

## Hintergrundinformationen

Semiramis, Tech Cluster Zug, 2021-2022

## Kerninnovationen

Zürich, 23. November 2021

Das Herzstück des neu entstehenden Tech Clusters in Zug wird eine 22,5 Meter hohe architektonische Holzstruktur sein, die von Gramazio Kohler Research in Kooperation mit Müller Illien Landschaftsarchitekten und Timbatec entworfen und hergestellt wird. Semiramis, deren Name von den lebenden Gärten und der exklusiven Interaktion mit der Natur inspiriert ist, zeichnet sich durch zahlreiche Forschungs- und Industriekooperationen innerhalb und ausserhalb der ETH Zürich aus. Semiramis treibt die neusten Innovationen in den Bereichen maschinelles Lernen, interaktives Architekturdesign und digitale Fabrikation voran. Die folgenden vier Kerninnovationen wurden im Rahmen des Projektes entwickelt:

### 1) Entwerfen mit maschinellem Lernen

Forschende von Gramazio Kohler Research haben Semiramis und seine fünf charakteristischen Schalen mit Hilfe eines maschinellen Lernmodells entworfen. Dieses wurde in Zusammenarbeit mit dem Swiss Data Science Center eigens für das Projekt entwickelt. Der sogenannte Autoencoder – ein künstliches neuronales Netz – wurde so trainiert, dass er sowohl die Form und die räumliche Anordnung der Schalen als auch die daraus resultierende Leistung in Bezug auf Sonnenschutz, Regenschutz und bepflanzbare Fläche abbildet. Diese Methode der Entwurfsexploration ermöglicht es dem Architekten oder der Architektin, den konventionellen Entwurfsprozess umzukehren und neue und unerwartete Geometrien zu entwerfen, die noch dazu alle geforderten Zielgrössen erfüllen. Auf ein mühsames manuelles Anpassen der Geometrien, bis sie ein bestimmtes Ziel erreichen, kann so verzichtet werden. Die Architektin oder der Architekt kann sich voll auf die Gestaltung und die Exploration des Entwurfsspielraums konzentrieren. Dank der Infrastruktur des Immersive Design Labs der ETH Zürich konnten die Forschenden die grosse Vielfalt der vorgeschlagenen Entwürfe in voller Grösse und in 3D-gereinigten Varianten erkunden.

### 2) Interaktives Entwurfswerkzeug

In Zusammenarbeit mit dem Computational Robotics Lab der ETH Zürich entstand ein interaktives Designtool. Dieses wurde in eine bestehende 3D-Modellierungssoftware integriert, wie sie Architektinnen und Architekten täglich beim Entwerfen einsetzen. Das Tool erlaubt es, mehrere Kriterien parallel zu

optimieren. Konkret ermöglichte die Software den Forschenden von Gramazio Kohler, die komplexe Geometrie der facettierten Schalen, die aus verschiedenen dreieckigen und n-gonalen Teilen bestehen, einfach anzupassen. Die Software stellt dabei sicher, dass die einzelnen Holzplatten eben bleiben, ihre Grösse einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreiten und gleichzeitig die strukturelle Tragfähigkeit verbessert wird. Wird ein einziger Punkt innerhalb der Geometrie verschoben, passt das Werkzeug automatisch die gesamte Geometrie unter Berücksichtigung der relevanten Fertigungsparameter an.

### **3) Kollaborative Roboterfertigung**

Alle fünf Semiramis-Schalen sind Unikate und werden mithilfe von vier Roboterarmen erstellt. Die Roboterarme befinden sich auf einem an der Decke montierten Portalsystem, das aus zwei linearen Achsen besteht, die in einem rechten Winkel zueinander angeordnet sind. Die Arme können sich auf ihrer jeweiligen Achse hin und her bewegen und so die Holzplatten präzise an einer vordefinierten Zielposition platzieren. Die an jedem Endeffektor (äusserste Spitze des Roboterarmes) angebrachten Sensoren ermöglichen eine hochgenaue Positionierung im Raum. Für diesen beispiellosen und anspruchsvollen Multi-Roboter-Montageprozess, der im Robotic Fabrication Laboratory der ETH Zürich realisiert wurde, arbeitete Gramazio Kohler Research mit Intrinsic, dem Robotik-Softwareunternehmen von Alphabet, zusammen. Intrinsic entwickelte eine Lösung für die Bewegungs- und Bahnplanung von Robotern, die mit COMPAS FAB verwendet werden kann – einem Open-Source-Framework für die digitale Fertigung, das an der ETH Zürich entwickelt wurde. Der Herstellungsprozess ist ein kollaborativer Prozess zwischen Menschen und Robotern: die Roboter übernehmen das schwere Heben und präzise Positionieren der Platten, während der Mensch diejenigen Aufgaben übernimmt, die viel Geschicklichkeit erfordern, wie beispielsweise das Verleimen der Platten. Bei der Fertigung arbeitet das Forschungsteam mit dem Generalunternehmen Erne zusammen, was die Einhaltung der Baustandards gewährleistet.

### **4) Fabrikation und Montage**

Die oben genannten Methoden und Forschungsentwicklungen tragen alle zur innovativen digitalen Fertigung von Semiramis bei. Dies, da sowohl die Montage- als auch die Fertigungsvorgaben (wie beispielsweise das maximal mögliche Gewicht einer Platte) bereits in die Entwurfparameter integriert sind. Durch den Einsatz von vier Robotern kann zudem auf massgeschneiderte und potenziell verschwenderische Unterkonstruktionen während des Montageprozesses verzichtet werden. Die fünf Holzschalen werden in 14 Segmente zerlegt, damit diese leichter transportiert werden können. Diese wiederum bestehen aus 16 bis 56 Holzplatten, die mit einer neuartigen Fugenabdichtungstechnologie verbunden sind. Die Technologie wurde in jahrzehntelanger Zusammenarbeit zwischen Timbatec, der Berner Fachhochschule in Biel und der ETH Zürich entwickelt. Das Verfahren ermöglicht eine starre Verbindung von grösseren Holzplattenkanten über eine Stossfugenverklebung, indem ein spezielles Giessharz in die 3 mm breiten Fugen zwischen die robotergelegten Platten injiziert wird. Nach dem Transport nach Zug werden die Bauteile vor Ort zusammengebaut.

# Hintergrundinformationen

## **Ansprechpersonen für Medienschaffende**

Medienstelle, ETH Zürich  
Vanessa Bleich  
mediarelations@hk.ethz.ch

Gramazio Kohler Research, ETH Zürich  
Prof. Matthias Kohler  
kohler@arch.ethz.ch

Urban Assets Zug AG  
Beat Weiss  
info@techclusterzug.ch

## **Credits**

Gramazio Kohler Research, ETH Zürich

In Zusammenarbeit mit: Müller Illien Landschaftsarchitekten, Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

Bauherr: Urban Assets Zug AG

Generalunternehmer: Erne AG Holzbau

Team: Matthias Kohler, Fabio Gramazio, Sarah Schneider, Matteo Pacher, Aleksandra Apolnarska, Pascal Bach, Gonzalo Casas, Philippe Fleischmann, Matthias Helmreich, Michael Lyrenmann, Beverly Lytle, Romana Rust

Industriepartner: TS3 AG; Intrinsic

Ausgewählte Expertinnen und Experten: Computational Robotics Lab, ETH Zürich - Krispin Wandel, Bernhard Thomaszewsky, Roi Poranne, Stelian Coros; Swiss Data Science Center - Luis Salamanca, Fernando Perez-Cruz; Chair for Timber Structures, ETH Zürich.