

Liquid Layer X – 3D Druck via Spritzenextruder

Problemstellung

Die additive Fertigung durch 3D-Druck gewinnt zunehmend an Bedeutung – nicht nur im industriellen Kontext, sondern auch in der Medizin und Forschung. Gerade der Bereich des Bioprintings, also das Drucken lebender Gewebestrukturen mit Biomaterialien zur Rekonstruktion von zerstörtem Gewebe, verspricht enormes Potenzial. Allerdings sind Bioprinter in ihrer handelsüblichen Form sehr kostenintensiv und für viele Bildungseinrichtungen oder kleine Forschungsteams nur schwer zugänglich. Dies erschwert sowohl die Ausbildung im Bereich der Biotechnologie als auch die Durchführung von kosteneffizienten Experimenten in genanntem Sektor.

Stand der Technik

Aktuelle Bioprinter sind hochentwickelte Geräte, welche handelsüblichen 3D Druckern ähneln und in der Lage sind, Biomaterialien (auch Bioink genannt) präzise in dreidimensionale Formen zu bringen. Die meisten kommerziellen Systeme basieren auf kartuschen- oder druckluftbasierten Extrusionsmethoden und beinhalten geschlossene Systeme mit umfangreicher Sensorik, Kühlung und automatisierter Steuerung. Jedoch sind solche Geräte teuer, wartungsintensiv und nicht modular anpassbar. Für den Bildungsbereich oder kleinere Labore fehlen oft geeignete, kostengünstigere Alternativen.

Andere mögliche Problemlösungen

Um Kosten zu sparen, greifen manche andere Projekte auf Do-it-yourself-Lösungen oder Modifikationen von Standard-3D-Druckern zurück. Jedoch fehlt es diesen im Endeffekt oft an Sterilität, Funktionalität oder Sicherheit. Auch einfache Spritzendrucksysteme ohne Temperaturregelung oder Nutzerführung existieren, treffen aber meist nicht die Anforderungen moderner medizinischer Standards.

Gewählter Lösungsweg

Im Rahmen des Diplomprojekts wurde ein funktionsfähiger und kostengünstiger Bioprinter namens „Liquid Layer X“ entwickelt, der auf einem handelsüblichen FDM-3D-Drucker basiert. Dieser wurde mechanisch und softwareseitig umfangreich modifiziert und mit einem speziell für den Druck von lebenden Zellen konstruiertem Spritzenextruder ausgestattet. Die Konstruktion enthält eine eigens konstruierte Petrischalenhalterung (mit einem Fassungsvermögen von bis zu drei Petrischalen) sowie ein integriertes

Zusammenfassung der Arbeit

Kühlsystem zur Temperaturregelung der Bioink um das Überleben der Zellen während des Druckvorgangs sicherzustellen. Die Steuerung erfolgt über ein intuitives Touchdisplay, das dem Nutzer Funktionen wie Druck-Dateiauswahl, Achsenbewegungen, Extrusion, Druckabbruch und mehr bietet.

Parallel dazu wurden mehrere Varianten von Bioinks selbst hergestellt und hinsichtlich Druckverhalten getestet. Die Materialien wurden dabei auf ihre Fließeigenschaften, Strukturstabilität sowie Kompatibilität mit dem Extrusionssystem geprüft.

Ganz entscheidend war dabei das Überleben der Zellen in der Bioink nach dem Druckvorgang nachzuweisen. Dazu wurde ein Fluoreszenzfarbstoff eingesetzt, der lebende Zellen in einem Fluoreszenzmikroskop sichtbar aufleuchten lässt.

Resultate

Der Bioprinter „Liquid Layer X“ erfüllt die gestellten Anforderungen an Kosteneffizienz, Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit. In Abbildung 1 sind alle Komponenten des Bioprinters dargestellt. Abbildung 2 zeigt Details des aufwendig konstruierten Spritzenextruders. Dessen effizienter Kühlkreislauf in Abbildung 3 wird durch den gemessenen Temperaturverlauf in Abbildung 4 gut nachvollziehbar.

Das Gerät ermöglicht reproduzierbare Drucke von Gewebestrukturen innerhalb weniger Minuten. Ein Beispiel für einen 3D Druck mit lebenden Zellen ist in Abbildung 4 dargestellt. Im Fluoreszenzmikroskop ist durch die grün fluoreszierenden Zellen sehr gut der Verlauf des Rechtecksignals nachvollziehbar. Ein dreidimensionales Abrastern mit Hilfe eines Laser Scanning Mikroskops liefert die erwartete räumliche Aufteilung lebender Zellen in der gesamten Höhe des gedruckten Objekts.

Durch die Möglichkeit des automatischen Druckstopps bei leerer Spritze wird die Anwendersicherheit erhöht. Alle wichtigen Steuerungsfunktionen sind über das Display abrufbar. Die Bioinks konnten erfolgreich extrudiert werden und lieferten je nach Zusammensetzung stabile Ergebnisse.

Das Projekt zeigt, dass auch mit begrenzten Mitteln, und der Wiederverwendung von Teilen ausgemusterter 3D Drucker, ein leistungsfähiges Bioprinting-System realisierbar ist. Durch den modularen Aufbau ist der Bioprinter zudem einfach erweiterbar und bietet großes Potenzial für schulische, universitäre und experimentelle Anwendungen im Bereich der biomedizinischen Forschung.

Bioprinter „Liquid Layer X“

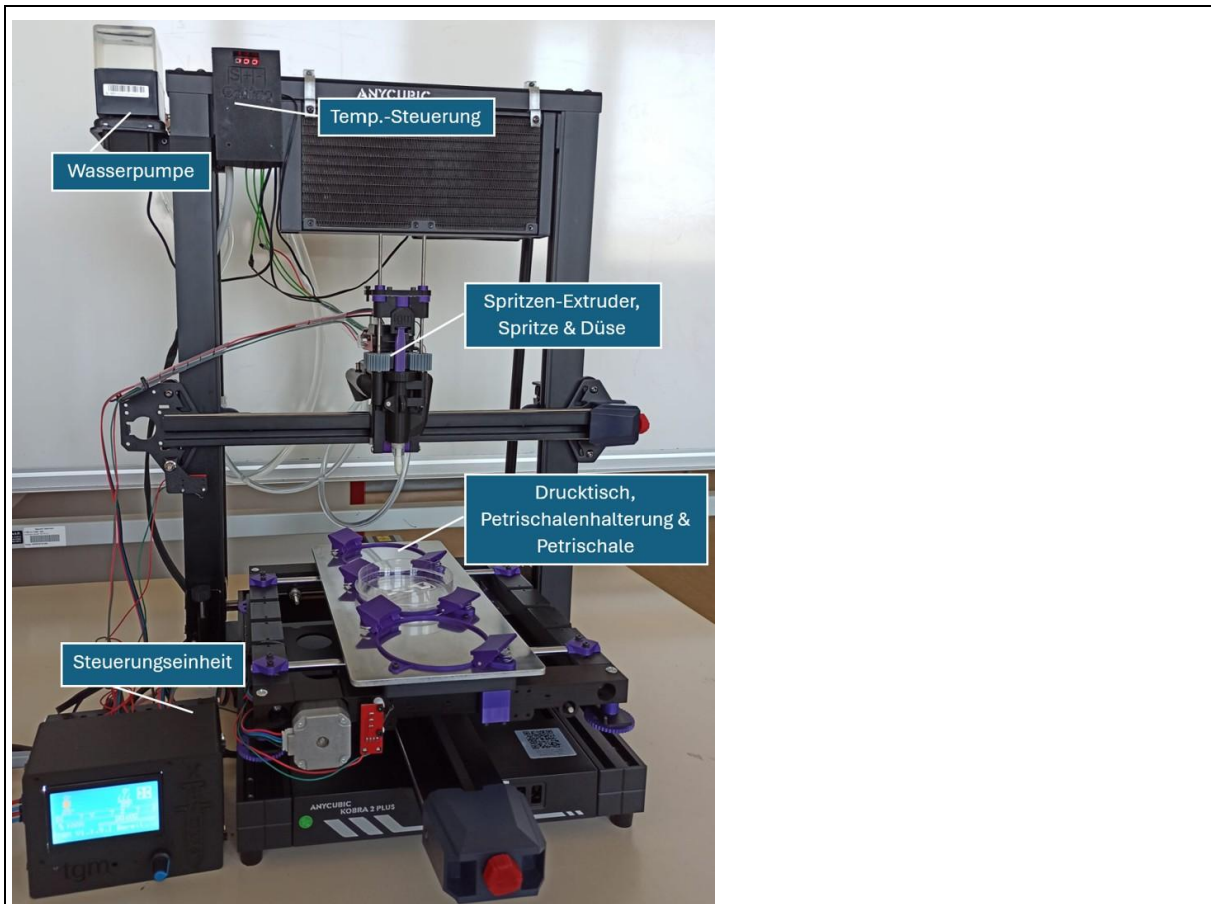


Abb.1: „Liquid Layer X“ Bioprinter mit den einzelnen Komponenten

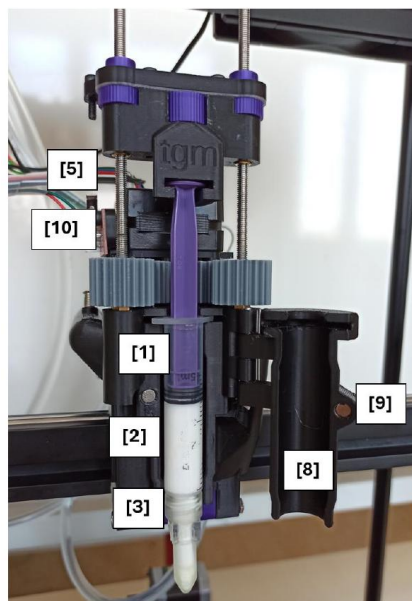


Abb. 2: Spritzenextruder mit Kolben [1], Spritze [2], Übergang zur Düse [3], Fahrmechanismus [5], Extruder Tür [8], Magnetverschluss für Tür [9] und Endschalter [10]

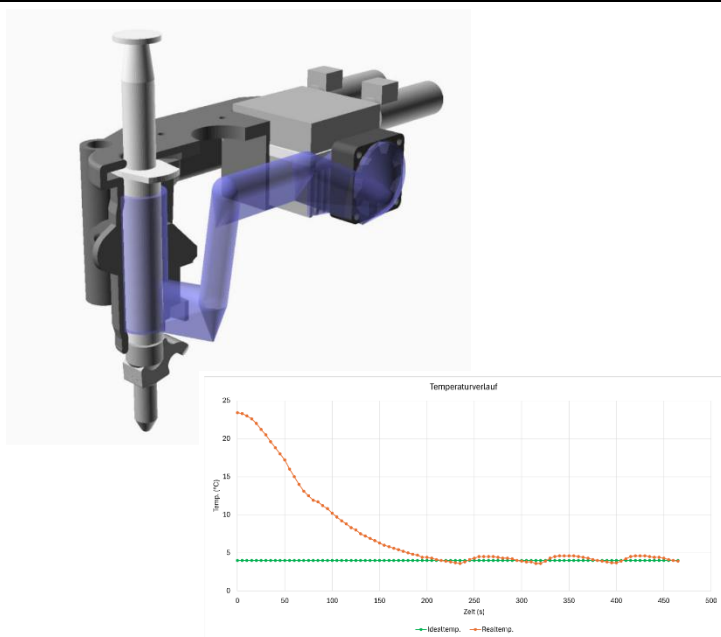


Abb. 3: Halbschnitt des Spritzenextruderblocks mit blau hervorgehobenem Luft-Kühlkreislauf

Abb. 4: gemessener Temperaturverlauf nach Start des Luft-Kühlkreislaufs

3D Druck eines Rechtecksignals

Video vom Druckvorgang <https://youtu.be/EvwWDVdgtQA>

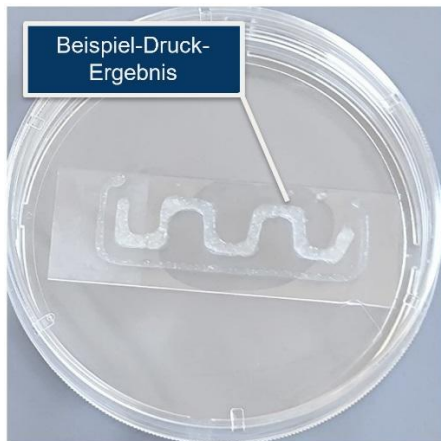


Abb. 5: Testdruck eines Rechtecksignals (Höhe: 1cm, Länge: 7 cm) aus Bioink mit Fluoreszenzmarkierten humanen Knochenzellen

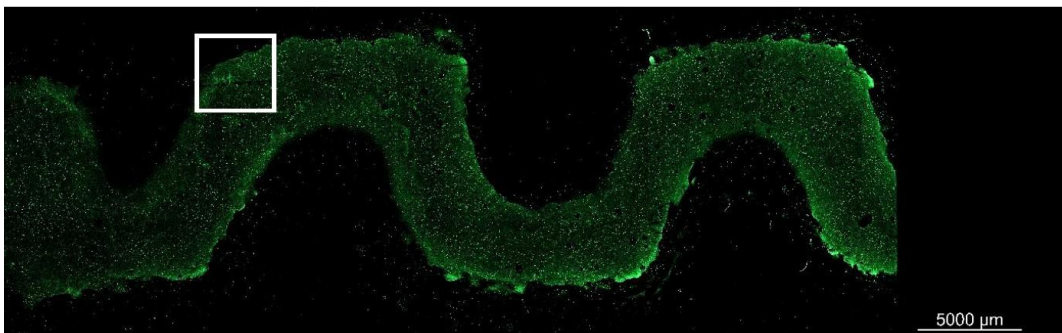


Abb. 6: Konfokale Laserscanning Mikroskopie (LSM) des gedruckten Rechtecksignals (2,5x Objektivvergrößerung) mit grün fluoreszierenden Knochenzellen

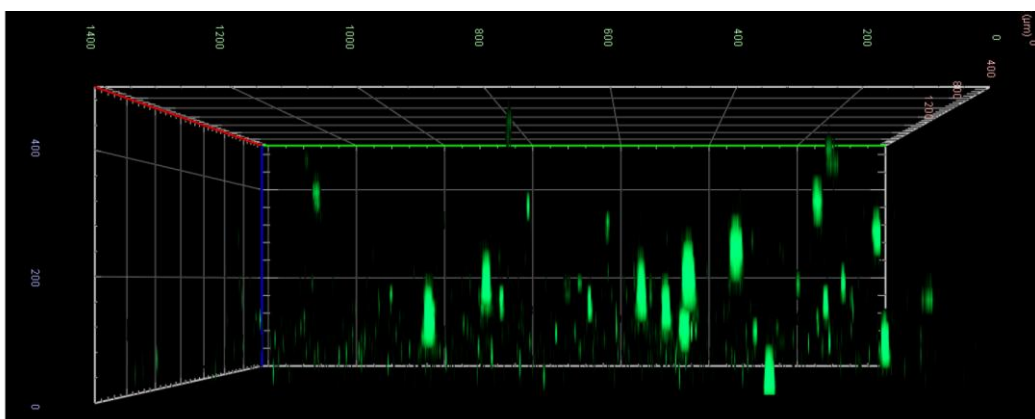


Abb. 7: Dreidimensionale Bildrekonstruktion einer Detailaufnahme des Rechtecksignals (10x Objektivvergrößerung) mit in unterschiedlichen Höhen angeordneten grün fluoreszierenden Knochenzellen