

Neue Impulse für 3D-gedruckte Kompositrestaurationen

Ein Beitrag von Po-Chun Tseng

Im vergangenen Jahr gewann der Doktorand Po-Chun Tseng von der LMU München für das Projekt „High-fidelity Composite Restorations Printed with Direct Ink Writing Technology“ einen Fördergelder-Zuschlag in Höhe von 10.000 Euro durch das DGR²Z-Kulzer-Start-Förderprogramm. Im Artikel erläutert der ambitionierte Wissenschaftler seine Arbeit und die Besonderheiten bei der Herstellung von Kompositrestaurationen im 3D-Druckverfahren.

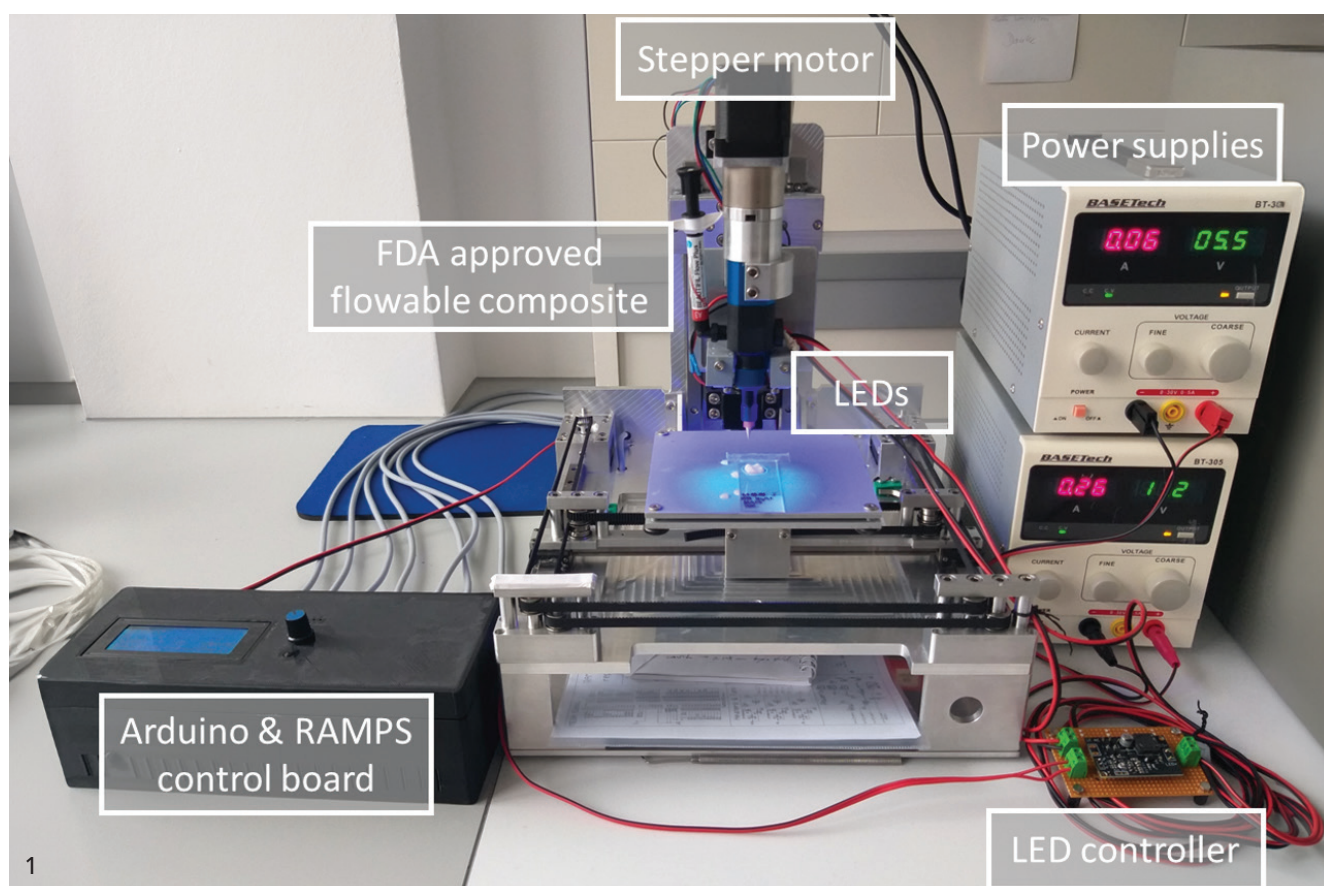
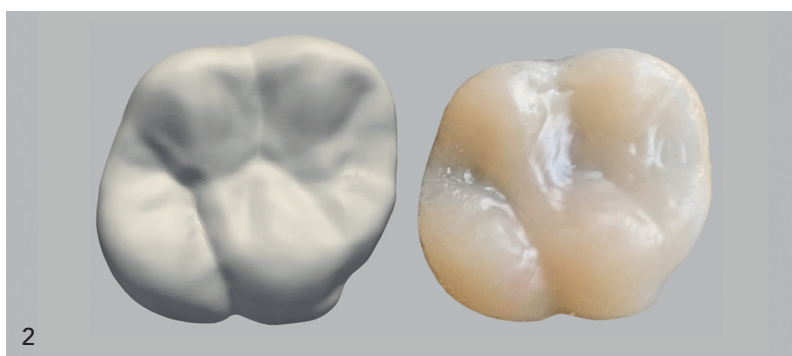


Abb. 1: Der DIW-3D-Drucker. – **Abb. 2:** Das geplante digitale 3D-Modell und ein DIW-gedrucktes okklusales Veneer.



Der 3D-Druck hat ein großes Potenzial zur Verringerung des Materialverbrauches, der Produktionszeit und der Kosten für indirekte Restaurationen. Es gibt bereits kommerzielle Lösungen, die Kompositfüllungen mithilfe der VAT-Polymerisation durch eine Lichtquelle herstellen können. Dieser Ansatz hat jedoch eine Einschränkung: Er ist nicht kompatibel mit hochgefüllten dentalen Kompositen, da diese mechanisch robusten Materialien im Vergleich zu bestehenden Lösungen zu viskos sind. Mit anderen Worten: Gedruckte Kompositfüllungen können mit der derzeitigen Technologie nur als temporäre Lösung betrachtet werden.

Um diese Einschränkung zu überwinden, haben Prof. Dr. Karl-Heinz Kunzelmann und ich das Projekt „InnoPrintIve“¹ an der LMU München initiiert. In diesem Projekt haben wir ein neues System entwickelt, das auf dem Extrusions-3D-Druck basiert. Das Extrusionsprinzip ist unter dem Namen „Direct Ink Writing“ (DIW) bekannt und arbeitet zuverlässig mit hochviskosen Materialien. Es wurde jedoch angenommen, dass das Extrusionsverfahren nicht in der Lage ist, eine ausreichende Maßgenauigkeit für dentale Restaurationen zu erreichen. Um die Machbarkeit dieses völlig neuen Ansatzes in der restaurativen Zahnmedizin zu überprüfen, sind die beiden zentralen Fragen dieses Projektes, ob das System in der Lage ist, indirekte Restaurationen 1) mit klinisch zugelassenen dentalen Kompositen zu drucken und 2) eine gute dimensionale Genauigkeit zu erreichen. Die Beantwortung dieser beiden Fragen ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur klinischen Anwendung.

Kompositrestaurationen anhand 3D-Druck

Unsere Ergebnisse zeigten, dass mit dem System unter Verwendung eines klinisch zugelassenen fließfähigen Dentalkomposits eine hohe Dimensionsgenauigkeit (mittlere absolute Abweichung 30,1 µm) erreicht werden kann. Darüber hinaus kann ein vollflächiges okklusales Veneer innerhalb von 20 Minuten ohne Nachbearbeitung oder Reinigung hergestellt werden. Mit diesem Ergebnis konnte die Anwendbarkeit der DIW-Technologie in der klinischen Praxis unter Beweis gestellt werden.

Das neuartige DIW-Druckverfahren setzt in zweierlei Hinsicht einen neuen Standard für Nachhaltigkeit in der restaurativen Zahnheilkunde. Erstens ist das System bereits im frühen Entwicklungsstadium sehr erschwinglich (unter 5.000 EUR). Zweitens ist es umweltfreundlich, da nur die benötigte Menge an Kompositmaterial extrudiert wird. Im Gegensatz dazu muss bei 3D-Druckverfahren, bei denen die Polymerisation im Tank erfolgt, das Rohharzmaterial in einen Tank gegossen werden, was zu unnötigem Abfall und einem erhöhten Risiko der Umweltverschmutzung führt. Daher wird das Point-of-Care-System eine nachhaltige On-Demand-Produktion von indirektem Zahnersatz ermöglichen und mehr bedürftigen Patienten den Zugang zu einer kosteneffizienten restaurativen Behandlung ermöglichen. Im Einklang mit der Agenda 2030 der Vereinten Nationen stellt das interdisziplinäre Projekt eine ideale Lösung für die Nachhaltigkeitsziele 3, 9 und 10 dar.²

Die Herausforderungen bei diesem Projekt liegen vor allem in der Erzielung einer hohen Maßhaltigkeit. Dazu sind detaillierte Kenntnisse der Materialflussberechnung und des Maschinenbetriebes erforderlich. Eine weitere Herausforderung bestand in der Entwicklung einer aussagekräftigen 3D-Abweichungsanalyse und -statistik. Nicht zuletzt verfügt das System über einstellbare LEDs für die Aushärtung, um eine gleichzeitige Polymerisation zu ermöglichen und den Einfluss des Materialabbaus zu minimieren. All diese akribischen Bemühungen tragen zur ultimativen Genauigkeit des Drucksystems bei. Wir planen, das Systemdesign in naher Zukunft über das Online-Repository zu veröffentlichen, um weitere Innovationen weltweit zu fördern.

Potenzial von DIW-Technologie

Wir haben das Potenzial mit fließfähigen Dentalkompositen (47 Volumenprozent Füllstoff) demonstriert. Jetzt teste ich zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und der Verschleißfestigkeit die Möglichkeiten des Systems mit universellen Kompositen mit noch höherem Füllstoffgehalt (über 60 Volumenprozent). Außerdem rüsten wir den Drucker auf eine 5- oder 6-Achsen-Mechanik auf. Der-

zeit kann unser 3-Achsen-System überhängende Strukturen nur mithilfe eines zusätzlichen gedruckten Trägers drucken, was zusätzliche Schritte und Zeit für das Ablösen und Polieren erfordert. Die Ausrüstung auf 5-Achsen wird diese Einschränkung überwinden und selbsttragende Freiform-Restaurationen sowie einen effizienteren Arbeitsablauf ermöglichen. Der DIW-Ansatz ermöglicht auch die Herstellung mehrschichtiger ästhetischer Restaurationen in mehreren Farben. Wir arbeiten aktiv mit industriellen und akademischen Interessengruppen zusammen und sind offen für weitere Kooperationen, um diese Innovation in die klinische Praxis zu überführen.

Prof. Dr. Karl-Heinz Kunzelmann



Literatur:

- 1 Innovative Printing initiative, <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/UN7BM>
- 2 Die Nachhaltigkeitsziele 3, 9 und 10 sind: Wohlstand für alle, nachhaltige Innovation, Verringerung von Ungleichheiten



PROF. DR. MED. DENT. KARL-HEINZ KUNZELMANN

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München
Goethestraße 70
80336 München
Tel.: +49 89 51609301
karl-heinz@kunzelmann.de
<http://www.kunzelmann.de>

PO-CHUN TSENG

PhD Candidate
Ludwig-Maximilians-Universität München