

# Tor Alva – Der Weisse Turm von Mulegns

Die Forschung der ETH Zürich verbindet sich mit Kunst & Kultur der Nova Fundaziun Origen in Graubünden

Mit seinen digitalen Pionierleistungen – sowohl im Design als auch in der Fabrikation – demonstriert der Weisse Turm, welche Möglichkeiten die Industrie 4.0 für die Architektur und das Bauen bereithält.



## Zusammenfassung

Der Weisse Turm («Tor Alva») wird mit 30 Metern Höhe das höchste 3D-gedruckte Bauwerk der Welt. Der Weisse Turm entsteht in enger Zusammenarbeit der Kulturstiftung Nova Fundaziun Origen, der ETH Zürich und lokalen, nationalen und internationalen Partnern. Der Weisse Turm wird im Passdorf Mulegns aufgebaut, knüpft an die Geschichte der Bündner Zuckerbäcker an und belebt als Bauwerk für kulturelle Aufführungen eine ganze Region.

### Technologie, Forschung und Innovation

Der Weisse Turm demonstriert die bahnbrechenden Möglichkeiten der Forschung aus computergestütztem Design, digitaler Fabrikation, Tragwerk und Materialwissenschaften. Die marktreifen Innovationen in diesen Forschungsfeldern werden das Bauen grundlegend verändern und nachhaltiger gestalten. Durch robotergestützte Extrusionsverfahren kann der Beton gezielt nur dort aufgetragen werden, wo er strukturell benötigt wird. Dadurch reduziert sich der Materialverbrauch um die Hälfte. Die neuen Gestaltungsfreiheiten erlauben ausdrucksstarke Formen, die effiziente Herstellung von Unikaten und den Verzicht auf teure Schalungen. Das Konzept des zirkulären Bauens erlaubt eine einfache Demontage. Nach der fünfjährigen Standzeit kann der Turm andernorts wieder aufgebaut werden.

### Architektur, Kunst und Kultur

Der Weisse Turm von Mulegns ist eine Hommage an die Bündner Zuckerbäcker. Er dient als begehbare Installation, intimer Konzertraum und Ort der kulturellen Vermittlung. Das zentrale Gestaltungselement des Turmes besteht aus einer Serie von 32 verzweigten, 3D-gedruckten Säulen. Besucher steigen über eine Wendeltreppe durch eine Reihe von Kolonnaden auf und erreichen die Kammerbühne im obersten Stockwerk. Der Saal in der obersten Etage des Weissen Turmes verfügt über eine Bühne mit 45 Sitzplätzen und ist für Theater und Konzerte ausgelegt. Der Weisse Turm bietet eine Abfolge von abstrakten, atmosphärisch dichten Zonen, die als vertikale Enfilade konzipiert sind. Die markante Vielfalt der Formen des Turms erinnert an das handwerkliche Können der Meisterbauer des Barockzeitalters in Graubünden. Mit seiner spektakulären Architektur und innovativen Technologie fungiert der Weisse Turm als international ausstrahlender Leuchtturm.

### Zeitplan

Der Weisse Turm soll im Winter 2023/2024 gedruckt und am 25. Juni 2024 von Bundesrat Guy Parmelin eröffnet werden. Voraussetzung ist eine definitive Baubewilligung und eine abgeschlossene Finanzierung.

### Finanzierung

Die Gesamtkosten für den Bau des Turmes, für die Sanierung des tragenden Sockels und für die Erstellung der vorgeschriebenen Parkplätze belaufen sich auf CHF 4.1 Mio.

### Wirkung

Der Weisse Turm verwirklicht die marktreifen Innovationen der weltweit führenden Forschung im höchsten digital gedruckten Bauwerk der Welt. Diese Pionierleistung demonstriert die Möglichkeiten der 3D-Druckweise für das Bauen, die Architektur und die Umwelt: Es zeigt wie sicheres, ökonomischeres und ökologischeres Bauen mit der Hälfte des Materialbedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich ist, wie das Bauen modular, zirkulär und skalierbar wird. Es erlaubt in Zukunft neue Verbindungen von Kunsthandwerk und Technik.

Die Zusammenarbeit der Nova Fundaziun Origen, der ETH Zürich und den Industriepartnern entfaltet breite volkswirtschaftliche, technologische und architektonische Wirkungen. Als Teil eines Gesamtkonzeptes trägt der Weisse Turm zur Belebung des von Abwanderung gefährdeten Bergdorfes Mulegns bei, fördert einen sanften Tourismus in der Region, profiliert den Kanton Graubünden und die Schweiz architektonisch und kulturell und fördert einen regionalen und nationalen Wissens-Transfer. Die Realisierung der marktreifen Spitzenforschung leistet einen wesentlichen Beitrag zum globalen Durchbruch dieser neuartigen, digitalen und ressourcenschonenden Bauweise und Architektur.

Die bahnbrechenden Möglichkeiten des computergestützten Designs und der digitalen Fertigung werden das konventionelle Bauen in den kommenden Jahren grundlegend verändern.

## Forschung und Innovationen

Der Weisse Turm demonstriert die Möglichkeiten der digitalen Bautechnologie, die das Potential hat, die Baubranche nachhaltig zu revolutionieren. Der Bau besticht durch einen sparsamen Umgang mit Ressourcen: Das digitale Druckverfahren senkt den Materialbedarf und kommt ohne Schalung aus. Die modulare Bauweise erlaubt eine einfache Montage und schnelle Demontage.

### Hintergrund: Digitale Baukultur und Nachhaltigkeit

Das Bauen der Zukunft steht vor grossen Herausforderungen: Weltweit ist die Menschheit im Rahmen der Urbanisierung mit einem immens wachsenden Bedarf an Gebäuden konfrontiert. Dadurch wird es immer relevanter, nachhaltig und kostengünstig zu bauen. Die Antworten darauf können nur zusammen mit einer radikalen Digitalisierung von Architektur und Bauindustrie gefunden werden. Robotische additive Fertigung wie der 3D-Druck sind hierbei von grosser Bedeutung. Der Weisse Turm wird mit 30m Höhe einschliesslich der Basis das höchste 3D-gedruckte Gebäude der Welt.

### 3D-Druck von Beton

Der Weisse Turm demonstriert die bahnbrechenden Möglichkeiten des computergestützten Designs und der digitalen Fertigung, die in den kommenden Jahren konventionelle Gebäude grundlegend verändern werden. Die digitale Fertigungstechnik verspricht eine substantielle Innovation im Bauwesen. Im Vergleich zu herkömmlichen Methoden kann der Turm günstiger und präziser gefertigt werden, weil zeitaufwendige, repetitive oder komplexe Arbeit durch Roboter erledigt wird. Der Weisse Turm wird mit einem 3D-Druckverfahren aus Beton hergestellt, das an der ETH Zurich entwickelt wurde. Bei diesem neuartigen Herstellungsverfahren trägt ein Roboter nacheinander dünne Schichten weichen Betons durch eine Düse auf. Das Material ist weich genug, um sich zu verbinden und homogene Komponenten zu bilden, härtet jedoch schnell genug aus, um die aufeinanderfolgenden Schichten zu stützen.

### Automatische Integration von Bewehrung

Beim Weissen Turm wird der gedruckte Beton erstmals voll strukturell eingesetzt und die nötige Stahlbewehrung im robotischen Fertigungsprozess eingefügt – ein bedeutender Meilenstein in der Entwicklung des 3D-Drucks von Beton. Um die strukturelle Festigkeit zu gewährleisten, werden die 3D-gedruckten Säulen sowohl horizontal als auch vertikal mit Bewehrungsstahl verstärkt.

### Effizienter Einsatz von Material

Durch den Einsatz von robotergestützten Betonextrusionsverfahren kann der Beton gezielt nur dort aufgetragen werden, wo er benötigt wird. Dadurch wird der Materialverbrauch reduziert. In den dünnwandigen, hohlen Säulen des Turms wird Beton dort eingesetzt, wo er strukturell benötigt wird; ähnlich wie bei optimierten Strukturen, die wir aus der Natur kennen. Die Einsparung von Masse und Zement bedeutet eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei dessen Herstellung erzeugt wird.

### Schalungsfreier Betonbau

Da der Beton beim 3D-Druck nicht gegossen, sondern von einem Roboter in extrudierten Bahnen aufgetragen wird, braucht es im Gegensatz zum herkömmlichen Betonbau keine Schalung mehr. Durch den Wegfall der Schalung eröffnen sich neue Freiheiten im Design hinsichtlich expressiver Formen, Oberflächendetails und Hohlräume. Es ermöglicht auch eine kosteneffiziente Produktion von massgeschneiderten Bauteilen.

### Modulare Vorfertigung, lösbare Verbindungen und Vorspannung

Im Sinne der Kreislaufwirtschaft wird schon bei der Planung der Rückbau konzipiert, sodass der Weisse Turm an anderer Stelle wieder aufgebaut werden kann. Die modulare Bauweise erlaubt einen einfachen Auf- und Abbau der einzelnen Bestandteile. Die Elemente werden trocken, also ohne Klebmittel, über lösbare Schrauben verbunden. Die Vorspannungen in den Elementen sind eine weitere Strategie, das Material Beton effizient einzusetzen.

### Gedruckte Schalung und Guss für horizontale Elemente

Die horizontalen Bauteile, die sich nicht für den Betondruck eignen, werden durch ein neuartiges Verfahren hergestellt, bei dem 3D-gedruckter Schalungsbau mit Guss aus einem innovativen, nachhaltigen Beton verbunden wird.

### Leichtbau Fassadenlösung

Der Wetterschutz des Turmes wird über eine ultraleichte, innovative Membrankonstruktion erreicht, die sich in den Sommermonaten entfernen lässt.

### Digitales Design

Alle Projektdaten werden in einem digitalen Zwilling gespeichert, der die Koordination, Simulation, Evaluation und Realisierung des Turms ermöglicht, ohne das herkömmliche Baupläne benötigt werden. Erweiterte Realität, Virtual und Augmented Reality werden sowohl in Entwurf und Ausführung intensiv verwendet. Digitale Technologien werden auch im Designprozess eingesetzt. Die gesamte Struktur des Turms wird mit benutzerdefinierter Software programmiert und entworfen, die eine präzise Definition der Geometrie ermöglicht und die erforderlichen Daten direkt an die Druckroboter senden kann. Diese Technologie ermöglicht auch die effiziente Herstellung massgeschneiderter Elemente.



Der hohe und lichte Theatersaal eröffnet einen grosszügigen Ausblick über die beeindruckende alpine Landschaft und das Dorf Mulegns.

## Architektur, Kunst und Kultur

Der Weisse Turm von Mulegns ist Konzerthaus, Kunstinstallation, Aussichtsturm, Theaterkulisse und Denkmal in einem. Er erinnert an die Bündner Zuckerbäcker, Baumeister und Stuckateure, die einst die ganze Welt bereisten und ihr handwerkliches Können eindrücklich unter Beweis stellten.

### Digitales Kunsthandwerk

Der Weisse Turm von Mulegns wird direkt auf der historischen Fuhrhaltere errichtet. Das Gebäude besteht aus insgesamt sechs Stockwerken, die mit der Höhe immer lichter werden. Im Winter kann der Turm mit einer demontierbaren Membran vor Wind und Schnee geschützt werden. In der Dämmerung erscheint der Weisse Turm mit seinen eigenwilligen Öffnungen wie eine Laterne und wird zu einem Leuchtturm entlang der alten Julierpassroute.

### Vitalisierung einer Bergregion

Der Turm hat eine ganze Reihe von positiven Nebeneffekten. Er beflügelt die Auseinandersetzung mit digitalen Architekturformen, die das Bauwesen in der Welt revolutionieren werden. Er steht mit seiner zeitgenössischen Präsenz für die Weltoffenheit und den Pioniergeist der Bündner Passdörfer. Er unterstützt einen sanften Tourismus, der zutiefst in der Geschichte des Ortes verankert ist. Er schafft solide Arbeitsplätze und wird wesentlich dazu beitragen, das Dorf Mulegns vor dem Aussterben zu retten.

### Vielzahl an Funktionen

Der Zuckerbäckerturm beinhaltet eine ganze Reihe von abstrakten, atmosphärisch dichten Räumen, die übereinander gestapelt werden und als vertikale Enfilade konzipiert sind. Er lässt verschiedene kulturelle Nutzungen zu und kann für Ausstellungen, Installationen, Konzerte und andere performative Formate genutzt werden. Der Turm kann individuell mit einem Hörspiel im Ohr begangen werden. In die Räume passen natürlich Zuckerbäckergeschichten. Sie können aber auch Dantes Divina Commedia oder die Reise des Kleinen Prinzen von Antoine de St. Exupéry mit starken Raumeindrücken illustrieren.

### Abstrakte Ästhetik

Die Räume sind sehr abstrakt gehalten. Es gibt darin keine konkreten Möbel, Betten oder Stühle, sondern nur starke Atmosphären. Das Licht fällt vom Treppenhaus in die inneren Räume. Die Öffnungen werden den Texturen entsprechend gestaltet. Die Kammern dürfen sehr expressiv sein, viel Raum beanspruchen. Die unterschiedlichen Strukturen ermöglichen starke räumliche Erlebnisse und werden durch die Einheit des Materials zusammengehalten. Insgesamt wird das Gebäude, das aus weissem Beton gefertigt wird, filigran und leicht wirken.

### Kuppelsaal für Veranstaltungen

Der hohe und lichte Theatersaal eröffnet einen grosszügigen Ausblick über die beeindruckende alpine Landschaft und das Dorf

Mulegns. Dieser Saal bietet Platz für 45 Besucher, die unter der Turmkuppel kleine Veranstaltungen verfolgen können: Konzerte mit rätoromanischen Liedern, elektronische Kompositionen, Autorenlesungen und zeitgenössische Choreografien. Die Dachkonstruktion besteht aus einem zentralen, gewölbten Dach und acht filigranen Kuppelträgern.

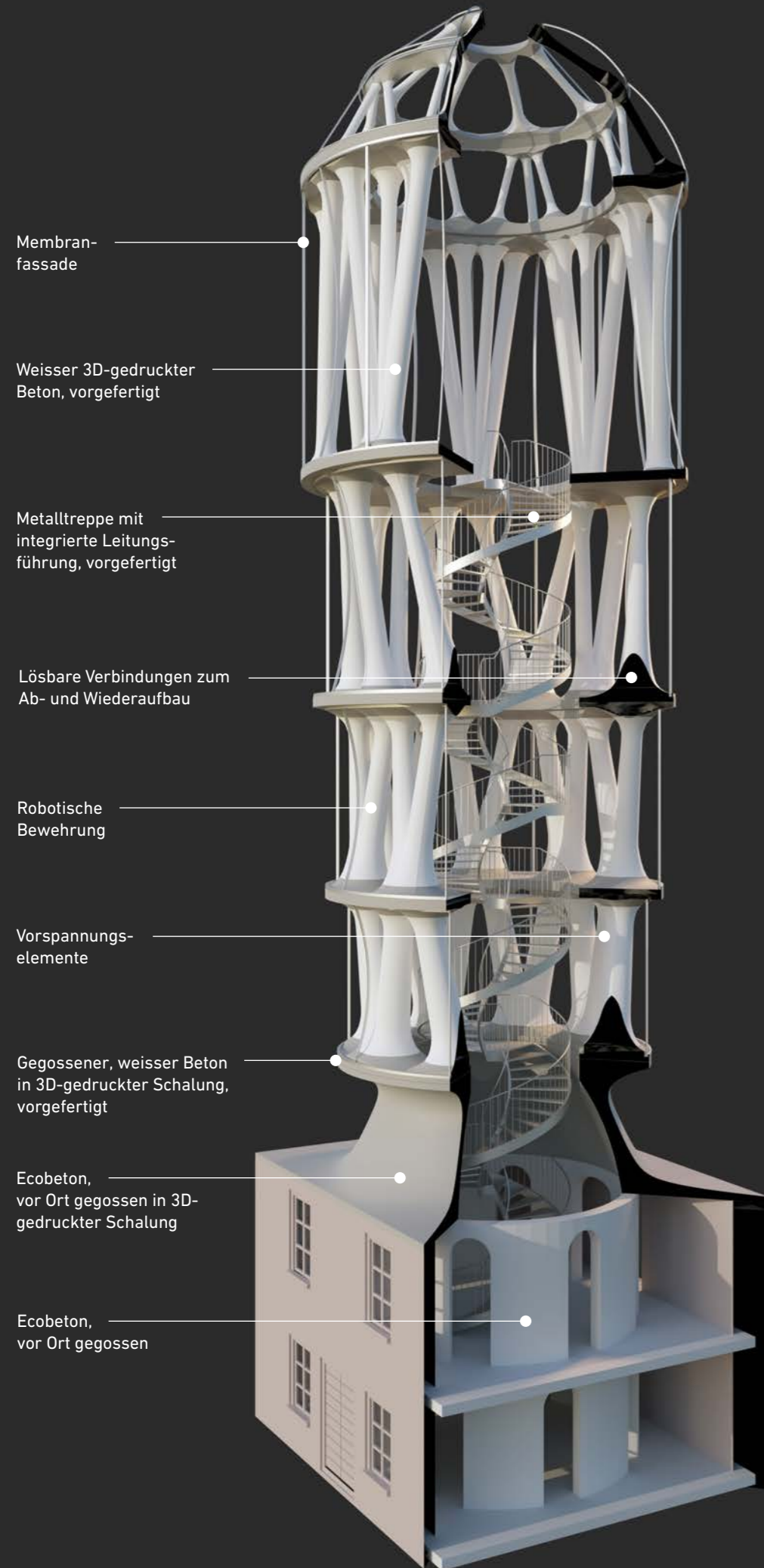
### Säulen als zentrales Gestaltungselement

Der Turm besteht aus vier Stockwerken mit je acht Säulen. Das zentrale Gestaltungselement des Turms besteht aus einer Serie von 32 verzweigten Säulen, die aus dem 3D-Druckverfahren hergestellt werden und die verschiedenen Ebenen des Gebäudes tragen und die Fassade bilden. In den unteren Zonen schaffen schwere, gedrungene Säulen enge, imposante Räume. Beim Aufstieg entlang der zentralen Wendeltreppe wird der Raum spürbar leichter und luftiger. Jede Säule ist zweifach verziert: mit einem horizontalen, durch das Betondruckverfahren abgeleiteten Materialornament und einer darüber liegenden spiralförmigen Textur, die die Höhe des Gebäudes betont. Die hellen Materialien und die markanten Strukturen fördern das architektonische Spiel von Licht und Schatten.

### Symbolik – Hommage an die Bündner Zuckerbäcker

Als Hommage an die Bündner Zuckerbäcker wird die Bespielung des Turmes das Val Surses beleben und international ausstrahlen. Der Turmbau erzählt von der raffinierten Kunstfertigkeit und vom hartnäckigen Pioniergeist der Bündner Emigranten. Er erinnert auch an die Tragik und Ambivalenz des Emigrantendaseins. Viele Auswanderer sind in der Fremde verschollen, manche starben in Übersee oder gingen in der Anonymität der Städte unter. Wenigen gelang der wirtschaftliche Aufstieg. Eines verbindet sie alle: Wenn immer möglich, kehrten sie im Alter in die Heimat zurück. Nicht selten stellten sie ihr Wissen und Vermögen in den Dienst der Allgemeinheit, bauten Schulhäuser, Mühlen und Wasserleitungen zum Wohl der Daheimgebliebenen.

Der Weisse Turm erinnert auch an die Not der Emigranten, die einst ihr Heimatdorf verliessen, um ihr Brot in der Fremde zu verdienen. Auch heute sind die Bergdörfer wieder von den Folgen der Abwanderung betroffen. Die Turminstallation führt das Erbe der Zuckerbäcker und Baumeister weiter. Innovationsgeist und Experimentierfreude prägen den vollständig digital gefertigten Turm, der im Juni 2024 im Bergdorf Mulegns eröffnet werden soll.



Filigrane Kuppel. Die Dachkonstruktion öffnet sich zum Himmel und lässt Licht einfallen.

Runde Bühne. Der Kuppelsaal bietet Platz für 45 Personen. Ein Raum für utopische Lesungen, Kammerkonzerte, Streicherquartette. Hoch über den Dächern von Mulegns.

Grosser Auftritt. Eine filigrane Treppe windet sich den Turm hoch. Führt durch atmosphärische Räume, die Wintergärten, Baumsäulen, Raumutopien spiegeln. Weiter oben wird die Luft dünner, das Licht strahlend, die Sicht weit.

Historisches Fundament. Der Weisse Turm steht auf der alten Fuhrhalterei. Der denkmalgeschützte Sockel bildet die Basis für die digitale Konstruktion. Alter Bestand verbindet sich mit neuer Formsprache.

## Team

Der Weisse Turm ist ein Projekt der Nova Fundaziun Origen und der ETH Zürich. Origen ist Bauherrin und wird die kulturelle Bespielung des Turmes gewährleisten.

### Projekt-Mitwirkende

Der Weisse Turm entsteht in enger Zusammenarbeit der ETH Zürich, Conzett Bronzini Partner, Zindel United und der Nova Fundaziun Origen. Die Architekten des Weissen Turmes sind Michael Hansmeyer und Prof. Dr. Benjamin Dillenburger der Abteilung für Digitale Bautechnologien (DBT) des Institutes für Technologie in Architektur der ETH Zürich. An der Entwicklung beteiligt sind weitere ETH-Professuren des Nationalen Forschungsschwerpunktes Digitale Fabrikation: Prof. Dr. Walter Kaufmann des Institutes für Baustatik und Konstruktion (CSBD) und Prof. Dr. Robert Flatt des Institutes für Baustoffe (PCBM). Das Bündner Ingenieurbüro Conzett Bronzini Partner, Träger des Schweizer Grand Prix Kunst/Prix Meret Oppenheim, ist insbesondere für die Statik des Bauwerkes verantwortlich. Das Bündner Bauunternehmen Zindel United und die Bauherrin Nova Fundaziun Origen tragen die Verantwortung der Gesamtproduktion.

### Die Nova Fundaziun Origen

Die Nova Fundaziun Origen wurde 2005 von Giovanni Netzer gegründet. Origen ist eine der grössten Kulturinstitutionen im Kanton Graubünden und verfügt über ein breit gefächertes Portfolio. Sie beschäftigt jährlich rund 250 Künstler und Mitarbeitende in 30 Vollzeitstellen. Die Stiftung engagiert sich in Theaterarbeit, Musikwesen, Vermittlung, Baukultur, Kunsthandwerk, Bildung und Forschung. Origen ist Gastgeberin, belebt aussterbende Dörfer und trägt zum Erhalt des kulturellen Erbes im Bergkanton bei. Stiftung und Stifter wurden vielfach ausgezeichnet, etwa mit dem Wakker-Preis des Schweizer Heimatschutzes, dem grossen Bündner Kulturpreis und dem Hans Reinhart-Ring, der wichtigsten Auszeichnung im Theaterleben der Schweiz.

### Bauleitung

Dr. Giovanni Netzer, Intendant der Nova Fundaziun Origen

### Mitarbeitende

Anja Diener, Rebecca Suenderhauf, Philipp Bühler, Torry Trautmann, Sandro Pirovino

### Die ETH Zürich

Die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, kurz ETH Zürich, ist eine technisch-naturwissenschaftliche universitäre Hochschule in Zürich. Sie wurde 1855 als Eidgenössisches Polytechnikum nach Vorbild der Pariser École polytechnique gegründet. Ihre Gebäude befinden sich an zwei Standorten: einer im Zentrum der Stadt Zürich am Fuss des Zürichbergs, der andere ausserhalb auf dem Hönggerberg. Studierende finden an der ETH Zürich ein Umfeld, das eigenständiges Denken fördert, Forschende ein Klima, das zu Spitzenleistungen inspiriert. Im Herzen Europas und weltweit vernetzt entwickelt die ETH Zürich Lösungen für die globalen Herausforderungen von heute und morgen. Sie zählt zu den renommiertesten Universitäten weltweit und belegt regelmässig Spitzenplätze in Universitätsrankings.

### Architektur

Prof. Dr. Benjamin Dillenburger, Digital Building Technologies (DBT)  
Michael Hansmeyer

### Baustoffe und Tragwerk

Prof. Dr. Walter Kaufmann, Institut für Baustatik u. Konstruktion (CSBD)  
Prof. Dr. Robert Flatt, Institut für Baustoffe (PCBM)  
Prof. Dr. Andreas Wieser, Geosensors and Engineering Geodesy (GSEG)

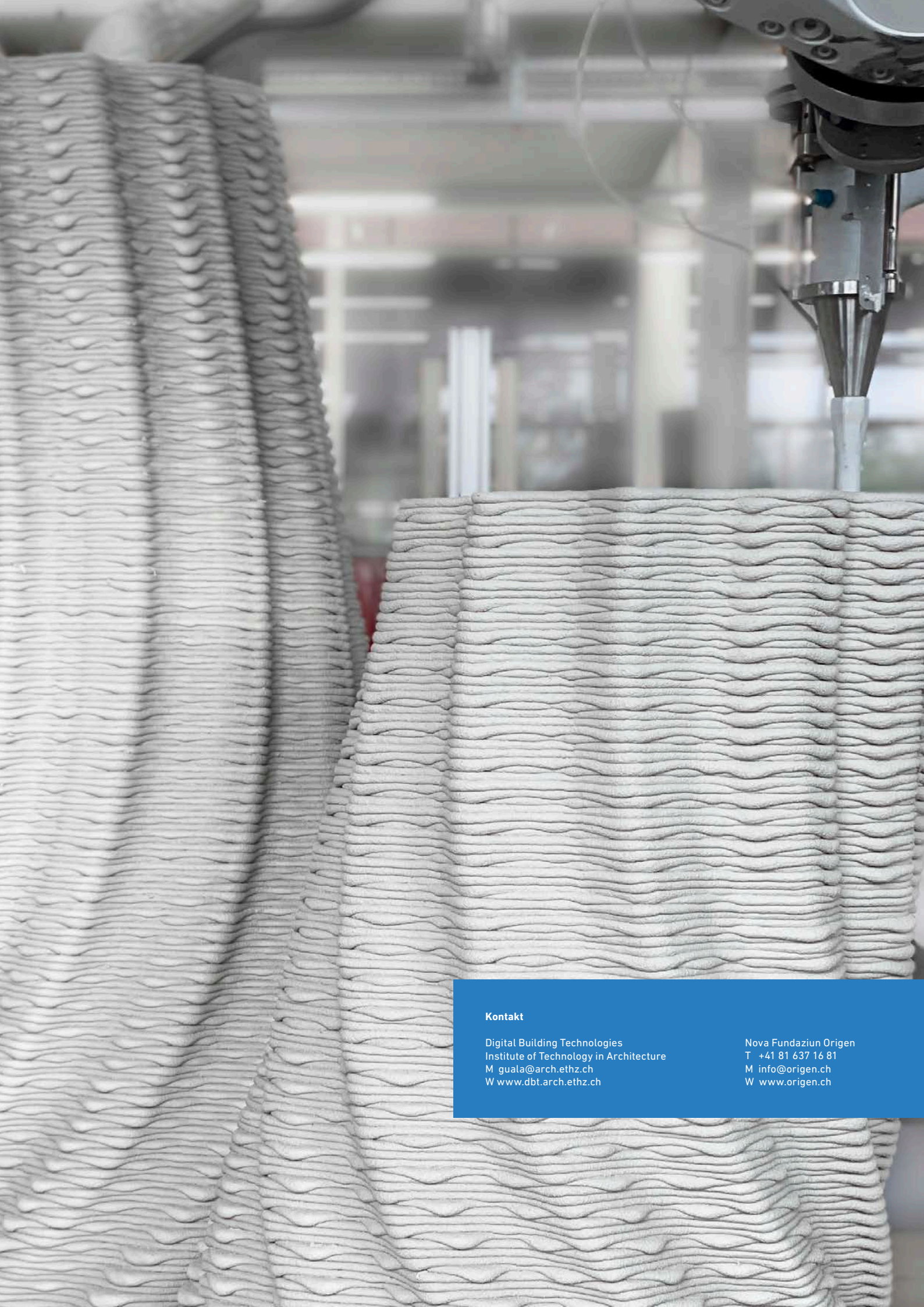
### Mitarbeitende

Dr. Ana Anton (Research Lead); Eleni Skevaki, Che Wei Lin, Ming-Yang Wang, Lena Kitani, Dr. Konrad Graser (DBT); Dr. Jaime Mata Falcón, Dr. Alejandro Giraldo Soto, Dr. Lukas Gebhard (CSBD); Dr. Timothy Wangler, Dr. Lex Reiter (PCBM).

Die Forschung für dieses Projekt wird im Rahmen des NFS Digitale Fabrikation durchgeführt. Es wird vom Partnership Council for Sustainable Construction and Digital Fabrication und der ETH Foundation unterstützt.

Die Projekt-Präsentation  
im Sommer 2021 mit  
Bundespräsident Guy  
Parmelin, Regierungs-  
präsident Mario Cavigelli,  
dem Vizepräsident der  
ETH Detlef Günther und  
den Gemeindepräsi-  
denten der Regionen Maloja  
und Albula.





#### Kontakt

Digital Building Technologies  
Institute of Technology in Architecture  
M [guala@arch.ethz.ch](mailto:guala@arch.ethz.ch)  
W [www.dbt.arch.ethz.ch](http://www.dbt.arch.ethz.ch)

Nova Fundaziun Origen  
T +41 81 637 16 81  
M [info@origen.ch](mailto:info@origen.ch)  
W [www.origen.ch](http://www.origen.ch)