ETH zürich

ETH Library

# Additive Manufactured Facade

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**
Cheibas, Ina

**Publication date:**
2023

**Permanent link:**
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000648606

**Rights / license:**
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

**Funding acknowledgement:**
- NCCR Digital Fabrication ()

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

DISS. ETH NO. 29782

# *ADDITIVE MANUFACTURED FACADE*

*Integrative design of complex additive manufactured geometries informed by fabrication and multi-performative environmental parameters*

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

*INA CHEIBAS*

*MSc Architecture*
*"Ion Mincu" University of Architecture*

born on *08.01.1988*

accepted on the recommendation of
*Prof. Matthias Kohler*
*Prof. Fabio Gramazio*
*Prof. Dr. Ena Lloret-Fritschi*
*Prof. Dr. Ulrich Knaack*

2023

# Abstract

Additive manufacturing is a rising trend in the construction field. It enables tailored facade designs that can incorporate environmental features like daylight, shading, ventilation, structural strength, and thermal conductivity. This potential enhances facade sustainability and energy efficiency attributes, achievable through recyclable mono-material components and integrated performances. However, the definitive demonstration of integrating environmental and fabrication parameters into computational facade design remains unrealized. This gap persists due to complex challenges in fabricating intricate building envelopes, necessitating consideration of numerous fabrication and environmental parameters, from accurate geometries, and good material properties to shading, daylight, air permeability, water tightness, and structural integrity.

This research focuses on additive manufactured facade design strategies informed by both fabrication techniques and environmental considerations. The thesis provides fundamental design guidelines to support the fabrication of downcycled and multi-performative facade elements for light distribution and transmission, air permeability, water tightness, resistance to wind loads, and impact strength. The study employs both analytical and empirical methods to address three key criteria: (1) Design, (2) Material and fabrication, and (3) Environmental performance evaluation. The design process and guidelines (1) are thoroughly explored, encompassing the integration of fabrication and multiple environmental performances into a single mono-material element. Subsequently, material and fabrication methods (2) are analyzed through experimental testing at an architectural scale, utilizing a robotic arm and thermoplastic polymer material extrusion. Finally, performance evaluation (3) serves as the results validation of several large-scale prototypes. This approach opens up new possibilities for creating environmentally responsible architectural facades that push the boundaries of sustainable design.

# Zusammenfassung

Additive Fertigung ist ein wachsender Trend im Baubereich. Es ermöglicht maßgeschneiderte Fassadendesigns, die Umweltmerkmale wie Tageslicht, Beschattung, Belüftung, strukturelle Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit berücksichtigen können. Dieses Potenzial verbessert die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Fassaden, die durch recycelbare Monomaterialkomponenten und integrierte Leistungen erreicht werden können. Der endgültige Nachweis der Integration von Umwelt- und Fertigungsparametern in die rechnergestützte Fassadengestaltung bleibt jedoch unrealisiert. Diese Lücke besteht weiterhin aufgrund komplexer Herausforderungen bei der Herstellung komplexer Gebäudehüllen, die die Berücksichtigung zahlreicher Herstellungs- und Umgebungsparameter erfordern, von genauen Geometrien und guten Materialeigenschaften bis hin zu Beschattung, Tageslicht, Luftdurchlässigkeit, Wasserdichtigkeit und struktureller Integrität.

Diese Forschung konzentriert sich auf additiv gefertigte Fassadendesignstrategien, die sowohl auf Herstellungstechniken als auch auf Umweltaspekten basieren. Die Arbeit liefert grundlegende Designrichtlinien zur Unterstützung der Herstellung von Downcycling- und multifunktionalen Fassadenelementen für Lichtverteilung und -übertragung, Luftdurchlässigkeit, Wasserdichtheit, Widerstandsfähigkeit gegen Windlasten und Schlagfestigkeit. Die Studie verwendet sowohl analytische als auch empirische Methoden, um drei Schlüsselkriterien zu berücksichtigen: (1) Design, (2) Material und Herstellung und (3) Bewertung der Umweltleistung. Der Designprozess und die Richtlinien (1) werden gründlich untersucht und umfassen die Integration von Herstellung und mehreren Umweltleistungen in einem einzigen Monomaterialelement. Anschließend werden Material- und Herstellungsmethoden (2) durch experimentelle Tests im architektonischen Maßstab analysiert, wobei ein Roboterarm und die Extrusion von thermoplastischem Polymermaterial zum Einsatz kommen. Schließlich dient die Leistungsbewertung (3) der Ergebnisvalidierung mehrerer groß angelegter Prototypen. Dieser Ansatz eröffnet

neue Möglichkeiten für die Gestaltung umweltfreundlicher Architekturfassaden, die die Grenzen des nachhaltigen Designs verschieben.