



Die fünf geometrisch komplexen Holzschalen werden im Fertigungslabor der ETH Zürich gebaut. Im Frühjahr wird die 22,5 Meter hohe architektonische Skulptur aufgerichtet und bepflanzt.

## Fertigungstechnik

# Roboter bauen neue hängende Gärten

Computermodelle erschliessen neue Gestaltungsspielräume mit oft überraschenden Geometrien. Mit Hilfe künstlicher Intelligenz und kooperierenden Robotern entstehen im Fertigungslabor der ETH Zürich die Bauteile für eine bepflanzte architektonische Skulptur.

Von Vanessa Bleich\*



Bild: Pascal Bach / Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

Im Labor können Gestaltungsprozesse und Fertigungsschritte getestet werden. Dabei wird die konventionelle Herangehensweise umgekehrt.

**F**ür den Tech Cluster Zug entwerfen und erstellen Forschende aus der Gruppe der ETH-Architekturprofessoren Fabio Gramazio und Matthias Kohler zusammen mit Müller Illien Landschaftsarchitekten, Timbatec und weiteren Partnern aus Industrie und Forschung eine bepflanzte architektonische Skulptur. Die 22,5 Meter hohe Struktur besteht aus fünf geometrisch komplexen Holzschalen, die – leicht zueinander versetzt – von acht schlanken Stahlstützen getragen werden. Das Design und die Fertigung der Skulptur, die nach den hängenden Gärten der Semiramis aus der Antike benannt ist, werden mit neuartigen digitalen Methoden umgesetzt. Diese wurden im Rahmen des Projektes entwickelt.

## KI schlägt intelligentes Design vor

Im klassischen Entwurfsprozess versuchen Architektinnen und Architekten, die un-

terschiedlichen Anforderungen an ein Gebäude oder eine Struktur im Entwurf zu berücksichtigen, und passen diesen dann solange an, bis alle Ansprüche möglichst gut erfüllt sind. Einen anderen Ansatz verfolgt das Projekt Semiramis, indem das Vorgehen sozusagen von den Füßen auf den Kopf gestellt wird. Ein massgeschneiderter Machine-Learning-Algorithmus, der in Zusammenarbeit mit dem Swiss Data Science Center entwickelt wurde, zeigte den Forschenden ausgeklügelte Gestaltungsmöglichkeiten auf.

Die Vorschläge unterschieden sich hinsichtlich der Formen der Schalen und deren räumlicher Anordnung zueinander. Zugleich kann aufgezeigt werden, wie sich das jeweilige Design auf einzelne Zielgrößen wie beispielsweise die Beregnung der Schalen auswirkt. «Das Computermodell ermöglicht es uns, den konventionellen Gestaltungsprozess umzukehren und

den gesamten Gestaltungsspielraum für ein Projekt zu explorieren. Dadurch entstehen neue, oft überraschende Geometrien», sagt Matthias Kohler, Professor für Architektur und digitale Fabrikation an der ETH Zürich.

Im «Immersive Design Lab», einem Labor für erweiterte Realität auf dem Campus Hönggerberg, konnten die Forscherinnen und Forscher die Entwürfe dreidimensional erkunden und in Echtzeit gemeinsam daran weiterarbeiten. Eine gemeinsam mit dem Computational Robotics Lab der ETH entwickelte Software ermöglicht es ihnen zudem, die Entwürfe der Holzschalen auf einfache Weise anzupassen. Verschieben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beispielsweise einen einzelnen Punkt innerhalb der Geometrie einer der Schale, die sich aus rund 70 Holzplatten zusammensetzen, passt die Software die gesamte Geometrie an. Gleichzeitig berück-



Bild: Pascal Bach / Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

In einer Art hochpräzisen «Tanz» platzieren vier hängende Roboterarme gemäss Computerentwurf Holzplatten im Raum, ohne sich dabei in die Quere zu kommen. Dafür sorgt ein Algorithmus.

die Platten schliesslich gemäss Computerentwurf im Raum. Ein Algorithmus berechnet die Bewegungen der Roboter auf eine Weise, dass es bei der Fertigung zu keinen Kollisionen kommt. Haben die Maschinen jeweils die vier Holzplatten nebeneinander platziert, werden diese von Handwerkerinnen und Handwerkern zuerst temporär verbunden und danach mit einem speziellen Giessharz verleimt. Schliesslich werden jeweils zwischen 51 und 88 Platten zu einer Holzschale zusammengefügt.

Im Gegensatz zur traditionellen Holzbauweise hat die robotische Fertigung mehrere Vorteile: Zum einen nehmen die Roboter dem Menschen das schwere Heben und das exakte Positionieren ab, zum anderen kann im Montageprozess auf aufwendige, ressourcenintensive Unterkonstruktionen verzichtet werden.

### Symbol für die Zusammenarbeit

Die robotische Vorfabrikation läuft derzeit auf Hochtouren. Die einzelnen Schalensegmente werden laufend auf Lastwagen nach Zug überführt und die architektonische Skulptur dann im Frühjahr 2022 aufgerichtet und schliesslich bepflanzt. Ab Sommer 2022 wird es möglich sein, die Holzstruktur vom Boden und den Gebäuden aus zu betrachten und einen Blick in die begrünten Schalen schweifen zu lassen.

Für Matthias Kohler hat das Projekt aber bereits jetzt seinen Wert bewiesen: «Semiramis hat als Leuchtturmprojekt der Architekturforschung Menschen innerhalb und ausserhalb der ETH zusammengeführt und heute massgebende Forschungsthemen wie interaktives Architekturdesign und digitale Fabrikation vorangetrieben», sagt Kohler. ■

\* Der Beitrag ist zuerst in den ETH-News erschienen (<https://ethz.ch>).

sichtigt sie die relevanten Fertigungsparameter wie beispielsweise das maximal mögliche Gewicht einer Platte und generiert so stets die effizienteste und belastbarste Konfiguration.

### Paartanz für höchste Präzision

Der beste Entwurf wird derzeit im robotischen Fertigungslabor der ETH Zürich realisiert. Stets im Gleichtakt nehmen vier hängende Roboterarme die ihnen zugewiesene Holzplatte auf, führen eine Art hochpräzisen «Tanz» aus und platzieren

## Industrie- und Forschungspartner

Auf Forschungsseite involviert sind Gramazio Kohler Research und das Institute for Timber Structures sowie das Computational Robotics Lab der ETH Zürich. Ein weiterer Forschungspartner ist das Swiss Data Science Center, ein Joint Venture von EPFL und ETH.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Müller Illien Landschaftsarchitekten GmbH sowie der Timbatic Holz-

bauingenieure Schweiz AG ausgeführt. Als Generalunternehmerin zeichnet die Erne AG Holzbau verantwortlich. Zu den Industriepartnern zählen die TS3 AG sowie die Intrinsic, einer Tochtergesellschaft von Alphabet, welche zum Ziel hat, die Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz in die Industrierobotik zu überführen. Die Bauherrschaft liegt bei der Urban Assets Zug AG. (vb)