

3D-DRUCK GLAS: PROZESSPARAMETER & MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Philipp Amir Chhadeh, M.Sc.

Additiv hergestellte Objekte sind durch ihre freie Formbarkeit bereits sehr beliebt und weit verbreitet. Um das 3D-Drucken von Glas auf einen Stand zu bringen, der in der Baubranche angewendet werden kann, müssen Prozessparameter identifiziert werden und im Anschluss die mechanische Eigenschaften des

hergestellten Objekts. Hierzu gehören Geschwindigkeit, Krümmungsradien, Materialdicke, Verbund mit dem Druckbett, einer kalten Glasplatte und weitere mechanische Untersuchung zur Bestimmung der Qualität der Verbindung und der Festigkeit.



Abbildung 1: FGDM Punkthalter

Die Methode des Fused Glass Deposition Modelling (FGDM) ist eine Art 3D Druck Verfahren bei dem durch eine erhitzte Düse Material Schichtweise aufgetragen wird. Dadurch lassen sich mit einer Hilfe eines 3D-Modells und einer Slicer-Software komplexe Freiformen herstellen. In diesem Fall ist es das Material Glas. Glas findet in der modernen Architektur immer mehr Anwendung, besonders im Bereich Fassade.

Um die Glasscheiben mit einer Unterkonstruktion zu verbinden gibt es bereits verschiedene Methoden. Neben Pfosten-Riegel-Konstruktionen aus Stahl und Holz, gibt es auch die Möglichkeit durch Bohrungen im Glas Punkthalter anzubringen. Eine weitere Möglichkeit ist das Kleben mit Silikonem oder anderen synthetischen Polymeren, aber diese Verbindungen stellen hohe Anforderungen an die Witterungsbeständigkeit und das polymermechanische Materialverhalten.

Durch das FGDM Verfahren soll dieses vereinfacht werden, da Glas witterungsbeständig ist und im ausgehärteten Zustand das Materialverhalten als linear elastisch angenommen werden kann.

Abbildung 1 zeigt einen Punkthalter, der durch die FGDM Methode realisiert werden könnte. Das Ziel ist es eine Struktur auf eine Floatglasscheibe aufzubringen, über die sich Kräfte übertragen lassen und somit Fassadenkonstruktionen befestigen lassen.

Da das FGDM auf einer kalten Glasplatte aber noch nicht in diesem Stil realisierbar ist, müssen zuerst die Druckparameter identifiziert werden. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung eines möglichen Glas 3D Druckers. Hier wird die untere Platte erhitzt für eine Grundtemperatur im Glas und lokal am Schweißpunkt des aufgetragenen Materials die Glasplatte auf Schmelztemperatur. Dadurch entsteht ein monolithisches Bauteil. In Abbildung 3 ist diese Verschmelzung skizziert. Man kann davon ausgehen, dass das flüssige Glas sich in einer Art Tropfenform ausbreitet und dann erstarrt, welches eine signifikante Rolle spielen wird für das Aufeinanderschichten, nebeneinander Drucken und Kreuzen von zwei Linien.

Parameter die bei diesem Verfahren untersucht werden sollen, sind:

- **Druckgeschwindigkeit** gibt an, in welcher Zeit wie viel Masse Glasschmelze verarbeitet werden kann
- **Temperaturbereiche** im Bauraum, in der Platte und am Schmelzpunkt, die benötigt werden, damit der Prozess ablaufen kann
- **Schichten bzw. Verschmelzen**, um festzustellen, inwieweit das Glas schon ausgehärtet sein muss, um es aufeinander zu schichten oder es eben verschmelzen zu wollen
- **Krümmungsradien und Überhang**, um zu untersuchen wie komplex die gedruckten Geometrien sein dürfen
- **Qualität der Verbindung** wird durch optische Untersuchung und mechanische Prüfungen begutachtet

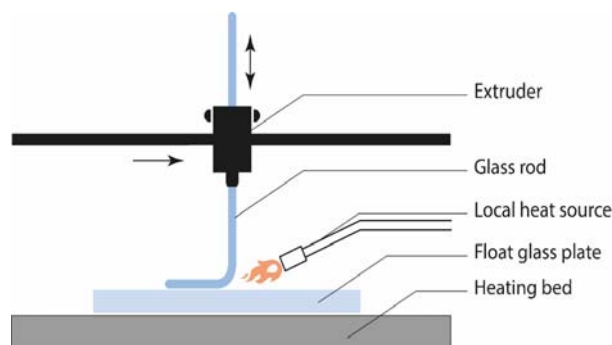


Abbildung 2: Prinzip FGDM

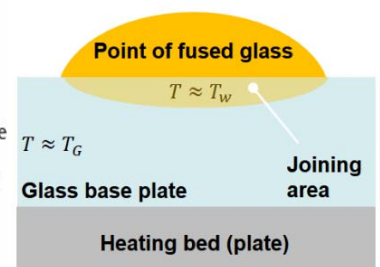


Abbildung 3: Schmelzpunkt

Kontakt:

Philipp Amir Chhadeh, M.Sc.
chhadeh@ismd.tu-darmstadt.de

Technische Universität Darmstadt
Institut für Statik und Konstruktion

Franziska-Braun-Str. 3
64287 Darmstadt

3D PRINTING GLASS: PROCESS PARAMETERS & MECHANICAL PROPERTIES

Philipp Amir Chhadeh, M.Sc.

Additively produced objects are already very popular and widespread due to their free formability. To bring 3D printing of glass to a level that can be used in the building environment. These include speed, bend-

radiuses, material thickness, bonding with the print bed, a cold glass plate and further mechanical testing to determine the quality of the bond and strength.



Figure 1: FGDM Point Holder

The FGDM process is intended to simplify this, since glass is weather-resistant and in the hardened state the material behaviour can be assumed to be linearly elastic.

Figure 1 shows a point holder that could be realized by the FGDM method. The aim is to apply a structure to a float glass pane, by which forces can be transmitted and thus facade constructions can be fixed.

But since FGDM on a cold glass panel is not yet feasible in this style, the print parameters must first be identified. Figure 2 shows a schematic representation of a possible glass 3D printer. Here the lower plate is heated to a basic temperature in the glass and locally at the welding point of the applied material the glass plate is heated to melting temperature. This results in a monolithic construction element. This fusion is shown in Figure 3. It can be assumed that the liquid glass spreads and then solidifies in a kind of droplet form, which will play a significant role in the layering, printing and crossing of two lines.

Parameters to be investigated in this procedure are:

- **Print speed** indicates how much mass of molten glass can be processed in a given time
- **Temperature ranges** in the construction space, in the plate and at the melting point, which are required for the process to run
- **Layering or fusing** to determine to what extent the glass must already be hardened in order to layer it on top of each other or to fuse it
- **Curvature radiuses** and overhang to investigate how complex the printed geometries may be
- **Quality of the bonding** is assessed by optical examination and mechanical tests

The method of Fused Glass Deposition Modelling (FGDM) is a kind of 3D printing process where material is applied in layers through a heated nozzle. This allows complex free forms to be produced with the aid of a 3D model and slicer software. In this case it is the material glass.

Glass is being used more and more in modern architecture, especially in the field of facades.

There are already various methods for connecting the glass Panels to a substructure. In addition to post and beam constructions made of steel and wood, there is also the possibility of attaching point holders through the drilling of holes in the glass. Another possibility is bonding with silicones or other synthetic polymers, but these compounds place high demands on weather resistance and polymer-mechanical material behavior.

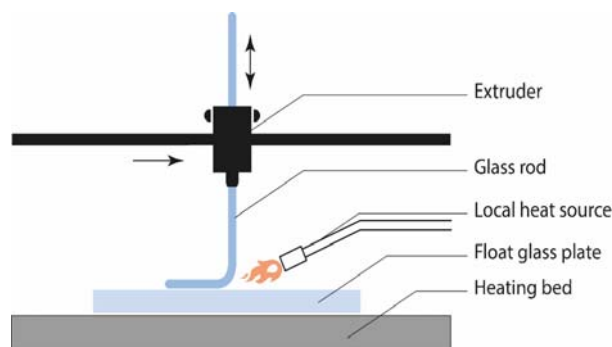


Figure 2: Principle FGDM

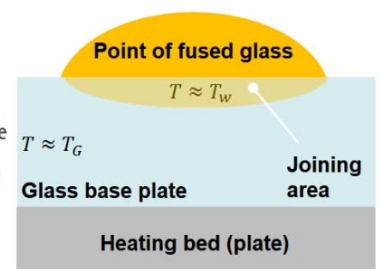


Figure 3: Fusion point

Kontakt:

Philipp Amir Chhadeh, M.Sc.
chhadeh@ismd.tu-darmstadt.de

Technische Universität Darmstadt
Institut für Statik und Konstruktion

Franziska-Braun-Str. 3
64287 Darmstadt