

MIKRO-STEREOLITHOGRAPHISCHE REPRODUKTIONSTECHNOLOGIEN IN DER PALÄONTOLOGIE

Franz SÜMECZ¹, Manfred SPITZBART² & Martin GROSS³

¹ Institut für Sensor- und Aktuatorssystem, Technische Universität Wien, Floragasse 7, A-1040 Wien; Franz.Suemecz@TUWien.ac.at

² Fachbereich Mikrosystemtechnik, Fachhochschule Wiener Neustadt, Johannes Gutenberg-Straße 3, A-2700 Wiener Neustadt

³ Abteilung für Geologie & Paläontologie, Landesmuseum Joanneum, Raubergasse 10, A-8010 Graz

Entwicklungszeit und „Time-to-Market“ sind entscheidende Faktoren für den kommerziellen Erfolg neuer Produkte. Unter dem Begriff „Rapid Prototyping“ sind Herstellungsverfahren zusammengefasst, die basierend auf 3D-Daten eine rasche Prototypenherstellung von komplexen mechanischen Bauteilen ermöglichen. Dabei wird ein Werkstück in planparallelen Schichten aufgebaut, indem Material aufgebracht und fixiert wird. Der Vorteil dieser Verfahren liegt darin, dass direkt aus 3D-CAD-Daten Werkstücke fast beliebiger Geometrien hergestellt werden können. Vor allem im Bereich der Automobilindustrie und des Werkzeugbaus sind diese Technologien längst etabliert. Der generelle Trend in Richtung Miniaturisierung technischer Bauteile und Systeme hat in der letzten Dekade dazugeführt, dass Rapid Prototyping zunehmend auch im Bereich der Mikrosystemtechnik eingesetzt wird. Auflösungen im Sub-10 µm-Bereich sind heute durchaus erreichbar. In der Paläontologie kann Rapid Prototyping überall dort eingesetzt werden, wo es um die berührungslose und hochauflösende Reproduktion von filigranen Objekten geht, die kein Abformen im herkömmlichen Sinne erlauben. Derartige Repliken können für Studien- oder Ausstellungszwecke dienen oder die Grundlage für Silikonformen sein, mit deren Hilfe Gipsabgüsse kostengünstig hergestellt werden können. Digitalisierte Objekte können darüber hinaus skaliert reproduziert werden. Damit ist es möglich Mikrofossilien maßstabsgetreu vergrößert herzustellen.

In vorliegender Arbeit dient ein miozänes Vogelei (Abb. 1) als Testobjekt um das Potential der Mikro-Stereolithographie für die Paläontologie zu veranschaulichen. Ziel ist ein möglichst genaues Replikat des Fossils. Konventionelle Methoden (Abformen mittels Silikon) sind aufgrund des Erhaltungszustandes auszuschließen.

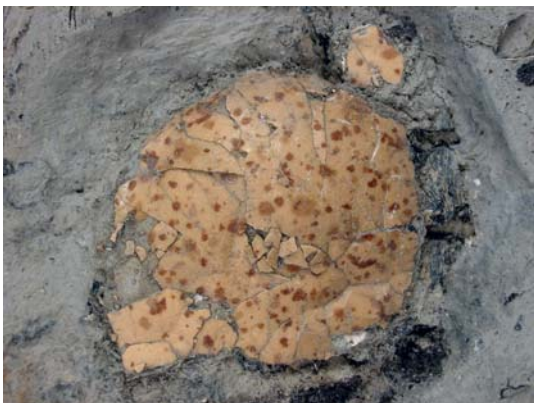


Abb. 1: Miozänes Vogeleifragment.

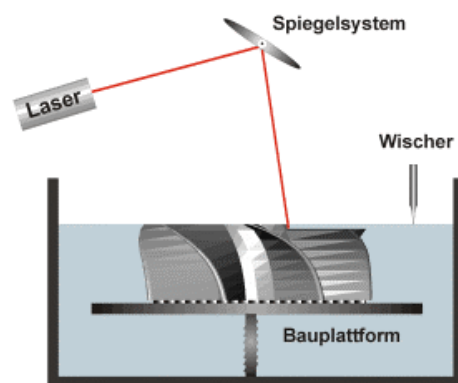


Abb. 2: Funktions-prinzip der Stereolithographie (nach SCHILLEN).

Bei der Stereolithographie erfolgt der Aufbau des Werkstücks durch lokale Polymerisierung eines flüssigen, lichtempfindlichen Photopolymers (Acrylate, Epoxide). Der Polymerisationsprozess wird durch einen Laserstrahl oder durch eine „Digital-Licht-Projektion“ angeregt. Dabei werden so genannte „Voxels“ generiert (Abb. 2). Das Werkstück wird auf einer höhenverstellbaren Bauplattform generiert. Für die erste Schicht befindet sich die Bauplattform an der Harzoberfläche und wird dann um die jeweils festgelegte Schichtdicke abgesenkt. Mit einem Wischer wird eine neue glatte Harzschicht aufgetragen. In Abbildung 3 ist das Potential der Stereolithographie hinsichtlich minimaler Geometrieabmessungen dargestellt.

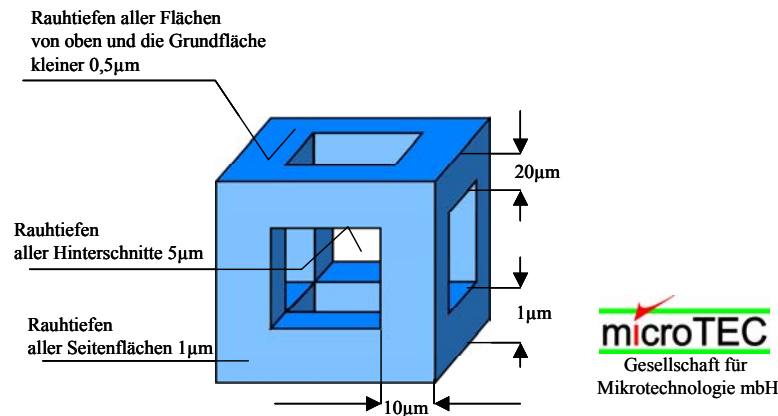


Abb. 3: Oberflächengüte und geometrische Abmessungen der Stereolithographie.

In vorliegendem Projekt wurde die Envisiontec Perfactory-D-mini-XGA (TU Wien, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie) eingesetzt. Dabei erfolgt die Polymerisation des Harzes nicht über einen Laserstrahl, der die Struktur abrastert, sondern es wird über eine micro-mirror-array eine komplette Schicht belichtet (Abb. 4). Das Prinzip ist ähnlich dem eines Videobeamers, allerdings gibt es nur schwarze und weiße Pixel. Die Projektionsauflösung liegt bei 1024 x 768. Die Auflösung in x, y liegt bei ca. 40 µm, in z-Richtung bei ca. 25 µm.

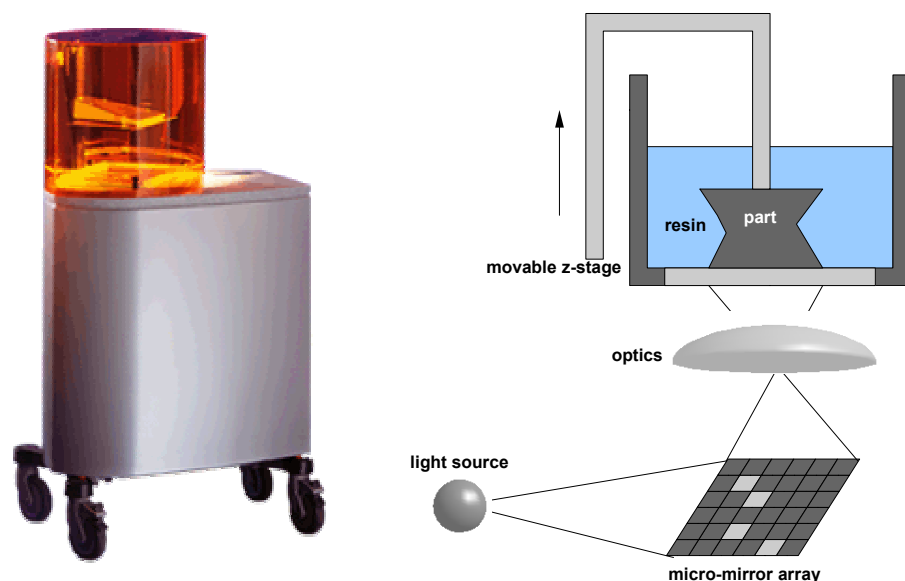


Abb. 4: Envisiontec Perfactory-D-mini-XGA und Funktionsprinzip.

Grundlage für den Bauprozess in einer Rapid Prototyping Anlage sind 3D-Daten in Form eines STL-Files. Diese können entweder mit Hilfe einer geeigneten 3D-CAD-Software erzeugt werden, wie dies im Allgemeinen für technische Bauteile üblich ist oder mit Hilfe eines 3D-Messverfahrens von einem vorhandenen Objekt erhalten werden.

In vorliegender Arbeit wurde ein Mikro-Computertomograph (μ -CT) der Fachhochschule Wels eingesetzt. Dieser μ -CT bietet die Möglichkeit Objekte in 3D mit hoher Auflösung (ca. 30 μ m) zu lokalisieren und zu vermessen. Ein CT-Scanner mit einer Mikrofokusröntgenröhre und einem Matrixdetektor erzeugt eine Reihe von Röntgen-Absorptionsmessungen, die benutzt werden, um ein 3D-Bild bzw. STL-File des Objektes zu erzeugen (KASTNER et al. 2007; Abb. 5). Dieses 3D-STL-File wurde für den Bau zweier Harzrepliken verwendet, um die Wiederholgenauigkeit des Verfahrens zu prüfen. Das Replikat Harz-1 diente als Grundlage für eine Silikonform mit deren Hilfe Gipsabgüsse hergestellt wurden (Abb. 6).

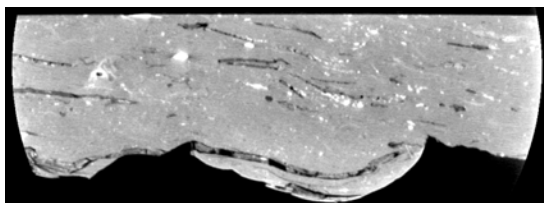


Abb. 5: μ -CT-Scan (oben) und korrespondierendes STL-File

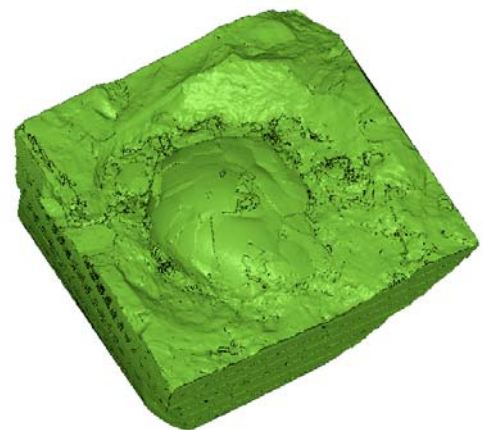
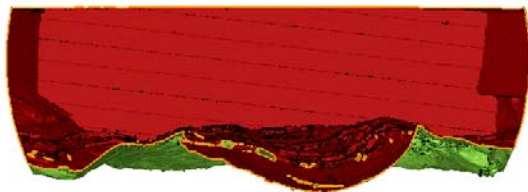


Abb. 6: 3D-STL-File (oben) und Replikat (Harz-1).

Die einzelnen Replikate wurden danach mit einem FRT- μ Proof Weisslichtinterferometer (Auflösung z-Richtung <10 nm) vermessen. Aus den Messdaten wurden wiederum STL-Files generiert und mit Hilfe einer CAD-Software übereinander gelegt. Abbildung 7 zeigt zwei kombinierte STL-Files.

Die Software errechnet die Abweichung der 3D-Objekte. Dabei werden die positiven und negativen Abweichungen sowie ein positiver und negativer

Durchschnittswert und die Standardabweichung berechnet (vgl. Tab. 1). Die Abweichungen liegen lediglich zwischen +17 μm und -13 μm . Mit Hilfe der Mikro-Stereolithographie können damit hochpräzise, beliebig skalierbare Fossilduplikate hergestellt werden.

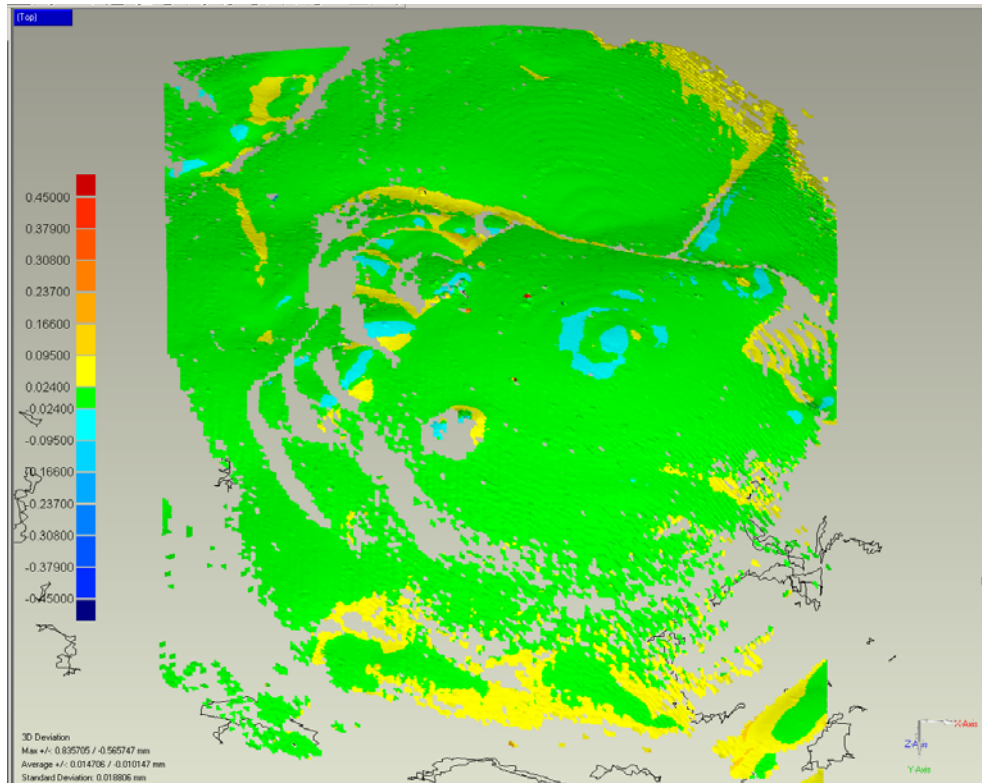


Abb. 7: Kombination STL-File basierend auf μ -CT Daten und STL-File basierend auf Harz-1.

	μ -CT-Scan
Harz-1	14,706 μm -10,014 μm
Harz-2	17,563 μm -13,988 μm
Gips-W1	17,183 μm -13,445 μm
Gips-W2	16,860 μm -13,131 μm
Gips-B1	17,932 μm -13,943 μm
Gips-G1	17,897 μm -13,229 μm

Tab. 1: Durchschnittliche Abweichungen der Replikate vom μ -CT-Scan.



Dank: Wir bedanken uns besonders bei Herrn Dr. Johann KASTNER und Herrn Dr. Dietmar SALABERGER von der Fachhochschule Oberösterreich Wels, die den μ -CT-Scan des Fossils durchgeführt haben. Dieses Projekt wird von der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des FHplus-Programms finanziell unterstützt. Die vorliegende Arbeit baut wesentlich auf den Erkenntnissen des FP 6 Marie Curie Research Training Networks ASSEMIC auf.

Literatur:

- KASTNER, J., SALABERGER, D., GRABNER, M. & MEHOFER, M. (2007): Mikro-Röntgencomputertomografie: Eine Zerstörungsfreie Methode für die Archäologie. - Archäologie Österreichs, 18/1: 60-64.
- GEBHARDT, A. (2000): Rapid Prototyping - Werkzeuge für die schnelle Produktentstehung. - 2. Aufl., 409 S., Carl Hanser Verlag, München.
- SCHILLEN, V.: RPDM – Rapid Product Development in der Mikro-systemtechnik. [http://www.fzi.de/mmr/german/projects/rpdm/rpdm_contents.html]