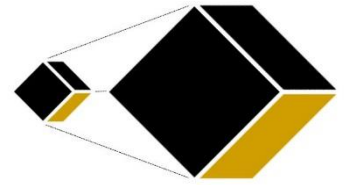


---

# 3D-Scanning und Flächenrückführung (reverse engineering)

3D-Fokus  
CAX und technische Dokumentation



## 1.) Ziel:

Um einen vorhandenen Gegenstand zu reproduzieren, bieten sich verschiedene Vorgehensweisen. Welche davon als reverse engineering bezeichnet werden, ist eine Definitionsfrage und wird unterschiedlich gesehen.

Möglich wäre beispielsweise das Abformen des vorhandenen Urmodells und Anwendung eines Gießverfahrens. Dies hat aber folgende Nachteile:

- Mängel an der Maßhaltigkeit aufgrund von Schwindung
- Übernahme aller Fehler und Beschädigungen aus der Herstellung und dem Gebrauch des Urmodells
- Es sind nur geringe Stückzahlen herstellbar, da die gewonnene Form nach einigen Anwendungen unbrauchbar wird (Silikonguss)

Da heutzutage die meisten Fertigungsverfahren auf digitalen Dateien basieren, beginnt man üblicherweise mit der Erstellung eines geeigneten Datensatzes in einem 3D-CAD-Programm. Dazu ist eine vollständige messtechnische Erfassung erforderlich. Je nach geplanter Fertigung werden dann aus dem CAD-Modell Dateien erzeugt, etwa

- .step, .igs, .dxf z. B. für Laser-Kantteile
- .pdf und diverse Fotoformate sowie ausgedruckte 2D-zeichnungen für handwerkliche Fertigung
- Spezielle CAM-Dateien für spanende Fertigung (G-Code)
- .stl, .obj, ply für dreidimensionale Darstellung oder additive Verfahren (letztendlich verarbeiten aber auch 3D-Drucker G-Code oder Ähnliches)

Welchen Aufwand man betreiben muss, hängt natürlich sowohl vom gewählten Fertigungsverfahren ab als auch von der geforderten Qualität des Endergebnisses.

## 2.) 3D-Scan

Ein möglicher erster Schritt auf dem Weg von der Vorlage / dem Urmodell zur CAD-Datei wäre das 3D-Scannen.

Die dazu verwendeten Geräte unterscheiden sich in der Genauigkeit, dem Größenbereich und auch im zugrundeliegenden Verfahren. Mit strukturiertem Licht und einer Doppelkamera werden schon sehr gute Ergebnisse erzielt. Es können aber keine Hinterschneidungen aufgenommen werden („Was ist in dem Loch?“). Auch stark reflektierende oder mattschwarze Oberflächen führen hier zu Schwierigkeiten. Ebenso transparente Oberflächen oder Haare. Abhilfe bietet die Behandlung mit Mattierungsspray, welches aber auch das Urmodell beschädigen kann.

Falls nicht genügend Oberflächenmerkmale vorhanden sind, muss das Urmodell oft mit sogenannten „Markern“ beklebt werden, was bei großen Modellen und kleinem Sichtfenster des Scanners zu einer sehr aufwändigen Vor- und Nacharbeit führen kann.

Kleinere Modelle werden sinnvollerweise auf einem automatischen Drehteller platziert, dessen Plattform spezielle Marker aufweist, wodurch sich das Aufkleben von zusätzlichen Markern erübrigt.

### 3.) STL-Datei

Nach erfolgreichem Scannen liefert die Scannersoftware dann eine Punktwolke oder eine STL-Datei, die diese Punkte bereits zu Dreiecken zusammengefasst hat. Außerdem ist es möglich, im Scan (immer) vorhandene Löcher zu schließen und ein „wasserdichtes“ Modell zu exportieren, welches dann auch prinzipiell direkt an den Slicer übergeben werden kann.

STL-Dateien können sogar in übliche CAD-Programme importiert werden. Dort kann man sie ansehen, drehen - und wieder löschen. Eine Interaktion (Abhängigkeiten erzeugen, boolesche Vernüpfungen) mit dem eigentlichen CAD-Modell ist jedoch nicht möglich.

### 4.) Slicer

Im Slicer, der auf den 3D-Drucker abgestimmt sein muss, werden dann die Supportstrukturen generiert und alle Einstellungen für den additiven Fertigungsprozess festgelegt. Meistens werden dann G-Code-Dateien oder Ähnliches für den Drucker exportiert. Diese Dateien enthalten aber noch Fehler. Augenfällige Schönheitsfehler können vor dem Slicen z. B. noch beispielsweise im meshmixer (von AutoDesk, gratis) behoben werden. Auch das Schließen der Löcher sowie Skalierungsprozeduren sind in diesem Programm oft präziser als in der Scannersoftware möglich.

### 5.) Reverse Engineering

Die bis hier beschriebenen Arbeitsschritte können schon zu einem befriedigenden Druckergebnis führen. Warum also noch RE anwenden?

Die Flächenrückführung von technischen Teilen dient hauptsächlich dazu, die erzeugten Strukturen zu normieren, also Ebenen (Flächen), Zylinder, Kegel, Kugeln usw. zu erzeugen, wie sie wohl der ursprüngliche Entwickler der Form im Sinn hatte (design intent). Diese sogenannten „primitives“ entsprechen naturgemäß nicht exakt der gescannten Oberfläche, was aber auch nicht gewollt ist. An einem realen Bauteil gibt es niemals perfekte geometrische Flächen. Der Scanner erkennt die Zusammenhänge nicht, die ein menschlicher Betrachter durchaus sehen würde. Also erzeugt die Scannersoftware aufgrund der Abweichungen, die aus

- der Fertigung des zugrundeliegenden Bauteils,
- aus Abnutzungsspuren sowie
- aus Ungenauigkeiten beim Scanvorgang usw.

entstanden sind, viel zu viele Strukturen. Dies führt zu sehr großen Dateien, die zudem unnötige und irreführende Informationen enthalten. Ein erfahrener Konstrukteur erkennt z. B. eine Sechskantmutter und ersetzt sie routinemäßig durch ein Normteil. Für den Scanner ist es nur eine Ansammlung von Punkten bzw. Dreiecken und vom Gewinde wären nur Ansätze erkennbar. Es würde keinen Sinn ergeben, die Mutter anhand der Scannerdaten zu fertigen.

Nicht nur technische Bauteile, sondern auch organische Formen profitieren von der Umwandlung in parametrische CAD-Modelle, denn mit ihnen kann man andere CAD-Modelle in der Baugruppe ausrichten, Verschmelzungen ausführen und CAM-Dateien erzeugen.

Allein schon das sinnvolle Ausrichten im Koordinatensystem ist bei gescannten Dateien nur nach Augenmaß möglich. Im reverse engineering erfolgt die Ausrichtung anhand der angenäherten „primitives“ (Flächen, Kegel, Kugeln, Zylinder usw.).

In der Praxis werden für ein effizientes reverse engineering oft mehrere Verfahren kombiniert:

- Oberflächen erfassen mit Scanner – möglichst auf Drehteller
- ggf. Einsatz von Markern und/oder Mattierspray
- Löcher und Artefakte beseitigen
- Sinnvolles Ausrichten im Koordinatensystem
- Messungen zur Kontrolle
- Endgültige Bearbeitung im CAD-Programm