

Zusatzmaterial für Ihren MINT-Unterricht

kompakt Schule ist ein Begleiter der think ING. kompakt und ergänzt ausgewählte Themen um passendes Unterrichtsmaterial. In Anlehnung an die kompakt 09|2017 widmet sich diese Ausgabe dem Thema 3D-Modellierung. Die Unterrichtseinheit eignet sich für Schüler der Sekundarstufen I und II von 14 bis 19 Jahren. Programmierkenntnisse sind für die Schüler nicht erforderlich. Das Material als Download finden Sie hier: s.think-ing.de/3d-druck

- **INHALTE:** 3D-Druck, 3D-Modellierung
- **FÄCHER:** Informatik, fächerübergreifendes MINT-Lernen
- **SEK. I + II:** 14 – 19 Jahre
- **MATERIAL:** Computer mit Internetzugang
Optional: 3D-Drucker

1 ZUSAMMENFASSUNG

Der 3D-Druck bietet vielfältige Möglichkeiten für fächerübergreifendes Lernen und Projektarbeiten. Sei es das Rapid Prototyping von Versuchsobjekten in der Physik oder Chemie, die Programmierung eigener 3D-Modelle oder der haptische Zugang zu mathematischen, dreidimensionalen Zusammenhängen – es finden sich diverse Anknüpfungspunkte zu den Bereichen Informatik, Physik, Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau, Mathematik oder sogar Kunst und Architektur. Die Maker-Bewegung hat diese Technik in den letzten Jahren erschwinglich für Privathaushalte und Schulen gemacht, sodass sie für den Unterricht nutzbar geworden ist. In Kooperation mit FabLabs* und diversen Online-Druckdiensten lassen sich die Ergebnisse entsprechender Unterrichtseinheiten auch ohne eigenen 3D-Drucker herstellen.

2 VORSTELLUNG DES KONZEPTS

Aus Sicht der Informatik ist besonders die Konstruktion eigener 3D-Modelle spannend. Weitere Anknüpfungspunkte finden sich in der mikroelektronischen Steuerung eines 3D-Druckers, der theoretischen Erarbeitung einzelner Algorithmen zur Transformation eines 3D-Modells in einen Druckpfad sowie bei den dabei verwendeten Datenstrukturen. Auch im Bereich des 3D-Scannings durch Bilderkennung lassen sich komplexe Algorithmen veranschaulichen. Je nach Alter und Wissensstand der Schülerinnen und Schüler können unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. So können Jugendliche in den Programmiersprachen OpenSCAD, ImplicitCAD oder BlocksCAD selbst 3D-Modelle programmieren und den 3D-Modellierungsprozess sehr detailliert betrachten. Für Jüngere ermöglicht es die browserbasierte Software TinkerCAD, schnell und intuitiv kreative 3D-Modelle zu erstellen.

Im Rahmen von Projektarbeiten im Informatikunterricht bietet sich OpenSCAD (www.openscad.org) an. Dies ist eine funktionale Programmiersprache, die es ermöglicht, 3D-Modelle über textuellen Code zu konstruieren. Dazu werden primitive Körper (Kugel, Zylinder, Quader) zu komplexen Modellen kombiniert. Dafür stehen Transformationen (Bewegen, Rotieren, Skalieren usw.), konstruktive Festkörpergeometrieoperationen (Vereinigung, Ausschneiden, Schnittmenge), mathematische Operationen (Skalar- und

Vektoroperationen, trigonometrische Funktionen usw.) und programmiersprachenspezifische Funktionen (Parameter, if-Abfrage, for-Schleife usw.) zur Verfügung.

Der zentrale Vorteil liegt in der Einführung oder Vertiefung grundlegender Programmierkonstrukte (if-Abfragen, for-Schleifen uvm.) und der sinnvollen Verwendung mathematischer Operationen. So lässt sich ein konkreter Anwendungsbezug für eine Vielzahl abstrakter mathematischer Konzepte finden (z. B. trigonometrische Funktionen oder Vektoroperationen). Darüber hinaus kann OpenSCAD als Beispiel für eine funktionale Programmiersprache verwendet werden, um in einem Leistungskurs alternative Program-

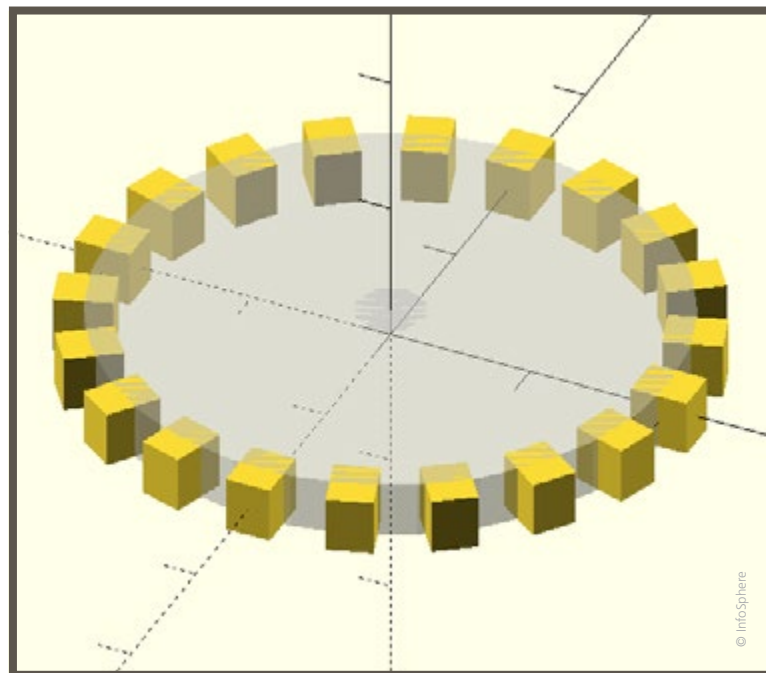


ABB. 1 Modellierte Zähne des Zahnrads

mierparadigmen zu behandeln. Außerdem besitzt die Sprache eine ausführliche Online-Dokumentation (s.think-ing.de/openscad). Der Programmierprozess lässt sich durch den Konstruktionszweck fächerübergreifend in einen sinnvollen Kontext einbetten, beispielsweise Flügel für Strömungstests, Linsenhalterungen für optische Versuche oder Visualisierung von Molekülen.

3 AUFGABE DER SCHÜLER

Als Beispiel für eine Schüleraufgabe dient hier ein Zahnrad, das für die Konstruktion eines Getriebes benötigt wird. Das Zahnrad lässt sich aus einem Zylinder, aus mehreren Quadern für die Zähne und einem zylinderförmigen Loch für die Achsaufhängung zusammensetzen.

```

1 // Körper
2 radius = 20;
3 hoehe = 4;
4 achsradius = 2.5;
5
6 difference() {
7     // Grundkörper
8     cylinder(r=radius,h=hoehe,center=true);
9     // auszuschneidender Körper
10    cylinder(r=achsradius,h=hoehe,center=true);
11 }
12
13 // Zähne
14 anzahl = 20;
15 laenge = 2*radius/10;
16 breite = (2*PI*radius/anzahl)/2;
17 winkelabstand = 360/anzahl;
18
19 for(rotationswinkel=[0:winkelabstand:360]) {
20     rotate([0,0,rotationswinkel]) {
21         translate([radius,0,0]) {
22             cube([laenge,breite,hoehe],center=true);
23         }
24     }
25 }
26
    
```

ABB. 2 Quellcode des vollständigen Zahnrades

Die Positionen der Zähne müssen mathematisch korrekt berechnet werden, um ein funktionales Zahnrad zu erhalten. Der Körper mit samt der Aussparung für die Achse lässt sich aus einem Zylinder mit passendem Radius konstruieren, aus dem ein kleinerer Zylinder mit Hilfe der Operation „difference()“ ausgeschnitten wird (siehe Abbildung 2, Zeile 6-11).

Die Zähne lassen sich mit Hilfe einer for-Schleife erstellen und positionieren, indem jeweils ein Quader der passenden Größe erstellt wird (siehe Zeile 19 und 22). Dieser wird anschließend mittels „translate()“ erst verschoben (siehe Zeile 21) und dann mittels „rotate()“ um den Ursprung rotiert (siehe Zeile 20), sodass er an die richtige Position verschoben wird. Dabei muss der Winkelabstand aus der Anzahl der Zähne berechnet werden (siehe Zeile 17), genauso wie die Breite eines Zahns aus dem Kreisumfang und die Anzahl der Zähne (siehe Zeile 16).

Zur Differenzierung bietet es sich an, den Grad der Parametrisierung schrittweise zu erhöhen. Zum Verständnis des Grundaufbaus sollen die Schülerinnen und Schüler ein konkretes Zahnrad mit Hilfe einer for-Schleife erstellen. Dann sollen Radius, Höhe und Achsradius als Parameter eingefügt werden. Anschließend wird die Anzahl der Zähne parametrisiert, sodass der Winkelabstand automatisiert berechnet werden muss. Schließlich soll die Breite eines Zahns dem Abstand zwischen zwei Zähnen entsprechen, so dass die Breite aus dem Kreisumfang und der Anzahl der Zähne bestimmt werden kann. Sobald der erste Schritt abgeschlossen ist, können die Lernenden ein Zahnrad rendern und drucken. Dieses kann mittels der weiteren Schritte skaliert werden.

In unserem Beispiel haben wir ein Zahnrad gewählt. Im Idealfall sollte ein Modell ausgesucht und im Anschluss gedruckt werden, das im Verlauf der Unterrichtseinheit weiter verwendet werden kann. Dazu müssen ein angemessenes Druckmaterial und sinnvolle Druckparameter bestimmt werden. Je nach erwarteten Belastungen bieten sich eine hohe Druckdichte (>20% oder sogar solide), eine Erhöhung der Wandstärke und ein unflexibles, belastbares Material (PLA oder Nylon) an. Inwieweit diese Entscheidungen den Schülerinnen und Schülern überlassen werden sollten, hängt von ihrem Wissen in Mechanik ab. So können in unserem Beispiel die Kräfte auf die Zähne in Abhängigkeit vom Radius berechnet und mit der Festigkeit verschiedener Materialien abgeglichen werden.

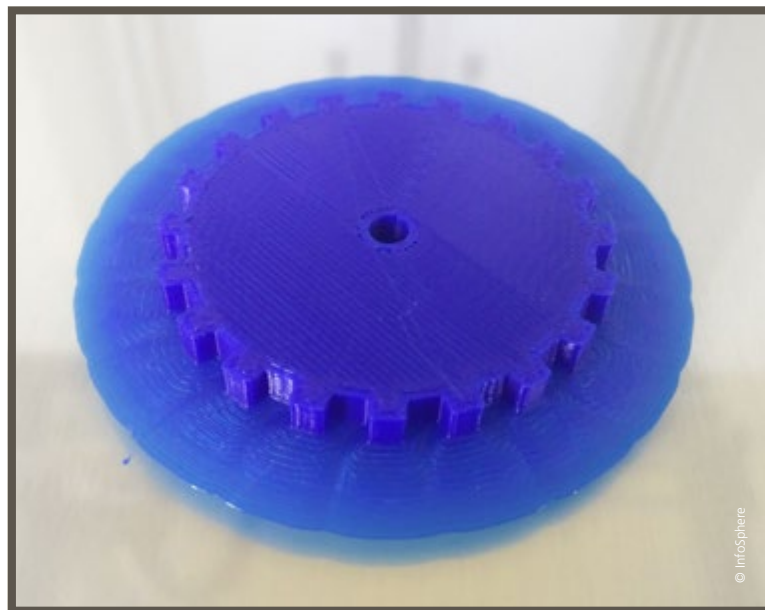


ABB. 3 Druck des finalen Zahnrades

* Zahlreiche FabLabs, offene Werkstätten oder MakerSpaces in ganz Deutschland bieten 3D-Drucke zum Selbstkostenpreis an, so dass Ihre Schülerinnen und Schüler auch ohne Drucker vor Ort die Ergebnisse in Händen halten können. Hier findet sich eine Liste der FabLabs: de.wikipedia.org/wiki/FabLab

Optionen zur Kooperation



Sie können sich mit anderen Projektteilnehmern über die Ergebnisse der unterschiedlichen 3D-Druck-Experimente im think ING. Netzwerk austauschen: www.think-ing.de
Dieses und weiteres Unterrichtsmaterial kann hier heruntergeladen werden: s.think-ing.de/unterrichtsmaterial

Das Schülerlabor InfoSphere der RWTH Aachen bietet Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern einen Einblick in unterschiedliche Bereiche der Informatik. Von der Grundschule bis zur Oberstufe, von praktischer, über theoretischer bis hin zu technischer Informatik wird die gesamte Bandbreite abgedeckt, sodass für jede Altersstufe und jeden Wissensstand ein Angebot gefunden wird. Zurzeit wird ein Modul zum Thema „3D-Modellierung in kooperativer Projektarbeit in OpenSCAD“ erstellt, aus welchem die vorliegende Unterrichtsidee stammt: s.think-ing.de/infosphere