



Astrid Lorenzen
Anika Paape

»Mehr reparieren, mehr
Selbstermächtigung – mit
3D-gedruckten Ersatzteilen«

[3d-reparatur@offene-
werkstaetten.org](mailto:3d-reparatur@offene-werkstaetten.org)
<https://3d-reparieren.de>

3D-gedruckte Ersatzteile für die Reparatur – Hintergrundinformationen und Forderungen an die Politik

November 2022

Einleitung / Hintergrund

In diesem Handout sind Hintergrundinformationen und Ergebnisse aus mehreren Projekten zum Thema Nutzung der 3D-Drucktechnologie für die Produktion von Ersatzteilen zur Stärkung der Reparatur zusammengefasst. Es soll die Mitglieder des Runden Tisches Reparatur bei der Durchsetzung von Forderungen an die Politik unterstützen. Zudem werden Lücken im derzeitigen Informationsstand aufgezeigt (Forschungsbedarf).

Worum geht es?

Der mangelnde Zugang zu und überhöhte Preise von Ersatzteilen stellen eine der größten Hürden für die Reparatur dar. Für eine Vielzahl an Geräten werden vom Hersteller keine Ersatzteile mehr zur Verfügung gestellt. Der 3D-Druck bietet das Potenzial für eine günstige dezentrale on demand Produktion von Ersatzteilen. Um diese Chance für die Reparatur zu nutzen, sollten die Hersteller dazu verpflichtet werden Konstruktionsdaten nicht mehr zur Verfügung gestellter Ersatzteile an Nutzer*innen ihrer Produkte frei herauszugeben. Diese sind als Vorlage nötig, um ein möglichst passgenaues Ersatzteil 3D zu drucken.

Von der Datei zum 3D-gedruckten Ersatzteil

Schritt 1

Der Hersteller gibt die für den Nachbau des Ersatzteils nötigen Daten in Form einer bearbeitbaren Datei (s. beteiligte Dateiformate) heraus.

Schritt 2

Prüfen, ob sich das Teil überhaupt 3D-drucken lässt.

Schritt 3

Falls nötig, Änderungen an der Geometrie mittels eines 3D CAD-Programms vornehmen und an die Anforderungen des 3D-Druck anpassen. Wenn nur 2D-Skizzen vorliegen, müssen diese in 3D-Modelle überführt werden.

Liegen keine Originaldateien inkl. Maßen von dem zu ersetzenden Teil vor (zurzeit üblich), müssen die Maße von Hand abgenommen werden, sofern ein Referenzteil vorhanden ist. Das Verfahren kann gerade bei Freiformen zu Ungenauigkeiten führen. Anhand der gemessenen Maße wird das Teil dann in einem 3D CAD-Programm nachkonstruiert.

Es folgt der Export in einem Austauschformat (zurzeit meist: STL).

Schritt 4

Import der Austauschdatei in einen 3D-Druckertreiber (oder direkt als 3D CAD-Datei): Hier wird die 3D-Geometrie in Pfade „geschnitten“ und zusammen mit Druckparametern als Maschinencode an den 3D-Drucker gesendet.

Schritt 5

Je nach 3D-Druck-Technologie wird das Modell durch einen Laser, einen Extruder oder eine Belichtungsquelle schichtweise aufgebaut. Der 3D-Druck kann durch einen der zahlreichen Dienstleister erfolgen, über sog. Hubs (Zusammenschluss Semi-professioneller Einzeldrucker) oder in Makerspaces (offene Werkstätten für digitale Fertigung).

Schritt 6

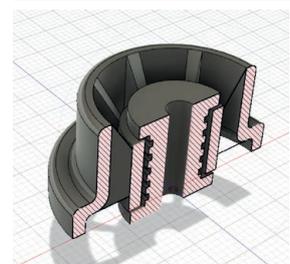
Nicht selten ist eine Anpassung der Datei und ein weiterer 3D-Druck nötig. Ein Grund dafür ist, dass zu Beginn keine exakten Maße (vom Hersteller) vorlagen.

Für ein passendes und haltbares Endergebnis ist ein stimmiges System aus 3D CAD-Datei, geeignetem 3D-Druckverfahren und Material nötig. Es ergibt Sinn, diese Informationen gesammelt anderen zur Verfügung zu stellen, die auf der Suche nach einem Ersatzteil sind.

→ Die größte Hürde ist die Beschaffung der 3D-Datei. Durch die verpflichtende Herausgabe der 3D-Datei oder zumindest der 2D-Pläne durch Hersteller würde der Ablauf vereinfacht.

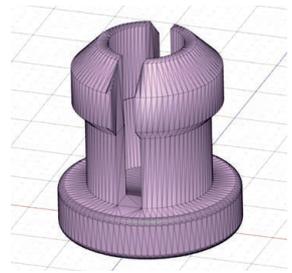
Beteiligte Dateiformate

1. Die **Konstruktionsdaten**, die nötig sind, um ein Teil vollständig zu beschreiben, sollten in einem offenen (parametrisierbaren), anbieterunabhängigen (neutralen) 3D CAD-Dateiformat vorliegen; am besten in einem 3D-Format (z.B. STEP, IGES), falls nicht vorhanden als digitale 2D-Datei mit bemaßten Skizzen. Ist auch diese nicht vorhanden, weil es sich z.B. um ein sehr altes Gerät handelt, wäre ein Scan einer technischen Skizze oder einer Explosionszeichnung inkl. aller wichtigen Maße als Vorlage nötig. Aus 2D-Skizzen lässt sich in einem 3D CAD-Programm ein 3D-Volumenmodell erstellen.



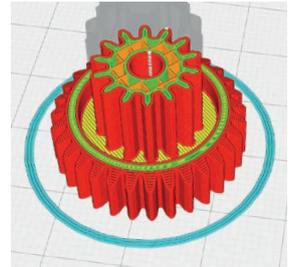
1. 3D CAD-Datei

2. Die 3D-Datei wird aus dem CAD-Programm in einem komprimierten **Austauschformat** (üblicherweise als STL) exportiert. Dabei werden 3D-Körper in Dreiecks-Geometrien überführt. Diese sind nun nicht mehr einfach zu modifizieren. Sie wird dann in ein 3D-Druckertreiberprogramm (Slicer) geladen. Viele Slicer können die 3D CAD-Datei auch direkt ohne Austauschformat verarbeiten.



2. STL-Format

3. Die eigentliche **Produktionsdatei** ist die **G-Code Datei (Maschinencode)**, die aus dem Slicer exportiert wird und den 3D-Drucker ansteuert. Um den 3D-Druck zu ermöglichen, werden zusätzlich zu der Teilegeometrie Informationen z.B. über die Druckgeschwindigkeit oder Füllungsparameter übermittelt.



3. G-Code-Format

Potenziale

Technische Grenzen, besonders geeignete Teile

Eine „3D-Reparatur“ ergibt besonders Sinn, wenn...

- das benötigte Teil ein kleineres Kunststoffteil ist, das aus einer Komponente besteht.
- das Originalersatzteil (OET) unverhältnismäßig teuer ist.
- das OET gar nicht (mehr) verfügbar ist, etwa weil das Gerät alt ist.
- das OET nur als Teil einer größeren Komponente oder eines großen Gebindes erhältlich ist.
- das OET vom Hersteller nur an ausgewählte Service-Partner verkauft wird.
- eine Funktionsverbesserung des Bauteils gewünscht wird.
- ein individuelles defektes Teil, das nicht als Ersatzteil erhältlich ist, ersetzt werden soll.
- ein Hilfsmittel für die Reparatur, wie bspw. eine Halterung, benötigt wird.

Ungeeignet ist ein Teil, das ... *

- sicherheitsrelevant ist (z.B. an Bremsen).
- größer als etwa 25 x 25 x 25 cm ist (überschreitet den Bauraum der gängigen 3D-Drucker).
- das besonders schlagzäh und abriebbeständig sein soll (die meisten Metallteile).
- besonders biegsam sein muss (z.B. Blattfedern).
- sehr temperaturbeständig sein muss (über 70°C; außer ABS-ähnliche Filamente).
- glasklar sein soll.
- eine besonders glatte Oberfläche haben soll.
- 100%-ig lebensmittelecht sein muss.
- sehr filigran und gleichzeitig stabil sein muss (z.B. Sprungfedern).

* Da sich die technischen Möglichkeiten, z.B. im Bereich Metall-3D-Druck und deren allgemeine Zugänglichkeit stetig weiterentwickeln, vergrößert sich damit auch die Anzahl der potenziell geeigneten Teile.

Was sind geeignete Produkte/ Produktgruppen?

Gerade bei **Haushalts-Kleingeräten** wie Kaffeemaschinen, Stab-Mixern, Rührgeräten oder Staubsaugern ergibt sich ein großes Potenzial, um eine Lücke in der Ersatzteilversorgung zu schließen, da diese eine Vielzahl an 3D-Druck-fähigen Kunststoffteilen aufweisen. Daneben gibt es Fälle aus den Bereichen HI-FI, Gartengeräte, Outdoor-Equipment, weiße Ware, Spielzeug, Beleuchtung, Möbel und sonstige hochpreisige Elektrogeräte, für die der 3D-Druck eine „Rettung“ darstellen kann. Einige Beispielfälle, finden sich auf dem Blog von 3d-reparieren.de/blog. Meistens handelte es sich um Zahnräder.

Lohnt es sich?

Ein Spritzgussersatzteil ist in der Regel günstiger und energieeffizienter zu produzieren als ein 3D-Druckteil. Wirtschaftlich und aus Ressourcensicht interessant sind zurzeit vor allem Ersatzteile, die der Hersteller nicht mehr anbietet und wo die Entsorgung des gesamten Produktes die Folge eines fehlenden Ersatzteils wäre. Besonders ältere Geräte könnten vom 3D-Druck profitieren, deren Restlebensdauer aufgrund vermeintlich langlebigerer Konstruktion länger ist.

Ist eine 3D-druckbare Datei vorhanden, kann diese on demand nahe des Einsatzortes 3D-gedruckt werden und somit können lange Lieferzeiten und –wege, sowie Kosten für Lagerhaltung vermieden werden.

Potenzielle Anwender*innen

Vom Zurverfügungstellen von Konstruktionsdaten aus Herstellerhand zur Ersatzteilversorgung per 3D-Druck könnten Vertreter*innen von Repair Cafés, Privatpersonen aber auch professionelle Reparaturbetriebe profitieren. Vorausgesetzt, dass sie bei den Produktions-Schritten von kundigen Expert*innen im Bereich 3D-Druck unterstützt werden, sie selbst über ausreichend Kenntnisse verfügen oder auf Lösungen zurückgreifen können, die den Ablauf vereinfachen. (Die Infrastruktur dafür müsste allerdings erst etabliert bzw. digitale Plattformen wie 3d-reparieren.de/3d-repair.org gezielt ausgebaut werden, s. Untersuchung Workflows).

Optionen für Unternehmen

Für Hersteller gäbe es unterschiedliche Modelle wie sie ihre Konstruktionsdaten zur Verfügung stellen.

Zu bevorzugen wäre die Herausgabe aller in Frage kommenden Dateien (zunächst nicht mehr produzierter Geräte und deren Ersatzteile) unter einer Open Source Lizenz auf einer frei zugänglichen Datenbank. Das Modell würde den Aufwand für Einzelanfragen einsparen. Wahrscheinlich könnte hier sogar eine Haftung seitens des Herstellers für das 3D-gedruckte Ersatzteils (via eines Disclaimers) ausgeschlossen werden.

Zukünftig lassen sich Konzepte denken, bei denen Hersteller zu neuen Produkten die (selten benötigten) Ersatzteil-Dateien direkt mitliefern, ähnlich eingenähten Ersatz-Knöpfen in Kleidungsstücken. Diese könnten dann bei

→ Es bräuchte eine Untersuchung über das quantitative Potenzial nicht mehr bereitgestellter Ersatzteile in den Haushalten.

Kommentar: Eine eigene Auswertung von Laufzetteln eines Repair Cafés hat ergeben, dass etwas weniger als 1/3 der Fälle potenziell durch einen 3D-Druck gelöst werden könnten. Die Ausgangsdaten sind jedoch sehr vage. Ähnliches gilt für eine Untersuchung der [TU Delft, veröffentlicht zur Plate Conference 2021](#). Diese geht von 7.5% bis 29% der zu lösenden Reparaturfälle aus.

Die Zahl der geeigneten Fälle, die es gar nicht ins Repair Café schafft, ist zudem unbekannt.

→ Hier wäre eine Untersuchung über den Workflow für verschiedene Nutzer*innen gruppen interessant (z.B. welche Voraussetzungen müssten für eine „3-Klick-Bestellung“ für Endkund*innen oder Reparaturbetriebe gegeben sein?). Zudem könnten Businessmodelle für die gewerbliche Verarbeitung (Umwandlung zur Druckdatei, 3D-Druck) der bereitgestellten Dateien z.B. aus dem Maker-Umfeld recherchiert werden.

Kommentar: eine systematische Sammlung und Zurverfügungstellung sämtlicher Dateien sowohl vom Hersteller als auch durch die Weiterarbeitenden und Feedback durch Nutzer*innen wäre sinnvoll. Diese könnten im Rahmen eines Reparatur-Standards gesammelt werden.

Bedarf ausgedruckt werden. Die druckfertigen Dateien könnten außerdem ein Element in einem digitalen Produktpass sein.

Wenn auch der 3D-Druck in der Verantwortung des Herstellers stehen soll, wären geschlossene Micro-Payment Modelle mit DRM-geschützten Druckvorlagen und festen Service-Partnern denkbar. Die Digitalisierung, Inventarisierung und der on demand 3D-Druck von Ersatzteilen für die eigene Produktion von Unternehmen, wird bereits als B2B-Dienstleistung angeboten.

→ Unterschiedliche Business-Case-Modelle könnten im Rahmen von Use-Cases in Kooperation mit Herstellern aufgezeigt werden. Es sollten dann auch Open-Source Modelle und deren Vorteile untersucht werden.

Rechtliche Fragen

Folgende Informationen wurden nicht von juristischen Fachleuten zusammengetragen!

Siehe dazu auch Kapitel »**Rechtsfragen**« in der Broschüre »Leitfaden für den Einsatz 3D-gedruckter Ersatzteile in der Reparatur« ab S. 74. und Abschnitt »Rechtlicher Kontext« in der Linkliste auf 3d-reparieren.de.

Haftung

Die Frage nach der Haftung könnte für Hersteller relevant sein, falls es durch ein 3D-gedrucktes Ersatzteil zu einem Schaden an Mensch oder Maschine kommt. Nach unserer Recherche kommt es in dem Fall auf den Verursacher des Schadens an und ob eine grobe Fahrlässigkeit vorliegt. Dafür gäbe es unterschiedliche Akteure, die hier zu betrachten wären:

1. Ersteller*in der Konstruktionsdaten
2. Ersteller*in der 3D-Druckdatei
3. Ersteller*in der Produktionsdatei/Verantwortliche*r des 3D-Drucks
4. ggf. Installateur*in bei z.B. weißer Ware
5. Nutzer*in

Der Küchengerätehersteller Krups verkauft seit einiger Zeit ausgewählte Ersatzteile als 3D-Druck neben seinen übrigen Ersatzteilen inkl. eines Hinweises an den Endkunden. Für diese Teile gelten die selben Haftungsauflagen wie für die übrigen Ersatzteile.

→ Ggf. bräuchte es eine weiterführende juristische Prüfung der Haftungsfrage, vielleicht für unterschiedliche Szenarien je nach Lizenzmodell.

Forderungen an die Politik

Wir schließen uns der Forderung des Runden Tisches Reparatur an, wie in Punkt 7d) der Forderungsliste:

»Die Hersteller sollten verpflichtet sein, die Konstruktionsdaten von Ersatzteilen, die nicht lieferbar sind, umsonst zu Verfügung zu stellen oder zu einem Preis, der in einem vernünftigen und begründbaren Verhältnis zu den Herstellungskosten des Ersatzteils steht. So wird gewährleistet, dass Ersatzteile im Nachbau (etwa durch 3D-Druckverfahren) hergestellt werden können.«

ergänzend:

- Herausgabe der Konstruktionsdaten möglichst in digitaler Form in einer parametrisierbaren Datei unter einem neutralen Dateiformat: Diese werden optimalerweise in Form von 3D-Dateien herausgegeben oder falls nicht vorhanden, 2D-Pläne mit bemaßten Skizzen. Pläne über das gesamte Gerät sind ebenso möglichst zu übermitteln, um Informationen über Schnittstellen wie Spaltmaße darzustellen.
- Pflicht des Herstellers auf Begründung, falls er der Pflicht auf Herausgabe der Dateien nicht nachkommen kann (s.u. Frankreich).
- Herausgabe auch an private Reparierende und Reparatur Initiativen (!).
- Recht der Verbraucher*innen zusätzlich neben den 2D/3D Dateien auch Austausch- und Produktionsdateien als Vorlage für den 3D-Druck anderen zur Verfügung zu stellen.

→ Hierzu müsste ggf. näher definiert werden, welcher Aufwand zumutbar ist, um an die 2D und 3D-Dateien zu gelangen, bspw. falls Zulieferer kontaktiert werden müssten.

Internationale Aktivitäten

Aktueller Stand Frankreich

Seit Februar 2020 ist das Gesetz zur Verbraucherinformation unterzeichnet und seit Januar 2022 in Kraft, allerdings seit mehr als 10 Monaten unwirksam, da das Dekret noch nicht veröffentlicht wurde. Ein Grund dafür ist die fehlende Definition der Produktgruppen. Das Gesetz sieht es vor, dass Hersteller auf Anfrage zur Herausgabe von 3D-Modellen der nicht mehr vertriebenen Ersatzteile ihrer Geräte an professionelle Reparatereure verpflichtet werden.

Gesetzestexte (franz.): »Anti-Verschwendungsgesetzes für eine Kreislaufwirtschaft«, Kapitel I: Allgemeine vorvertragliche Informationspflicht (Artikel L1111-1 bis L1111-8), Artikel L 1111-4

Autorinnen

Seit 2017 sind Astrid Lorenzen und Anika Paape im Rahmen von mehreren Projekten, darunter das UBA Verbändeprojekt »Potenziale des 3D-Druck für die Reparatur nutzen« (2017 bis 2019), das Projekt »reparieren verbindet« (2020) des Verbunds offener Werkstätten bis aktuell dem NWE-Interreg Projekt »SHA-REPAIR« (bis Ende 2022) zum Thema „3D-Reparatur“ aktiv.

Die Autorinnen betreuen und aktualisieren die deutschsprachige Informationsplattform 3d-reparieren.de auf der Projektergebnisse veröffentlicht sind. Zudem soll unter 3d-repair.org eine Anlaufstelle geschaffen werden, um die internationalen Potenziale des digitalisierten Ablaufs zu nutzen. Es soll ein Metasuch-Feld für die (mehrsprachige) Suche nach 3D-Ersatzteil-Dateien geben, Generatoren für bestimmte Ersatzteile, Leitfäden und Video-Tutorials, sowie die Verknüpfung zu einem Kommunikations-Kanal, der vom Verbund offener Werkstätten bereitgestellt wird. Der Kanal kann DER Ort für den Austausch zwischen CAD-/Maker-Community und der Reparatur-Community zum Zwecke der „3D-Reparatur“ werden.