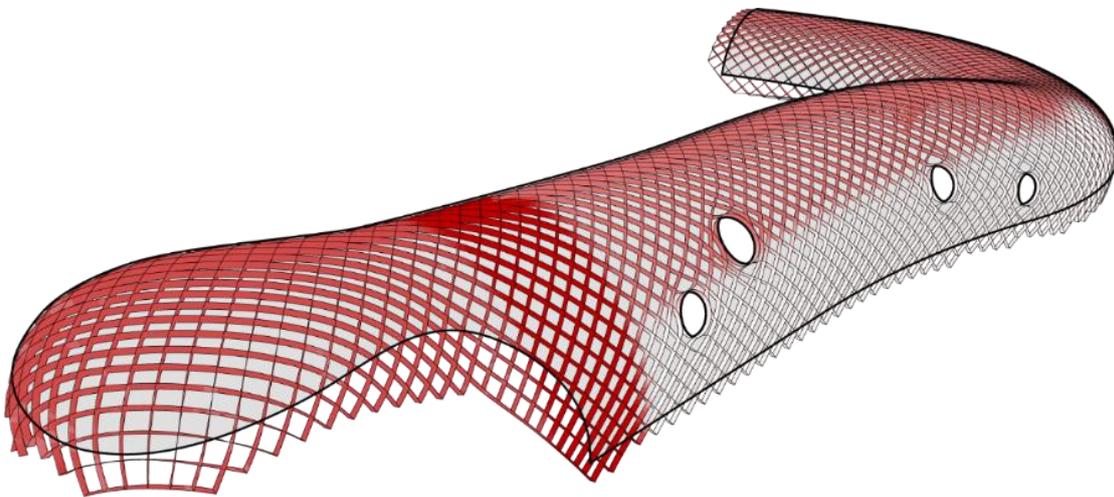


Abbildung 3: Variabler Abstand zwischen der Innen- und Aussenseite der Träger von 760mm (weiss, Büronutzung) bis 925mm (dunkelrot an der Frontfassade)

Damit Innen- und Aussenseite der Schale kontinuierliche Flächen bleiben, mussten die Dimensionsänderungen kontinuierlich ausgeglichen werden (Abbildung 3). Dies wurde durch ein Verfahren erreicht, bei dem mittels einer «Höhenkarte» unterschiedliche Offsetkurven und daraus wiederum NURBS-Flächen erzeugt wurden – insgesamt wurden so nicht weniger als 87 unterschiedliche Referenzflächen für die verschiedenen Schichten von Tragwerk und Fassade erzeugt und in zahlreichen abgeleiteten 3D-Modellen verwendet.

2. Fertigungs- und montagegerechte Konstruktion

Konstruktiv besteht die Gitterschale aus zwei parallelen Trägern in der einen (Lage A und C) und doppelt hohen Trägern in der anderen Richtung (Lage B). Da letztere nicht die volle Höhe der Schale erreichen, werden sie durch kurze Füllstücke ergänzt (Lage D), die nur von einem Knoten zum nächsten spannen (Abbildung 6). Beim Aufbau wurde das Gebäude in 13 Montagesektoren unterteilt. Innerhalb dieser wurden die Trägerlagen A bis D von innen nach aussen und von der Schwelle in Richtung First montiert.

Bei allen vorgefertigten Bauwerken ist die einfache Montierbarkeit ein Schlüsselfaktor und bei freigeformten Strukturen entstehen hier besondere Herausforderungen. Alle Träger der Gitterschale sind gekrümmt und tordiert und folgen der Referenzfläche mit konvexen und konkaven Bereichen, so dass ihre Verbindungen in unterschiedliche Richtungen zeigen. Um trotzdem die Montierbarkeit sicherzustellen, mussten spezielle Verbindungsdetails entwickelt werden.

2.1. Kreuzung

Die Trägerkreuzung basiert auf der traditionellen Blattverbindung, bei der jeweils die Hälfte der kreuzenden Träger ausgenommen wird, so dass sie nach der Montage durchgehend scheinen und Lasten in beide Richtungen übertragen werden. An jeder Kreuzung werden zwei solche Ausblattungen eingesetzt, so dass die doppelte Trägerlage von den beiden einfachen Lagen umgriffen wird.

Diese Verbindung kann in ihrer herkömmlichen Form jedoch nur genau senkrecht zu den beiden Trägerachsen eingefahren werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**Abbildung 4 links). Sobald an einem gekrümmten Träger mehrere Blattverbindungen in unterschiedliche Richtungen zeigen, können diese nicht mehr gleichzeitig eingefahren werden die Montage der Träger ist ab der zweiten Lage unmöglich.

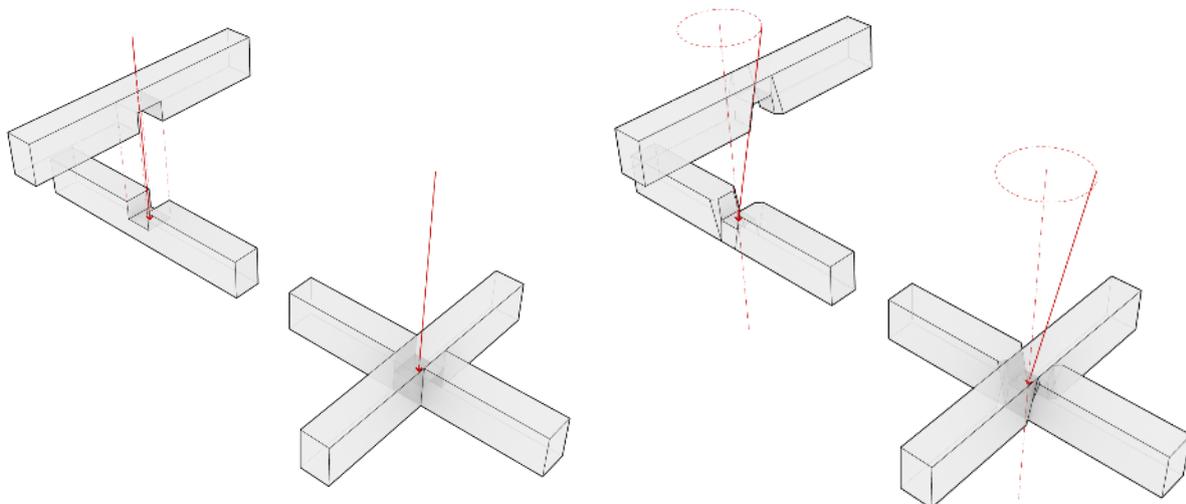


Abbildung 4: die traditionelle Blattverbindung (links) kann nur genau senkrecht eingefahren werden. Die «SkewLap»-Verbindung (rechts) ermöglicht das Einfahren aus einer beliebigen Richtung innerhalb eines Öffnungskonus.

Um diese Einschränkung zu überwinden und Shigeru Bans Wunsch nach einer Holz-Holz-Verbindung zu erfüllen, hat Design-to-Production die «SkewLap»-Verbindung entwickelt, bei der alle «vertikalen» Flächen der Ausblattung um einen definierten Winkel von der Montagerichtung weg gedreht werden. Dadurch öffnet sich die Einfahrriechung zu einem «Einfahr-Konus» (Abbildung 4 rechts). Ein gekrümmtes Trägersegment kann genau dann eingefahren werden, wenn es eine Einfahrriechung gibt, die in den Einfahr-Kegeln all seiner SkewLap-Knoten liegt (Abbildung 5). Im montierten Zustand liegen die Flächen der beiden Knotenhälften wie beim herkömmlichen Blatt aufeinander, so dass eine Kraftübertragung auch quer durch den Knoten stattfindet – nur leicht reduziert durch «fehlende» kleine Dreiecke an den Ecken des Knotens (Abbildung 6).

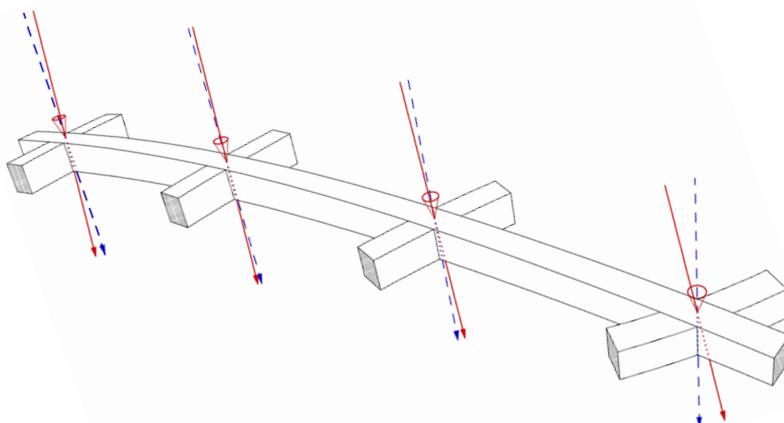


Abbildung 5: Solange es eine gemeinsame Richtung (rot) gibt, die innerhalb aller Einfahr-Kegel eines Trägers liegt, kann das Trägersegment montiert werden.

Zugegebenermassen hat dieser Knoten grossen Einfluss auf das optische Erscheinungsbild der Gitterschale, weil die gedrehten Flächen an den Ecken teilweise sichtbar bleiben und dadurch sogar die Trägerrichtungen ablesbar werden (Abbildung 6, 13). Dieser Umstand wurde allerdings von den Designern am Ende sogar positiv aufgenommen und sie beteiligten sich aktiv an der Definition der Öffnungswinkel.



Abbildung 6: Fertig montierte «SkewLap» Kreuzungen. Die doppelt hohen Träger (horizontal in diesem Bild) werden zur Aussenseite hin durch ein Füllstück ergänzt, welches nur von Knoten zu Knoten spannt und eine geschlossene Fläche zwischen Gitterschale und Fassade herstellt.

Theoretisch wäre es möglich gewesen, die Winkel aller Knoten individuell einzustellen, optimiert für die jeweilige Montagerichtung des Trägersegments. Das hätte allerdings zu einem eher unruhigen Muster von weiten Öffnungen an den Trägerenden und engen in der Trägermitte geführt, was aus ästhetischen Gründen nicht in erwünscht war. Stattdessen wurden vier verschiedene Winkel definiert (6° , 9° , 12° und 14°) und in Abhängigkeit von den geometrischen und statischen Erfordernissen auf ganze Regionen der Gitterschale angewendet.

2.2. Stoss

Im Stoss zwischen den Trägersegmenten kommen Schlitzbleche zum Einsatz, die mit Stabdübeln im Holz verankert sind. Typischerweise werden die Bleche auf der einen Seite im Träger vormontiert und nach dem Setzen des Trägers durch Einschlagen der Dübel mit

der anderen Seite verbunden. Auch hier führt jedoch die komplexe Geometrie zu Einschränkungen, da ein herausragendes Schlitzblech die Einfahrriechtung auf die Schlitzebene festgelegt und die – durch den oben beschriebenen SkewLap-Knoten mühsam gewonnene - Bewegungsfreiheit bei der Montage wieder eingeengt hätte. Beim «Schlussstein» am First wäre die Montage unmöglich gewesen, da die Schlitzlöcher an beiden Enden des letzten Trägersegments gegeneinander verdreht sind.

Daher kam hier eine Variante der Verbindung zum Einsatz, bei der die Schlitzbleche auf beiden Seiten des Stosses vormontiert sind, aber nicht herausragen. Nach dem Setzen des Trägers werden die beiden Enden mit einem dritten Stahlblech verbunden, das konisch ausgeschnitten ist und daher selbstpositionierend in den Schlitz geschoben werden kann. Ein spezieller Fall waren dabei die konkaven Bereiche der Gitterschale: hier hätten sich normal abgeschnittene Trägerenden nach innen geöffnet statt wie sonst zur Aussenseite, so dass ein Einfahren von aussen unmöglich wäre. Das wurde vermieden, indem die Schnittebene zwischen den Segmenten wie beim SkewLap gedreht wurde. Allerdings musste dafür die genaue Montagesequenz schon sehr früh im Prozess definiert werden, da der Winkel des Stossdetails davon abhängig war.

2.3. Segmentierung

Da die innerste Trägerlage der Lage A auf einem Leegerüst positioniert wurde, musste ihre Segmentierung keine Einschränkungen aus der Montage berücksichtigen und wurde auf eine Transportlänge von 13m optimiert. Für die mittleren und äusseren Lagen war die maximale Segmentlänge durch die Richtungen und Öffnungswinkel der Kreuzungsknoten eingeschränkt, was zu einer mittleren Trägerlänge von ca. 7.5m führte.

Die endgültige Positionierung der Stösse erfolgte in zwei Stufen: Zuerst wurde die «harte» Segmentierung an den Grenzen der Montagesektoren und bei starken Krümmungswechseln, wie zum Beispiel an den Balkonen, festgelegt. Danach wurden in einem iterativen Optimierungsprozess die Stösse dazwischen so gesetzt, dass die Toleranzen bei den Einfahrriechtungen möglichst gleichmässig verteilt waren.

3. 3D-Koordination

Die Holzstruktur trägt eine hochinstallierte Bürofassade mit elektrisch betriebenen Sonnenstoren, öffenbaren Elementen und Photovoltaik. Die Glas- und ETFE-Elemente müssen mit konditionierter Druckluft versorgt werden, Heiz-/Kühlpaneele unterhalb der opaken Elemente brauchen Vor- und Rücklauf und der Innenbereich ist gesprinkelt.

Nachdem zu Beginn des Bauprojekts entschieden wurde, auf eine gesonderte Installationsschicht in der Fassade zu verzichten, um die Gesamthöhe der Fassade zu reduzieren, mussten die notwendigen Installationen innerhalb des Holztragwerks untergebracht werden. Dadurch durchdringen die parallel zu den Trägern verlaufenden Leitungen an jedem Knoten das Tragwerk und schwächen so die Holzquerschnitte zusätzlich zu den Ausblatungen der Kreuzungsknoten. Um die Auswirkungen kontrollieren zu können, wurde ein System entwickelt, bei dem die verschiedenen Medien in unterschiedlichen Ebenen im Tragwerk verlaufen (Abbildung 7, Abbildung 8).

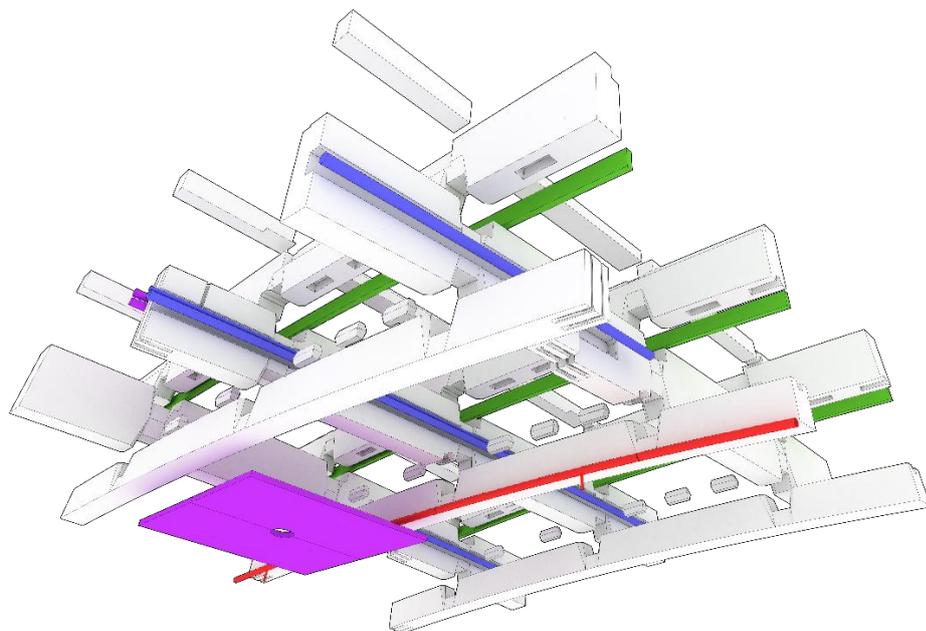


Abbildung 7: Explosionszeichnung der integrierten Leitungsführung: 4-lagiges Holztragwerk (weiss) mit Sprinklerrohren (rot), Luftleitungen (blau). Heiz-/Kühlpaneelen mit Vor- und Rücklauf (lila) und Elektrokanälen (grün)



Abbildung 8: Ausschnitte für Sprinklerrohre entlang eines Trägers. Nach der Montage der Rohre wurden die Ausschnitte mit individuell CNC-gefertigten Deckeln verschlossen, so dass die Stossmuffen der Rohre versteckt sind (rechts).

3.1. 3D-Koordination

Die integrierte Haustechnik, die komplexe Statik und die Vorfertigung des Holzbaus erforderten eine präzise Koordination zwischen allen beteiligten Fachplanern. Gleichzeitig erschwerte aber die Freiform-Geometrie, dass die Planer ihre eigenen 3D-Modelle erstellen und zur Koordination und Kollisionskontrolle zusammenbringen konnten. Stattdessen wurde auf der Basis des Referenzmodells ein Koordinationsmodell von Fassade und Installationen erstellt. Dieses enthielt einerseits ein Hüllvolumen für jedes der 2.792 Fassadenelemente, an dem auch die Anschlusspunkte (Ports) für die notwendigen Medien

definiert waren. Andererseits wurden die Achsen sämtlicher Leitungen inklusive Rohrvolumen gem. Angaben der Haustechnikplaner modelliert, um die korrekte Erschliessung aller Elemente zu garantieren (Abbildung 9).

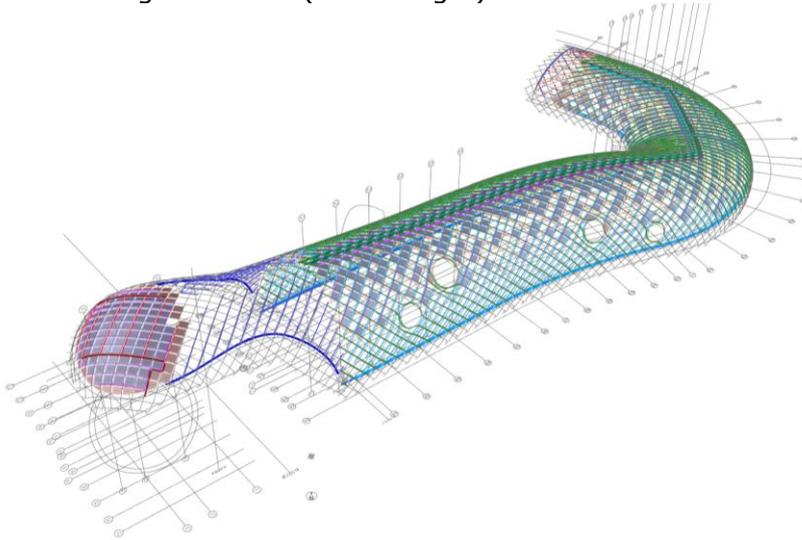


Abbildung 9: 3D-Modell der Installationen in der Fassade

3.2. 2D-3D Abbildung

Um den Planern ein systematisches Arbeiten in 2D zu ermöglichen obwohl es keine Projektionsrichtung gibt, aus der man die gesamte Fassade auf einmal abbilden könnte, wurde parallel zu den 3D-Modellen von Fassade und Installationen ein «abgewickelter» 2D-Plan erstellt. In dieser topologisch korrekten 2D-Darstellung formen die Trägerachsen ein regelmässiges Gitter mit quadratischen Fassadenelementen und stattdessen sind die Gebäudeachsen und Stockwerkskanten verzerrt (Abbildung 10, Abbildung 11).

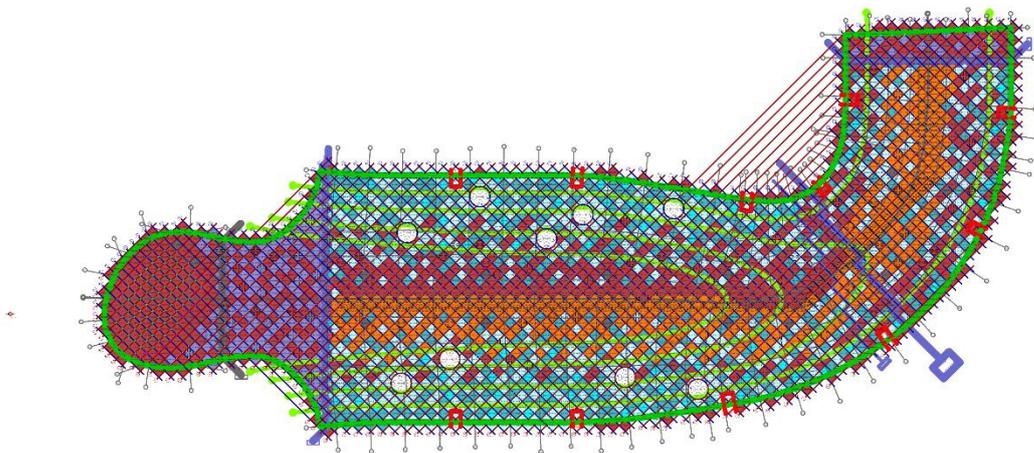


Abbildung 10: Im «Flachplan» bilden Trägerachsen (diagonal), Fassadenelemente (bunte Quadrate), Balkonöffnungen (weisse Kreise) und Notausgänge (rot) ein regelmässiges Raster, während Gebäudeachsen und Stockwerkskanten (grün) verzerrt sind.

Dieses sogenannte «Flat-Grid» wurde automatisch aus den diversen 3D-Modellen erstellt und ermöglichte den Planern die Fassadentypen und Installationen auf schematischer Ebene zu definieren. Diese wurden dann auf der Basis von parametrischen Regeln automatisch zurück in des 3D-Modell übertragen, wo ihre Position und Kollisionsfreiheit überprüft werden konnte. Auf diese Weise wurde ein Grossteil der komplexen 3D-Struktur mit Hilfe von 2D-Darstellungen geplant und koordiniert – unter anderem ca. 5.000 Installations-Ausparungen und Durchbrüche im Holztragwerk.

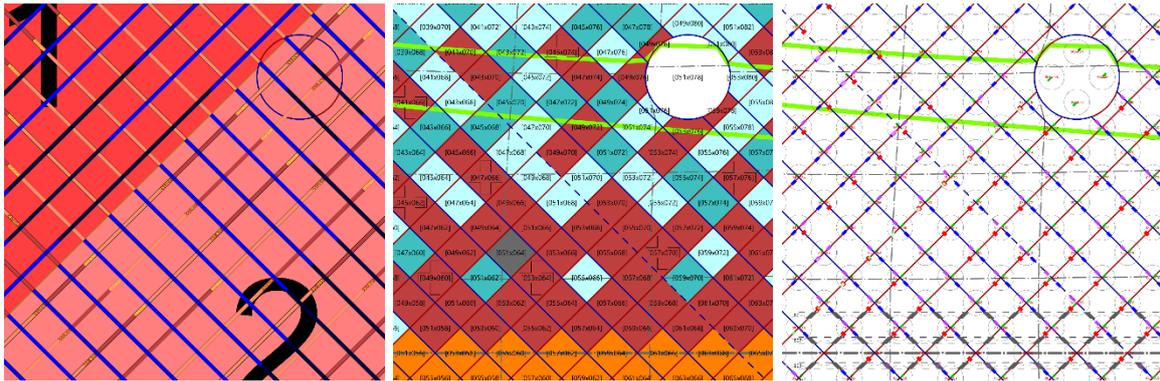


Abbildung 11: Detaillausschnitte des Flachplans mit (v.l.n.r) Segmentierung und Montagerichtung, Elementtypen, Durchbrüche

4. Digitale Fertigung

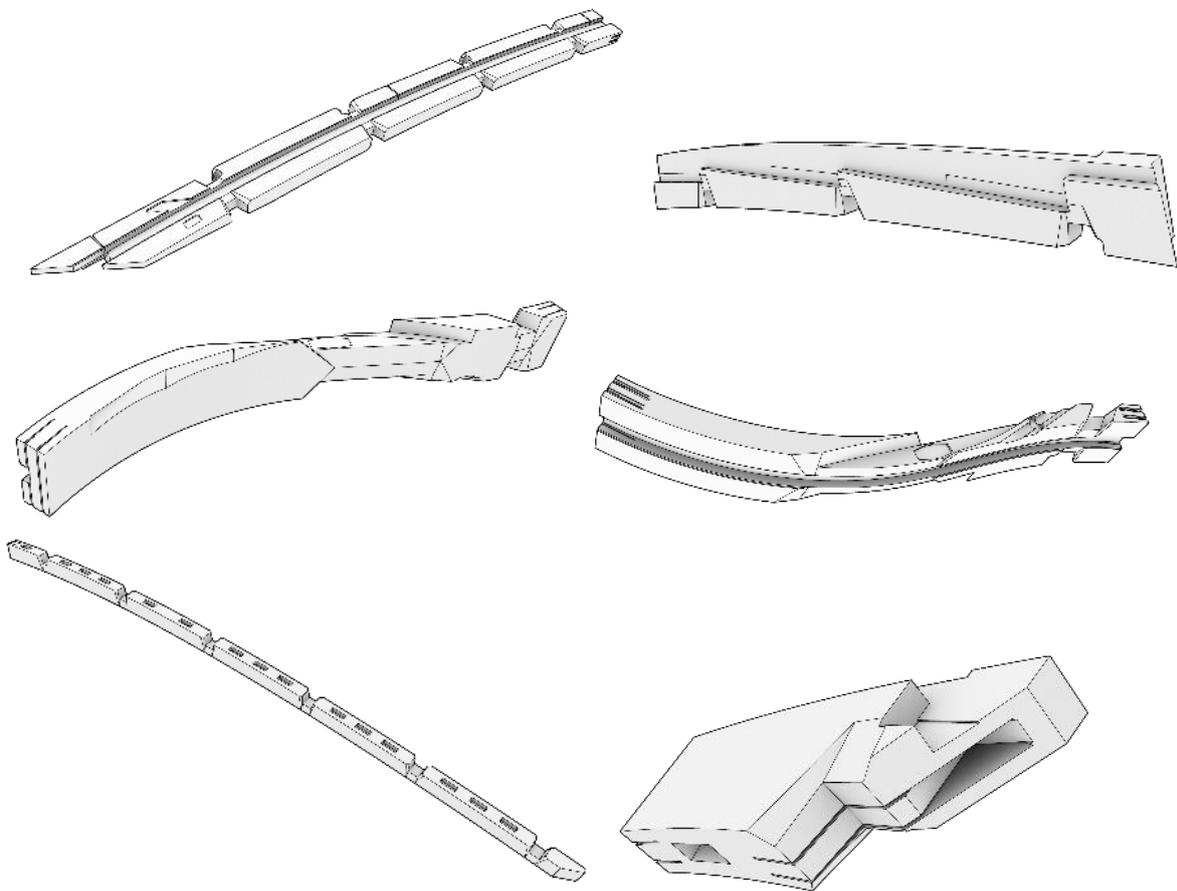


Abbildung 12: Die Vielzahl an Verbindungsdetails und Installationsausschnitten führt zu einer breiten Palette ungewöhnlich detaillierter Holzbauteile

4.1. Parametrisches Detailmodell

Die rund 4.600 Trägersegmente der Gitterschale enthalten eine riesige Bandbreite an Detailbearbeitungen, angefangen von den oben beschriebenen Kreuzungen und Stößen über eingelassene Scherblöcke zwischen den Trägerlagen bis zu Installations-Ausschnitten und Durchbrüchen (einige besonders schicke Beispiele in Abbildung 12). Über 140.000 Schrauben, Bolzen und Verbinder mussten im detaillierten 3D-Modell platziert werden, um später in Bestell-Listen, Produktionsdaten und der Kollisionskontrolle aufzutauchen.

Es versteht sich von selbst, dass ein solches Modell nicht von Hand erstellt werden konnte. Die digitale Modellierung basierte von Anfang an auf einem parametrischen Ansatz, d.h.

es wurden Regeln für die Bauteile und Verbindungen aufgestellt und in Computerprogramme, sog. «Skripts» übersetzt. Diese benutzten die jeweils vorhandenen, wenig detaillierten Modelle (zu Beginn das Referenzmodell) als Eingabedaten um daraus algorithmisch immer höher detaillierte Modelle zu generieren. Für das gesamte Projekt (inklusive Fassade, Installationen und Innenausbau) wurden im Laufe von 6 Jahren insgesamt rund 12MB Programmcode geschrieben, aus dem ca. 18GB Modelldaten und weitere 22GB Ausgabedaten erzeugt wurden.

4.2. Modellbasierte Freigabe

Qualitätsmanagement ist ein essentieller Teil der Modellierung für die digitale Fertigung. Da das digitale Modell von computergesteuerten Maschinen in die Realität übersetzt wird und auch bei der manuellen Nachbearbeitung in der Werkstatt immer nur Einzelteile ohne ihren Kontext bearbeitet werden, fallen Fehler möglicherweise erst bei der Montage auf der Baustelle auf – wo ihr Effekt auf den Terminplan und die Kosten katastrophal sein kann.

Für dieses Projekt wurde daher ein dreistufiger Qualitätssicherungs-Prozess implementiert. Zunächst wurde das parametrische Modell schon während der Erstellung sowohl algorithmisch als auch manuell auf Korrektheit geprüft. Zweitens wurden Listenexporte aus dem Modell generiert, in denen Anzahl und Dimensionen von Bauteilen unabhängig vom 3D-Modell detailliert auf Plausibilität mit anderen Quellen geprüft werden konnten. Drittens wurde eine Sechs-Augen-Prüfung zwischen der digitalen Planung, der Holzbau-Ausführung und den Holzbau-Ingenieuren eingeführt. Dafür wurden «Export-Modelle» für alle Bauteile zusammen mit den jeweils umgebenden Bauteilen generiert und von allen drei Parteien geprüft und kommentiert. Erst wenn alle «Issues» eines Bauteils als «gelöst» markiert und freigegeben wurden, konnte die Fertigung ausgelöst werden. Im Endergebnis wurde eine Fehlerrate von unter einem Prozent erreicht und vor allem traten keine «blockierenden» Situationen auf der Baustelle auf.

5. Schlussfolgerung

Das Projekt SWATCH ist ein erfolgreiches Beispiel für die digitale Planung und Fertigung einer Grossstruktur, die sowohl hinsichtlich ihrer Geometrie als auch der Funktionen und Schnittstellen sehr komplex ist. Die Hauptbeteiligten am vorgestellten Prozess waren Shigeru Ban Architects (Europe) als «Design Architect», Itten Brechbühl als «Local Architect», Création Holz als Holzbau-Berater, Hayek Engineering als Bauherrenvertretung, SJB-Kempter Fitze als Holzbau Ingenieure, Blumer-Lehmann als Holzbauer und Design-to-Production für den digitalen Planungsprozess.

Leider ist ein derart durchgängiger digitaler Prozess von einer frühen Projektphase bis zu Produktion und Montage noch immer eine Seltenheit. Bisher markieren Ausschreibung und Vergabe meist einen Punkt im Prozess, an dem die digitale Kette unterbrochen ist und nach dem Produktionsmodelle von den Ausführenden von Grund auf neu erstellt werden. Ein Grund dafür ist auch, dass Building Information Modelling (BIM) bis heute (wenn überhaupt) vor allem auf Fragen der Koordination für konventionelle Bauprozesse abzielt. Die Informations- und Qualitätsansprüche, die sich aus Vorfertigung und Montage ergeben, lassen sich heute weder mit den vorhandenen Werkzeugen noch den Prozessen adäquat in Gebäudemodellen abbilden. Das verhindert leider, dass die Bauindustrie mit Hilfe neuer, digitaler und industrialisierter Prozesse die rasante Produktivitätssteigerung anderer Industrien nachvollziehen kann. Der Holzbau wäre hier mit seinem hohen Vorfertigungsgrad und den bereits weitgehend eingeführten, digitalen Produktionsmethoden eigentlich am besten aufgestellt, wartet aber bisher vergeblich auf brauchbaren digitalen Input aus frühen Projektphasen.

Um diesen Input liefern zu können, müssen die Anforderungen vom «Schwanzende» des Prozesses nach vorne zu den Planern geschafft werden, denn ohne ein definiertes Ziel gleicht der digitale Planungsprozess oft einem Schuss mit der Schrotflinte: es werden schon früh riesige Mengen von Information erzeugt, die aber am Ende weder konsistent noch präzise genug für die Übernahme in die Ausführung sind.

Wir haben in diesem Projekt eine umgekehrte Strategie verfolgt, bei der die frühen digitalen Modelle so schlank wie möglich gehalten wurden, um bei Änderungen schnell reagieren und die Konsistenz sicherstellen zu können – so dass die Qualität des zentralen

Referenz- und Koordinationsmodells stets auf Ausführungsniveau gehalten werden konnte. Das ist zu Beginn relativ aufwändig, zahlt sich aber in späteren Projektphasen aus, wo sich der Prozess auf mehrere, parallel weiterplanende Ausführende aufspaltet und grundlegende Änderungen exponentiell grössere Auswirkungen für die Koordination haben. Nun stellt sich die Herausforderung, die Erkenntnis aus solch aussergewöhnlichen Projekten wie SWATCH auch für den «Standard-Holzbau» gewinnbringend einzusetzen: BIM to Fabrication!



Abbildung 13: Gitterschale während der Installation (Mai 2017)



Abbildung 14: Gitterschale mit Balkonöffnung während der Montage, Blick von Innen. SkewLap-Knoten und verschiedene Installationsausschnitte sind gut zu sehen (März 2017)



Abbildung 15: Blick von unten in das Dach über der Strasse. Die «Schweizerkreuze» sind nicht nur Ornament sondern wirken im Innenraum auch als Akustik-Paneele.



Abbildung 16: Vier der neun Elementtypen (ETFE, Glas, Opak, PV, öffentbare ETFE) und die Balkone in der Fassade.