

Integral

Themenbrief für digitales Planen und Bauen, November 2019



Pilotprojekt für parametrische Planung

Wird heute von der Digitalisierung im Planungsprozess gesprochen, denken die meisten an BIM. Noch weniger verbreitet, aber mindestens ebenso vielversprechend ist die parametrische Planung. Sie ermöglicht eine gänzlich neue Formsprache bei gleichzeitig optimierter Funktionalität. Erst dank neuartiger Bauverfahren lassen sich die aussergewöhnlichen Entwürfe auch umsetzen. Einblick in ein Pilotprojekt.

Ein offener Pavillon überspannt die neue Terrasse des Geschäftshauses von Basler & Hofmann in Esslingen. Die ungewöhn-

liche architektonische Form zieht die Blicke sofort auf sich: Eine geschwungene, wabenartige Holzkonstruktion bildet das Dach, das fast frei zu schweben scheint. Erst beim Näherkommen nimmt man die organisch geformte Betonstütze wahr, auf der es ruht. «Future Tree» nennt das Planungsteam den Pavillon – und das zu Recht, denn sowohl die Entwurfs- und Planungsmethodik als auch die Ausführungsverfahren kommen direkt aus dem Forschungslabor. Der «Zukunftsbaum» entstand in einer Entwicklungspartnerschaft zwischen Basler & Hofmann und Gramazio Kohler Research, Professur für Architek-

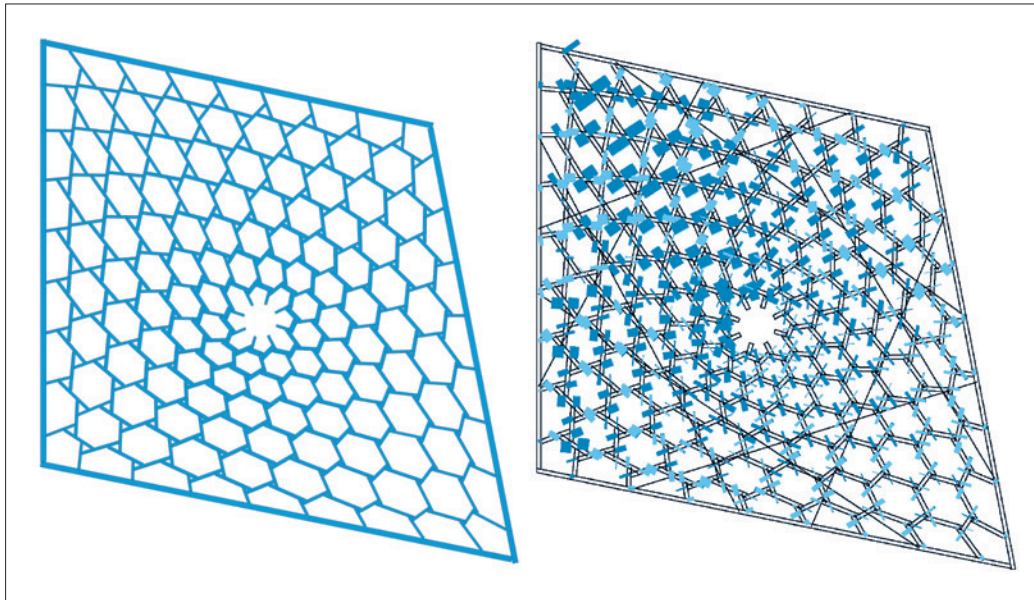
Fortsetzung auf Seite 2 →

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser

Architektur entsteht in einem Spannungsfeld von Ästhetik, Funktionalität, Ökologie und Wirtschaftlichkeit. Diese Pole werden im Laufe eines Bauprojekts immer wieder gegeneinander abgewogen – denn klar ist: Es gibt kaum eine Lösung, die in allen Aspekten das Optimum erreicht. Der Planungsprozess, wie wir ihn heute kennen, verläuft sequenziell: Die Bauherrschaft gibt Ziele und Randbedingungen vor, die Architektin macht den Entwurf, der Ingenieur entwickelt sinnvolle technische Lösungen, die der Unternehmer möglichst wirtschaftlich umsetzt. Wie wäre es, wenn stattdessen alle Beteiligten zu Beginn der Planung gemeinsam die Anforderungen definieren würden, die ein Objekt zu erfüllen hat? Und wie wäre es, wenn dann ein Algorithmus alle Varianten ausgeben würde, die diese Anforderungen optimal erfüllen? Und die Beteiligten dann aus der Vielfalt der Lösungen die beste Variante auswählen und weiter entwickeln könnten? Genau diese Möglichkeit bietet das parametrische Planen. Das Vorgehen ermöglicht hochkomplexe Strukturen, wie man sie bisher nur von Prestigebauten kannte. Dank der rasanten Entwicklung in Software und Fertigungstechnik erlebt die Methode derzeit eine Demokratisierung und steht somit auch für «Alltagsbauten» zur Verfügung. Das eröffnet Architekten und Planern neue Denkräume und Bauherren neue Möglichkeiten – wie die Beispiele in dieser Ausgabe zeigen. Wir freuen uns darauf!

Mathias Kuhn
Leitender Experte Digitale Planung



Links: Die Geometrie der Krone. Das parametrische Modell wurde mit der Software zur Simulation des Tragverhaltens verbunden. Rechts: Darstellung der maximalen Anschlusskräfte in Längsrichtung.

Fortsetzung von Seite 1

tur und Digitale Fabrikation an der ETH Zürich, und der Firma Erne Holzbau.

«Beim Future Tree kommen sowohl die Entwurfs- und Planungsmethodik als auch das Ausführungsverfahren direkt aus dem Forschungslabor.»

Die Idee des «Future Tree»

Der Future Tree ist Teil eines Anbaus, mit dem das Ingenieurunternehmen sein bestehendes Geschäftshaus um eine Cafeteria und zwei Bürogeschosse erweitert hat. Der im Juli 2019 bezogene Erweiterungsbau liegt auf der Rückseite des bestehenden Gebäudes und bildet mit seinen beiden Seitenflügeln einen spitzen Winkel. Dadurch entsteht ein Innenhof, der einen idealen Raum für eine interessante architektonische Form bietet. Hier sollte ein offener Aussenpavillon entstehen, der sowohl die Blicke aus dem Erdgeschoss als auch aus den darüberliegenden Stockwerken auf sich zieht. Das Architektenteam an der ETH Zürich entwickelte eine baumähnliche Konstruktion, die aus einer geometrisch komplexen «Krone» – einem Hebelstabwerk aus Holz – und einer ungewöhnlich geformten und strukturierten Betonstütze besteht. Geometrisch komplexe Formen sind mit konventionellen Planungs- und Baumethoden nur mit enormem Aufwand zu realisieren und waren bisher Prestigebauten vorbehalten. Das

parametrische Planen und neue Baumethoden eröffnen diese Formenwelt nun auch für alltäglichere Bauobjekte.

Parametrische Planung der «Krone»

Anders als bei einem herkömmlichen Entwurfs- und Planungsprozess wird bei einer parametrischen Planung die gewünschte Konstruktion nicht gezeichnet, sondern programmiert. Die Entwurfsabsicht wird anhand verschiedener Parameter in einem Programmcode erfasst. So entsteht ein parametrisches Modell des Bauvorhabens. Einige Parameter sind fix vorgegeben, wie zum Beispiel die Abmessungen des Pavillons, andere können, wenn das Modell einmal erstellt ist, beliebig variiert werden. Die Dachstruktur des Future Tree besteht aus so genannten reziproken Knoten. Im parametrischen Modell konnten zum Beispiel Maschenweite, Knotengrösse und Wölbung verändert und damit die gesamte Geometrie der Struktur automatisch angepasst werden. Da das Modell mit den statischen Programmen verknüpft war, konnte schnell überprüft werden, welche Auswirkungen eine Veränderung in der Geometrie auf das Tragverhalten hat. Auf diese Weise wurden in einem iterativen Prozess architektonischer Entwurf und Tragverhalten aufeinander abgestimmt und optimiert. So sind zum Beispiel die Knoten im Bereich der Auskragung grösser, um der Struktur dort mehr Steifigkeit zu verleihen. Kaum ein Knoten in der «Krone» des Future Tree gleicht einem anderen. Die Vorspannkabel konnten so angeordnet werden, dass die aus Schraubverbindungen bestehen-

den Anschlüsse der Holzkonstruktion möglichst wenig beansprucht werden. Das parametrische Modell ermöglichte es zudem, die 30 Zentimeter langen Schrauben in der komplexen Geometrie kollisionsfrei zu platzieren.

Das parametrische Modell – ein Gemeinschaftswerk

Das parametrische Planen löst auch Veränderungen im Planungsprozess aus: Während beim konventionellen Vorgehen Architektin, Ingenieur und Unternehmer sequenziell oder abwechselnd tätig sind, verlangt der parametrische Planungsprozess eine kontinuierliche Zusammenarbeit – auch mit der Bauherrschaft. Im parametrischen Modell werden sämtliche Informationen zum Entwurf, zur Statik und zur Fertigung aufgenommen und abgestimmt. Damit Fertigungsdaten wie zum Beispiel Vorbohrungen bereits in das Modell einfließen können, ist selbst die Fertigungsplanung bereits Teil der Entwurfsphase. Das parametrische Modell wird so zum Gemeinschaftswerk, das eine nahtlose Prozesskette vom Entwurf bis zur Montage ermöglicht.

«In einem iterativen Prozess wurden architektonischer Entwurf und Tragverhalten optimiert.»

Automatisierte Bauverfahren

Die parametrische Planung erzeugt hochkomplexe Strukturen, die in der notwendigen Präzision von Menschen-

hand allein kaum mehr gebaut werden können. Die Entwicklung der parametrischen Planung geht deshalb eng einher mit dem Einsatz von Robotern im Bauwesen. Die Daten aus dem parametrischen Modell des Future Tree flossen direkt an die Produktionsmaschinen bei der Erne Holzbau. Der Roboter sägt, bohrt und positioniert die Holzstangen entsprechend dem Modell, der Mensch überwacht den Prozess und übernimmt die finale Verschraubung der Elemente.

«Geometrisch komplexe Formen waren bisher Prestigebauten vorbehalten.»

Extrem dünne Schalung aus dem 3-D-Drucker

Um den Übergang zwischen dem Beton-«Stamm» des Future Tree und der Holzkonstruktion des Pavillons möglichst fließend zu gestalten, war für die Betonstütze eine aussergewöhnliche Formgebung gewünscht. Ungewöhnliche Betonstrukturen verlangen bei einer herkömmlichen Bauweise eine aufwändige Schalungskonstruktion. Die Schalung wird dabei zu einem eigenständigen Kunstwerk, das letztlich jedoch nur «Abfall» ist. Forscherinnen und Forscher Gramazio Kohler Research haben gemeinsam mit dem Forschungsteam der Professur für Physikalische Chemie von Baumaterialien an der ETH Zürich ein

neues Verfahren entwickelt, mit dem auf effiziente Weise aussergewöhnliche neue Formen im Stahlbetonbau realisiert werden können. Die Geometrie der Stütze wurde ebenso wie das Holzdach parametrisch geplant. Die Daten aus dem Modell wurden direkt an einen 3-D-Drucker übermittelt, der die Schalung der Stütze aus Kunststoff druckte. Diese Schalung ist nur 1,5 Millimeter dünn und wird zu Recht «Eggshell» genannt. In eine derart fragile Schalung kann kein herkömmlicher Beton gefüllt werden. Der Druck des Frischbetons würde die Schalung zerstören. Die Materialwissenschaftler der ETH Zürich entwickelten daher eine Betonmischung, die sich durch eine hohe Frühfestigkeit auszeichnet. Die Stütze des Future Tree erhielt dank des Eggshell-Verfahrens eine organische Form mit einer feingliedrigen Gitterstruktur, die mit einer herkömmlichen Schalung nicht hätte realisiert werden können. Die Schalung selbst kann eingeschmolzen und wiederverwendet werden.

«Eine solche Struktur kann von Menschenhand allein kaum mehr gebaut werden.»

Aus Forschung wird gebaute Realität
Im Oktober 2019 wurden die Bauteile des Future Tree nach Esslingen transpor-

tiert und vor Ort montiert. Auch wenn es sich um ein vergleichsweise kleines Objekt handelt, konnte damit doch der Nachweis erbracht werden, dass die neuen Entwurfs-, Planungs- und Bauverfahren nicht nur im Labor, sondern auch für ein «reales», gebrauchstaugliches Bauobjekt eingesetzt werden können. Der Future Tree gibt eine erste Ahnung davon, was mit diesen Methoden in Zukunft noch möglich sein wird.

Projektbeteiligte

Bauherrschaft: Basler & Hofmann AG
Architektur und Technologie: Gramazio Kohler Research, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich
Baustatik und Konstruktion: Basler & Hofmann AG
Erne AG Holzbau / SJB Kempfer Fitze AG
Entwicklung Bauverfahren und Produktion Holzbau: Erne AG Holzbau
Entwicklung Bauverfahren und Produktion Betonstütze: Gramazio Kohler Research, ETH Zürich, Professur für Physikalische Chemie von Baumaterialien, ETH Zürich
Architektur Erweiterungsbau: Stücheli Architekten

Ihre Ansprechpartnerin

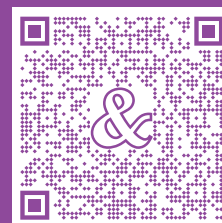
Sanja Hak
Bauingenieurin
T 044 387 13 64
sanja.hak@baslerhofmann.ch

Ungewöhnliche Betonskulptur: Die Schalung aus dem 3-D-Drucker ermöglicht eine feine Mikrostruktur. Bauingenieurin Sanja Hak ist begeistert vom Ergebnis des Gemeinschaftsprojekts.



Videos zu den Pilotprojekten von Basler & Hofmann

Wie ist der «Future Tree» entstanden? Wie wurden die Akustikwände montiert? Und welche weiteren neuartigen Planungs- und Bauverfahren kamen beim Erweiterungsbau von Basler & Hofmann zum Einsatz? Erfahren Sie mehr in unserer Videoserie.



Ästhetik und Akustik im Einklang

Die «Akustikwände» in der neuen Cafeteria von Basler & Hofmann bilden einen einzigartigen ästhetischen Blickfang. Zugleich sorgen sie für eine optimierte Raumakustik. Möglich war dies durch die Verbindung von parametrischer Planung, Akustiksimulation und digitalen Fertigungsmethoden – mit eindrücklichen Resultaten.

Am Anfang war nur eines klar: In der neuen Cafeteria im Geschäftshaus von Basler & Hofmann in Esslingen sollten Akustikelemente zum Einsatz kommen, die mit neuartigen digitalen Planungs- und Fertigungsmethoden erstellt werden. Die Elemente sollten einen ästhetischen Blickfang bilden und zugleich für eine exzellente Raumakustik sorgen. Form, Material und Fertigungsmethode waren offen. In einem iterativen Entwurfs- und Planungsprozess zwischen Gramazio Kohler Research, der Professur für Architektur und Digitale Fabrikation an der ETH Zürich, Erne Holzbau und den Akustikingenieuren von Basler & Hofmann nahmen die «Akustikwände» allmählich Form an. Es handelt sich dabei um drei Wände, die aus mehr als 8500 identischen Holzelementen beste-

hen. Die Elemente sind so angeordnet, dass mit dem Wandern des Lichts durch den Raum im Tagesverlauf ein stetig neues Spiel aus Licht und Schatten entsteht. So ungewöhnlich wie die Wände war auch ihr Entstehungsprozess.

Optimierte Anordnung

Die Akustikwände wurden von Forschenden der ETH Zürich parametrisch entworfen – das heisst, sie wurden nicht wie in einem herkömmlichen Planungsprozess gezeichnet, sondern anhand der relevanten Parameter programmiert. Auf diese Weise lassen sich innert kürzester Zeit unzählige Gestaltungsvarianten generieren. Doch welche Form hat die besten akustischen Eigenschaften? In einer Cafeteria ist eine gute Sprachverständlichkeit auf kurze Distanz wichtig. Zugleich sollen Flatterechos zwischen den grossflächigen Verglasungen verhindert werden. Die Akustikwände beeinflussen die Akustik zum einen durch bewusst gestaltete «Lücken» zwischen den Holzelementen. Die Schallenergie wird durch den dahinterliegenden Hohlraum absorbiert. Zum anderen sorgt der räumliche Versatz der Elemente für eine diffuse Streuung des Schalls. Die Akustikingenieure simulierten diese Wirkungen an verschiede-

nen Entwurfsvarianten. So wurde die ästhetisch und funktional optimale Anordnung der Holzelemente bestimmt.

Eindrückliche Wirkung

Mit einem herkömmlichen, zweidimensionalen Plan wäre jedoch kaum ein Mensch in der Lage, ein derart komplexes Muster zu bauen. Eine Augmented-Reality-Anwendung, die Forschende der ETH Zürich entwickelt haben, visualisierte den Monteuren die exakte Position jedes Bauelements und ermöglichte die exakte Schichtung der Holzelemente. Die Wände prägen heute den Raum mit ihrer einzigartigen Ästhetik, überzeugen aber auch akustisch: Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit sind sogar besser als erwartet. Auch tiefe Frequenzen unterhalb von 250 Hertz werden gut gedämpft, was bisher nur mit sehr kostspieligen Tieftonabsorbieren oder grossen Aufbauten zu erreichen war. Die Vorgehensweise eröffnet also noch viel Potenzial für die unterschiedlichsten Herausforderungen in der Raumakustik.

Ihr Ansprechpartner

Jens Schuster, Experte Bauphysik
T 044 387 13 43
jens.schuster@baslerhofmann.ch

Spiel aus Licht und Schatten: Die Wände sorgen für eine optimale Raumakustik.



Bauherrschaft und Projektleitung:

Basler & Hofmann AG

Architektur und Parametrisierung:

Gramazio Kohler Research, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich

Entwicklung AR-Montagesystem:

Robotic Systems Lab, Institut für Robotik und Intelligente Systeme, Zürich, und Gramazio Kohler Research, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich

Fachplaner Akustik: Basler & Hofmann AG, Strauss Elektroakustik GmbH

Realisierungspartner: Erne AG Holzbau

Impressum

Adress-/Zuständigkeitsänderungen an:
Newsletter@baslerhofmann.ch

Herausgeber: Basler & Hofmann AG, www.baslerhofmann.ch
Redaktion: Dorothee Braun **Gestaltung:** Caroline Aebi

Fotos: Stefan Kubli
Auflage: 8000