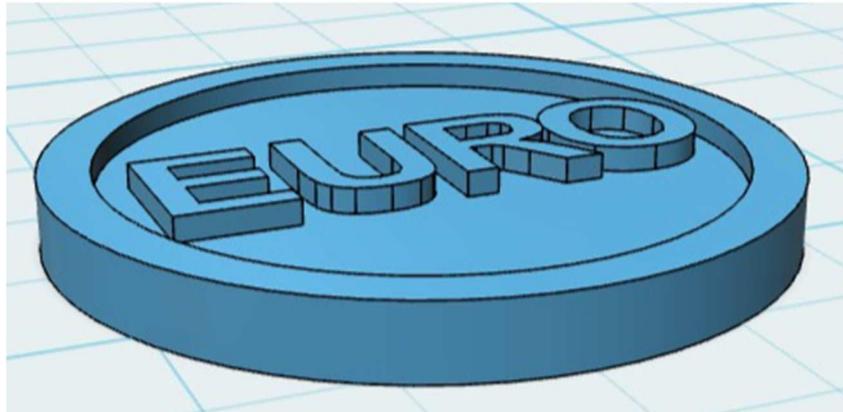
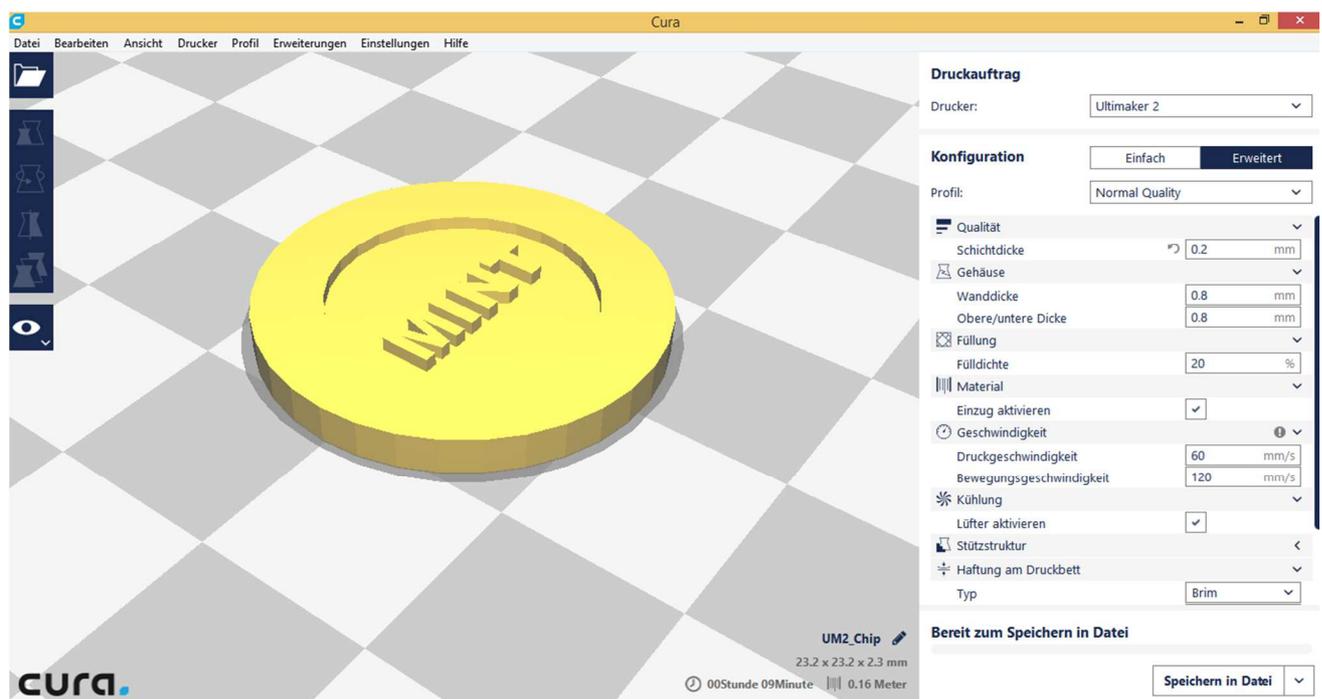


Slicing beim FDM-Verfahren: von der 3D-Zeichnung zum ausgedruckten 3D-Objekt

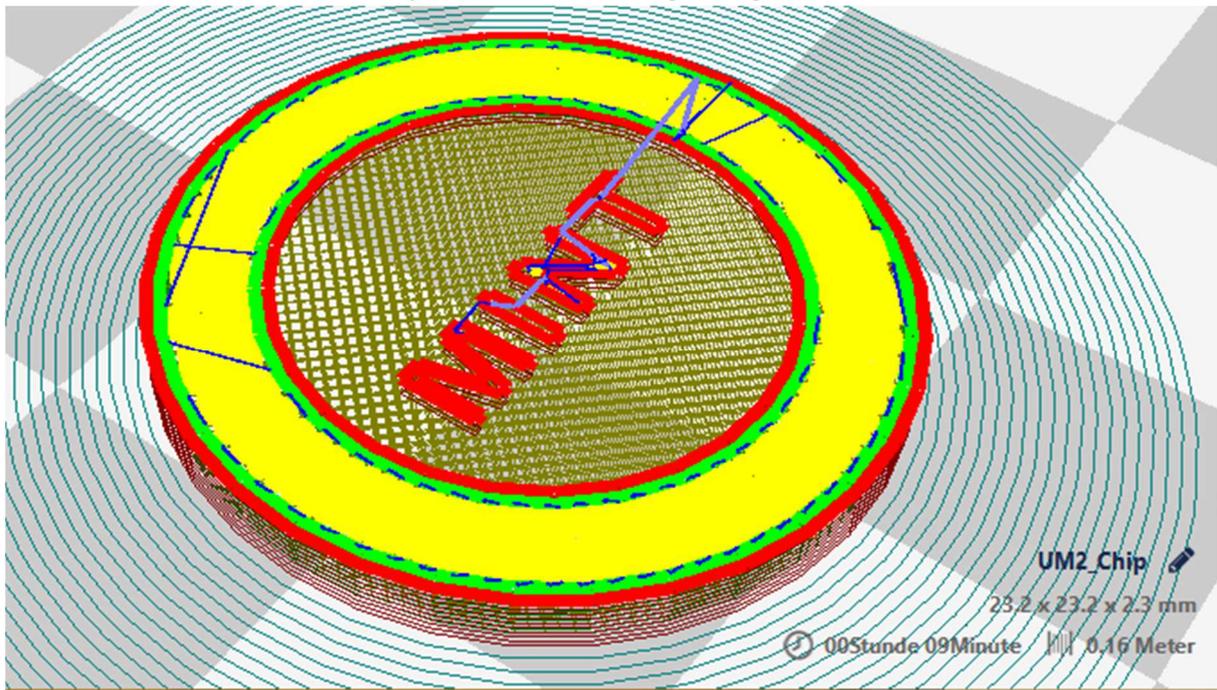
Wenn wir eine 3D-Zeichnung erstellt haben, möchten wir diese auch gerne ausdrucken und in Wirklichkeit betrachten oder benutzen können. Als Beispiel betrachten wir unseren Einkaufschip.



Für den 3D-Druck wird nicht die 3D-Zeichnung selbst, sondern ihre stl-Version für den 3D-Drucker aufbereitet: Dies nennt man Slicing, wobei die 3D-Zeichnung in einzelne Schichten und jede Schicht in einzelne Druckbahnen zerlegt wird. Für dieses Berechnen der Druckbahnen aus der stl-Datei gibt es verschiedene Slicing-Programme, z.B. Slic3r oder Cura. Im Folgenden wollen wir beispielhaft Cura betrachten. Nachdem man das zu druckende Objekt auf der Druckplatte platziert hat, kann man zum Slicing übergehen.



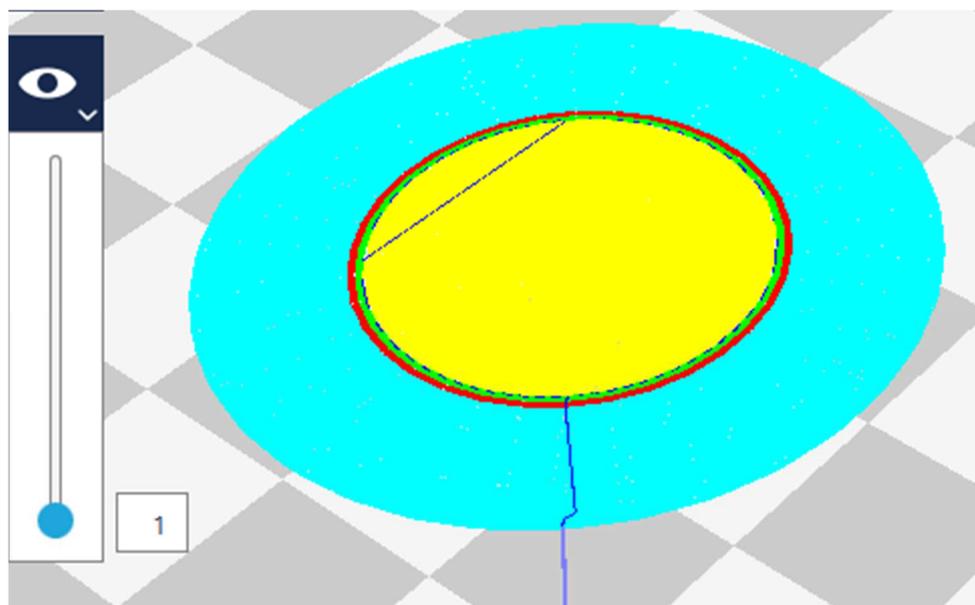
Klickt man nun auf ANSICHT > SCHICHTEN so werden aus der stl-Datei die einzelnen Schichten und bei jeder Schicht die zugehörigen Bahnen berechnet:



berechnete Schichten und Bahnen für den Einkaufschip

Aufgabe 1: Gib an, wie lange die reine Druckzeit beträgt und wie viel Filament für den Einkaufschip benötigt wird.

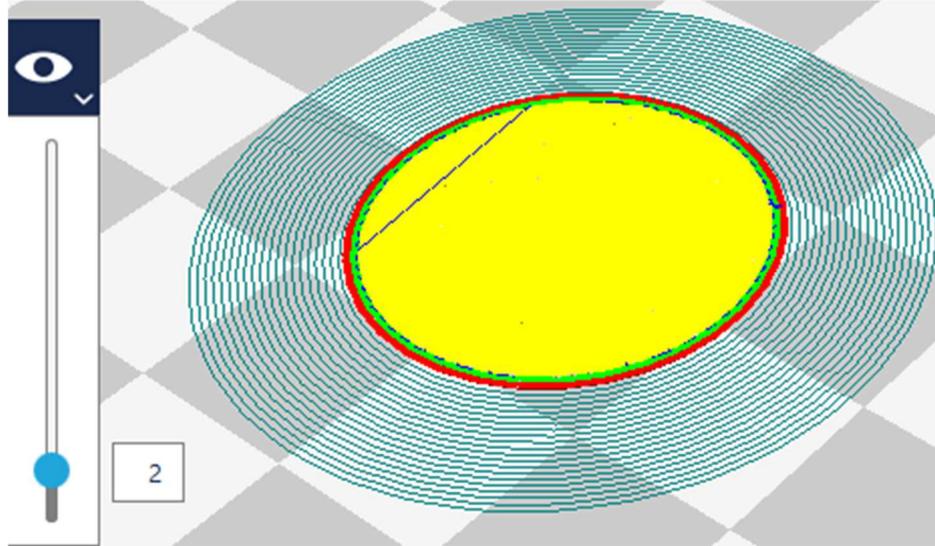
Die einzelnen Schichten kann man sich nun anzeigen lassen. Wir beginnen mit der untersten Schicht, dem sogenannten „first layer“. Ziehe dazu den „Regler“ auf „1“.



Unterste Schicht mit Ring zum Auspressen von bereits erhitzten Filament und zur Verbesserung der Haftung (Brim)

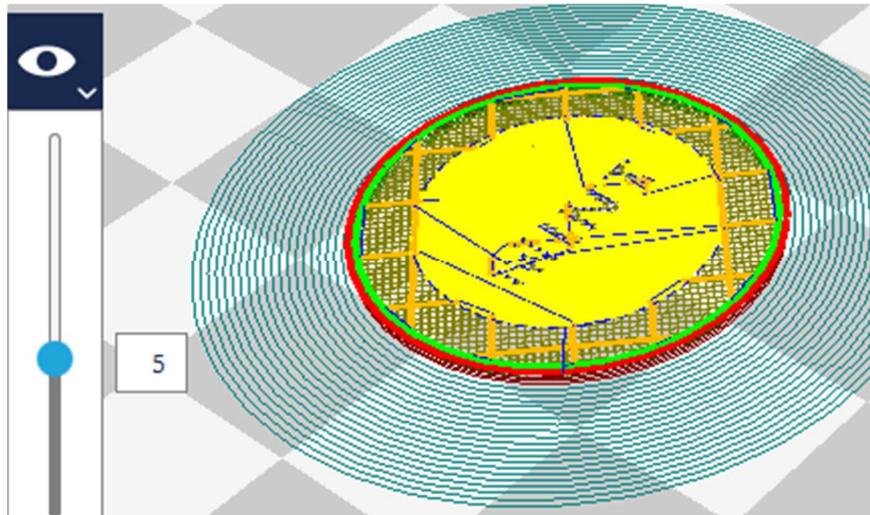
Aufgabe 2: Erläutere, warum bei der untersten Schicht zusätzliche Bahnen, die um die erste Schicht des Einkaufschip verlaufen, berechnet und später gedruckt werden.

Ab der zweiten Schicht gehören alle Bahnen nur noch zum zu druckenden Objekt:



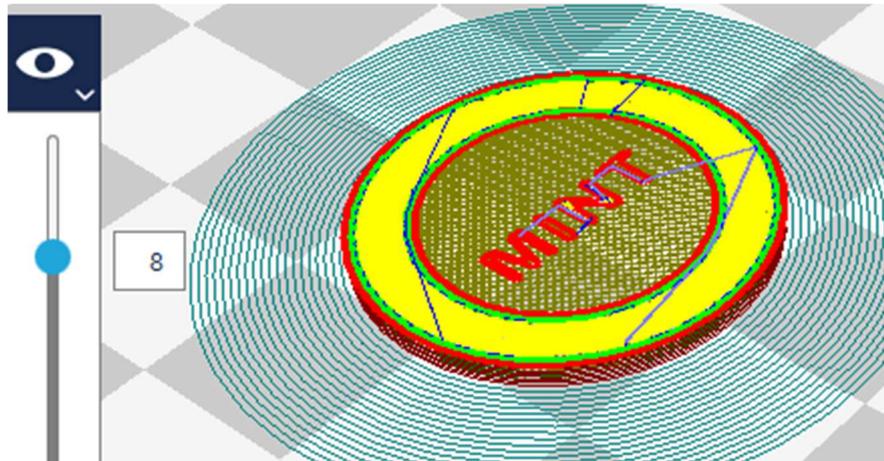
second layer

In der fünften Schicht entsteht der-Schriftzug und die äußere Umrandung:



fünfte Schicht

Ab Schicht 8 wird die Oberfläche geschlossen.



Die berechneten Schichten und Bahnen werden im sogenannten G-Code gespeichert. Der 3d-Drucker „versteht“ den G-Code und kann entsprechend dem G-Code das zu druckende Objekt herstellen.

Bevor man allerdings den Druckercode generiert, muss man noch die verschiedenen Angaben zur Druckqualität machen. Dazu hat man die Möglichkeit in der „einfachen Konfiguration“ zwischen vier vorgegebenen Qualitätsstufen zu wählen oder im „erweiterten Modus“ die verschiedenen Druckparameter wie Schichtdicke, Druckgeschwindigkeit, Wanddicke und Füllung von Hohlräumen selber festzulegen. Die Wahl der richtigen Werte kann sich entscheidend auf die Druckqualität auswirken und bedarf einiger Erfahrung.

G-Code

Der für den Einkaufschip erzeugte G-Code ist viele Zeilen lang, welche vom 3D-Drucker nacheinander von der 1. Zeile bis zur letzten Zeile abgearbeitet werden. Der 3D-Drucker fängt dabei bei der untersten Schicht (first layer) an, die einzelnen Druckbahnen abzufahren und entsprechend das Filament mit einer Höhe von 0,2mm auf die Druckplatte auszubringen. So wird die erste Schicht gedruckt. Danach kommt die zweite Schicht dran, welche auf den first layer aufgebracht wird. Es folgen entsprechend die dritte Schicht usw. bis zur letzten Schicht.

Aufgabe 3: Erkläre, warum beim Drucken des Einkaufschips mit dem first layer angefangen wird und nicht mit der zwölften Schicht, dann die elfte Schicht usw.

Beim G-Codes gibt es verschiedene Versionen. Wir verwenden hier die Version von „RepRap“. Wir betrachten als Beispiel die Zeile 21 des G-Codes unseres Einkaufschips, also

Zeile 21: G1 X15.284 Y-0.672 E0.12573

Die Zeile 21 besteht aus vier Befehlen:

G1 bedeutet linear move, also eine Bewegung in eine Richtung, bestehend aus den Verschiebungen in X-, Y-, oder Z-Richtung. Ist z.B. die Z-Richtung nicht genannt, bleibt die Höhe unverändert.

X15.284 bedeutet 15,284mm in Richtung der X-Achse bewegen Y-0.672 bedeutet -0,672mm in Richtung der Y-Achse bewegen

E0.12573 bedeutet 0,12573mm Filament zwischen Anfangs und Endpunkt ausbringen („extrude“- Nicht zu viel und nicht zu wenig).

Insgesamt bedeutet Zeile 21 somit:

Von der aktuellen Position des Druckkopfes bewege den Druckkopf 15,284mm in Richtung der X-Achse, -0,672mm in Richtung der Y-Achse und 0mm in Richtung der Z-Achse. Während dieser Bewegung bringe zwischen Anfangs- und Endpunkt der Bewegung 0,12573mm geschmolzenes Filament aus.

Erläuterung: Weil in Zeile 21 kein Z-Wert wie z.B. Z0.04 genannt ist, wird automatisch Z0.0 gesetzt. Dies bedeutet, dass es eine Bewegung in Richtung der z-Achse um 0,0mm gibt, also keine Bewegung in Richtung der z-Achse. Somit bleibt die Höhe des Druckkopfes unverändert.

Weitere G-Code-Befehle sind beispielsweise: G0 bedeutet rapid linear move, also eine schnelle Bewegung in eine Richtung; F3000 bedeutet feed rate (Bewegungsgeschwindigkeit des Druckkopfes) wird auf 3000mm/min eingestellt.

Aufgabe 4: Erkläre die Wirkung der folgenden Zeilen des G-Codes auf den Druckkopf. Hinweis: Die Schichthöhe ist hier stets auf 0,2mm eingestellt und bleibt in den Folgezeilen unverändert (keine Angabe für Z).

Zeile 15: G0 F9000 X14.770 Y-3.986 Z0.200 (Startpunkt auf „second layer“)

Zeile 17: G1 F1800 X14.931 Y-3.335 E0.02509 (Höhe unverändert)

Zeile 18: G1 X15.064 Y-2.672 E0.05039

Hat das zu druckende 3D-Objekt Überhänge, also frei in der Luft hängende Bereiche, so wird beim Slicing sogenanntes Füllmaterial unterhalb der Übergänge ergänzt. Ein 3D-Drucker, der nach dem FDM-Verfahren arbeitet, kann ja die Überhänge nicht einfach in die Luft drucken, weil dann das Filament einfach herunterfallen würde. Nach dem fertig gestellten 3D-Druck eines 3D-Objekts wird das Stützmaterial einfach wieder entfernt, also heraus gebrochen und heraus gefeilt etc.

Aufgabe 5: Wir hatten ja schon die Kaffeetasse oder das Spielauto in 3D gezeichnet. Beschreibe bei beiden 3D-Objekten, wo sich Überhänge befinden bzw. wo Stützmaterial für den 3D-Druck (FDM-Verfahren) durch ein Slicing-Programm ergänzt werden muss.

Lösungen zum Slicing

Aufgabe 1: Gib an, wie lange die reine Druckzeit beträgt, wie viele Schichten bzw. Bahnen es gibt und wie viel Filament für den Einkaufschip benötigt wird.

Klar: Diese Daten können in der Abbildung "Einkaufschip" abgelesen werden.

Aufgabe 2: Erläutere, warum bei der untersten Schicht zusätzliche Bahnen, die um die erste Schicht des Einkaufschip verlaufen, berechnet und später gedruckt werden.

Zu Beginn des Druckens wird aus dem Druckkopf das zuletzt verbliebene Filament rausgedruckt und zwar auf die zwei zusätzlichen Bahnen. Danach befindet sich nur noch neues und somit frisches Filament im Druckkopf, das für das gewünschte Druckobjekt wie z.B. dem Einkaufschip verwendet werden kann. Zusätzlich wird die Haftfläche der Figur auf der Druckplatte verbessert.

Aufgabe 3: Erkläre, warum beim Drucken des Einkaufschips mit dem „first layer“ angefangen wird und nicht mit der zwölften Schicht, dann die elfte Schicht usw.

Das zu druckende Objekt wird von unten nach oben schichtweise gedruckt. Also wird der first layer (die unterste Schicht) auf das Druckbett aufgebracht. Dann wird die zweite Schicht auf die erste Schicht aufgebracht usw. So „wächst“ das zu druckende Objekt von unten nach oben und eine Schicht auf der anderen.

Würde man mit der obersten Schicht, also beim Einkaufschip mit der zwölften Schicht, beginnen, so würde man die zwölfte Schicht in die Luft drucken: Jede Schicht hat eine Höhe von 0,2mm. Das heißt, dass die zwölfte Schicht auf eine Höhe von 2,2mm aufgebracht werden würde, nämlich auf die nicht vorhandene elfte Schicht. Da die elfte Schicht noch nicht vorhanden wäre, könnte das Filament der zwölften Schicht nirgendwo anheften und würde auf das 2,2mm entfernte Druckbett herunterfallen.

Aufgabe 4: Erkläre die Wirkung der folgenden Zeilen des G-Codes auf den Druckkopf.
Hinweis: Die Schichthöhe ist hier stets auf 0,2mm eingestellt.

Zeile 15: G0 F9000 X14.770 Y-3.986 Z0.200

G0: rapid linear move, also eine schnelle Bewegung in eine Richtung, F9000: feed rate (Bewegungsgeschwindigkeit des Druckkopfes) wird auf 9000mm/min eingestellt, X14.770 Y- 3.986 Z0.200: 14,77mm in Richtung der X-Achse, -3,986mm in Richtung der Y-Achse und 0,2mm in Richtung der Z-Achse den Druckkopf bewegen. Es wird hierbei nur der Druckkopf auf die neue Position bewegt, aber kein Filament ausgebracht. Da nämlich der E-Wert fehlt wie z.B. E0.002502 wird automatisch E0.0 gesetzt und somit 0,0mm Filament ausgebracht.

Zeile 17: G1 F1800 X14.931 Y-3.335 E0.02509

G1: linear move, also eine Bewegung in eine Richtung, F1800: feed rate (Bewegungsgeschwindigkeit des Druckkopfes) wird auf 1800mm/min eingestellt, X14.931 Y- 3.335 E0.02509: 14,931mm in Richtung der X-Achse und -3,335mm in Richtung der Y-Achse bewegen und dabei 0,02509mm Filament zwischen Anfangs und Endpunkt ausbringen („extrude“).

Zeile 18: G1 X15.064 Y-2.672 E0.05039

G1: linear move, also eine Bewegung in eine Richtung, X15.064 Y-2.672 E0.05039:
15,064mm in Richtung der X-Achse und -2,672mm in Richtung der Y-Achse bewegen und dabei 0,05039mm Filament zwischen Anfangs und Endpunkt ausbringen („extrude“).

Aufgabe 5: Wir hatten ja schon die Kaffeetasse oder das Spielauto in 3D gezeichnet. Beschreibe bei beiden 3D-Objekten, wo sich Überhänge befinden bzw. wo Stützmaterial für den 3dDruck (FDM-Verfahren) durch ein Slicing-Programm ergänzt werden muss.

Kaffeetasse: Überhänge befinden sich unterhalb des Henkels und in der Öffnung des Henkels.

Spielauto: Wenn das Spielauto als ein 3D-Objekt gedruckt wird, so stehen die Räder auf der Druckplatte. Somit ergibt sich ein Überhang unterhalb des Fahrzeugbodens.