



UNTERRICHTSMODUL 3-D-DRUCK/ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

# 3-D-DRUCK/ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

ARBEITSBLATT UND LEHRERINFORMATION

## Fachinhalte:

- ▶ 3-D-Druck bzw. additive Fertigungsverfahren
- ▶ Materialien für 3-D-Druck und chemische Eigenschaften
- ▶ Scanning, Erfassung und Erstellung der digitalen 3-D-Konstruktionsdaten mit CAD Software
- ▶ 3-D-Modell
- ▶ Software-Codes von 3-D-Druck
- ▶ Slicing, d.h. Einteilung des Modells in Schichten
- ▶ Folgen für Umwelt und Wirtschaft



## 3-D-DRUCK/ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

### VORAUSSETZUNGEN

Die Schülerinnen und Schüler sind mit der Internet-Recherche vertraut. Sie verfügen über Grundlagenkenntnisse in Geometrie und haben ein gutes räumliches Vorstellungs- und Abstraktionsvermögen. Grundkenntnisse in Programmieren und Software sind zum Verständnis des Gesamtprozesses von Vorteil aber nicht zwingend nötig. Mit Blick auf die eigentlichen Fertigungsverfahren sollten die Schülerinnen und Schüler Grundlagenkenntnisse von den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Fertigungsmaterialien besitzen.

**GESAMTZEIT: 90 MINUTEN**

### HINWEISE ZUM STUNDENABLAUF

PHASE	INHALT	ZEIT
<b>Besprechung Hausaufgabe</b>	Besprechen Sie kurz die Hausaufgabe, die die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld dieser Unterrichtseinheit angefertigt haben sollten.	5 Min.
<b>1. Einstieg und Motivation</b>	Erfragen Sie im Klassengespräch, ob die Schülerinnen und Schüler schon etwas über 3-D-Druck und 3-D-Drucker wissen und wozu diese eingesetzt werden. Diskutieren Sie danach, inwieweit sie sich in ihrem Alltag Gegenstände aus einem 3-D-Drucker vorstellen können. Vielleicht nutzen sie auch bereits Produkte aus dem 3-D-Drucker.	5 Min.
<b>2. Allgemeine Funktion des 3-D-Drucks</b>	In Einzelarbeit erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler den Gesamtprozess des 3-D-Drucks vom realen Modell bzw. der virtuellen CAD-Konstruktion (Computer-Aided Design) bis zum fertigen Materialausdruck, ohne dabei auf spezielle Verfahren einzugehen. Zur Sicherung des Verständnisses tragen sie die Fachbegriffe aus dem Sachtext in die Grafik ein.	20 Min.
<b>3. „Mentaler 3-D-Druck“ mit Verfahren zur Erstellung des 3-D-Modells und 3-D-Druckverfahren</b>	Teilen Sie die Schülerinnen und Schüler in drei Gruppen ein und weisen Sie jedem Team eine der drei Kombinationen aus Datenerfassung und 3-D-Druck zu. Jede Gruppe analysiert das Fachwissen aus den Info-Tabellen und setzt dieses mit dem „mentalen“ 3-D-Druck einer Tasse um. Der Prozess soll in Stichpunkten in der Tabelle erörtert werden. Zur Ergebnissicherung stellen die Expertengruppen ihre Daten/Druck-Kombination im Plenum vor und begründen, inwieweit ihr Verfahren für die Aufgabe geeignet ist. Ziel ist es, aus der gemeinsamen Diskussion im Klassengespräch die beste Kombination herauszuarbeiten.	45 Min.
<b>4. Diskussion typischer 3-D-Druck-Anwendungen in der Industrie</b>	In Zweiergruppen machen sich die Schülerinnen und Schüler mit den häufigsten Anwendungen von 3-D-Druck in der Industrie anhand der Infotabelle vertraut. Die kritische Diskussion des 3-D-Drucks mit seinen Vor- und Nachteilen analysieren sie anhand des Infokastens mit den Sachaussagen. Indem die Schülerinnen und Schüler die Aussagen in Bezug auf die Anwendungen diskutieren, ein- und zuordnen, setzen sie sich kritisch mit dem wirtschaftlichen und technologischen Potenzial sowie den Risiken der 3-D-Druck-Technologie auseinander.	15 Min.

**BINNENDIFFERENZIERUNG**

- ▶ Die Basisaufgabe ist von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.
- ▶ Die Bonusaufgabe ist optional, sie dient als Reserve oder Ergänzung für leistungsstärkere Lernende.

**HAUSAUFGABE:**

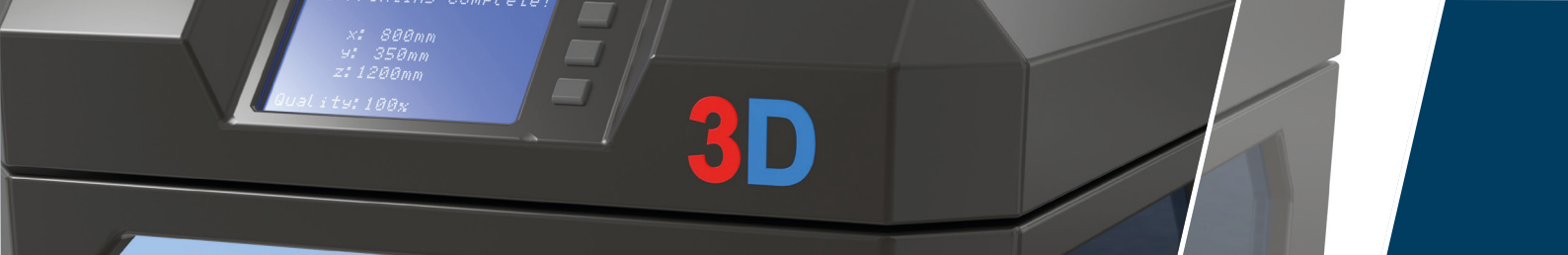
Führe einen manuellen 3-D-Druck mit einer kleinen Kartoffel und Salzteig durch.

Du brauchst:

eine kleine Kartoffel, ein Messer, Schneidunterlage, einen Folienstift (non permanent), eine Folie, einen Schaschlikspieß, Salzteig (2 Teile Mehl, 1 Teil Salz, 1 Teil Wasser).

Anleitung:

1. Stelle ein Schichtmodell der Kartoffel her. Durchbohre dazu die Kartoffel mittig von oben nach unten mit dem Spieß und ziehe ihn wieder heraus. Schneide dann die Kartoffel in 5 mm dicke Scheiben und nummeriere die Scheiben der Reihe nach.
2. Stelle nun den Salzteig her und forme daraus 15 cm lange und 5 mm dicke Rollen.
3. Markiere nun mit dem Folienstift die Mitte der Folie. Lege die erste Scheibe der Kartoffel so darauf, dass das Loch in der Kartoffel genau über dem Mittelpunkt der Folie liegt. Zeichne den Umriss der Kartoffel mit dem Folienstift nach.  
Nun kannst du die Kartoffelscheibe entfernen.
4. Die gezeichnete Linie ist die Außenkante. Lege nun diese Linie mit der Salzteigrolle nach, füge die beiden Enden dabei so zusammen, dass ein geschlossener Ring entsteht.
5. Lege die nächste Kartoffelscheibe auf den Ring (auch hier muss das Loch in der Kartoffel über der Mitte der Folie liegen) und zeichne deren Umriss auf der Folie nach.
6. Lege auch diese Linie mit der Salzteigrolle nach und verbinde anschließend die beiden Teigrollen miteinander.  
Wiederhole diesen Prozess, bis das Abbild deiner Kartoffel aus Salzteig entstanden ist.
7. Vergleiche die Original-Kartoffel mit der Kopie und überlege, was beim 3-D-Druck zu beachten ist.



# HINWEISE UND LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

## HAUSAUFGABEN

Lösungsvorschlag:  
Besprechen Sie das Vorgehen der Schülerinnen und Schüler im Plenum.

Zu 7.:

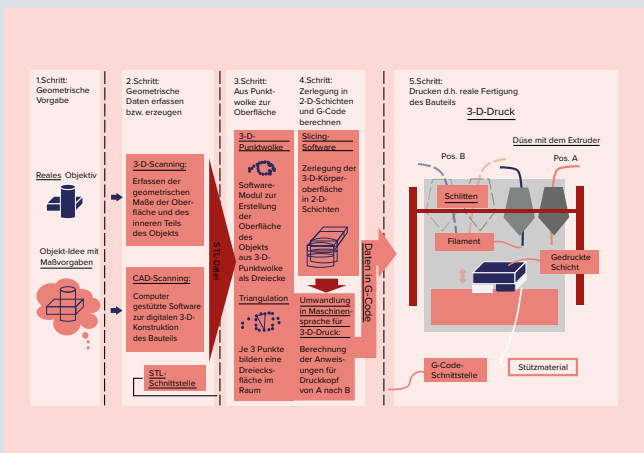
- ▶ Präzisere Details durch Verfeinerung der Schichtdicke
- ▶ Datenvorgabe genau beachten
- ▶ Mit diesem Druckmaterial sind Details kaum umsetzbar
- ▶ Eventuell ist Stützmaterial nötig, bis Druckmaterial ausgehärtet ist

## ANLEITUNG UND LÖSUNG ZUM EINSTIEGSGESPRÄCH

Die Schülerinnen und Schüler werden 3-D-Drucker schon aus Internet und Computer-Zeitschriften kennen. Zudem sind bereits Baukästen und Junior-Versionen von 3-D-Druckern auf dem Markt. Auch die Erstellung von 3-D-Datenmodellen mit dem Smartphone und lizenzfreie Software zur Fotoverarbeitung ist vbekannt. Typische Produkte aus dem 3-D-Drucker für Jugendliche sind Schmuck, Spielfiguren oder kleine Bauteile für Bastler.

## 1. DAS IST 3-D-DRUCK

Lösungsvorschlag:



## 2. GEDANKENREISE ZUM 3-D-DRUCK

Lösungsvorschlag:

	KOMBINATION I: CAD-SYSTEM/ 3-D-DRUCK MIT PULVER	KOMBINATION II: LASER-SCANNING/ DRUCK MIT GESCHMOL- ZENEM MATERIAL	KOMBINATION III: FOTOGRAMMET- RIE-TECHNIK/ FLÜSSIG-DRUCK
<b>Erstellung des 3-D-Modells</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Auswahl einer 3-D-Zylinderform und einer halbrunden Form aus dem Formenkatalog des CAD-Systems</li> <li>▶ Eingabe der geometrischen Daten für Höhe (10 cm), Durchmesser (8 cm), Zylinderform, Wandstärke (0,5 cm) und Henkeldicke (halbrund, Stärke 0,5 cm) aus den Vorgaben</li> <li>▶ Variation/Konstruktion und Verbinden der Formelemente mit Software-Unterstützung</li> <li>▶ Speichern der Farbvorgabe für Tasse und Henkel im Programm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Suche nach einem realen Modell oder Lehmmodell anfertigen, das den Maß-Vorgaben entspricht</li> <li>▶ Befestigen der Modell-tasse mittig auf dem Drehteller</li> <li>▶ Tassenöffnung muss ausgeleuchtet werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Suche nach einem realen Modell oder Lehmmodell anfertigen, das den Maß-Vorgaben entspricht</li> <li>▶ Halterung der Modell-tasse mittig im Raum</li> <li>▶ Anfertigen von Fotos aus allen Perspektiven</li> </ul>
<b>Materialauswahl und Druck</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Auswahl von lebensmittelechtem Keramikpulver für die Tasse</li> <li>▶ Auswahl von Drucker mit zwei Druckköpfen für roten und blauen Kleber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Auswahl von Kunststoff wegen einfacher Handhabung und schneller Erstarung</li> <li>▶ Ein lebensmittelechter und ein hitzebeständiger Kunststoff</li> <li>▶ Drei Druckköpfe nötig: zwei für die Materialfarben und einer für Stützmaterial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mischmaterial aus UV-Polymer und Keramik</li> <li>▶ Keine Zweifarbigkeit möglich</li> <li>▶ Stützstrukturen unter dem Henkel in nadel-form aus Harz</li> </ul>
<b>Momentaufnahme des Drucks im Schnitt A</b>			
<b>Nachbehandlung nach Druck</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Entnahme des Bechers aus dem Druckbett</li> <li>▶ Reinigen von freiem Pulver</li> <li>▶ Eintauchen in Flüssigkeitsbad zur Härtung und Abdichtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Entnahme des Bechers aus dem Druckbett</li> <li>▶ Ausschmelzen des Stützwachses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Entnahme des Bechers aus dem Druckbett</li> <li>▶ Ausbrechen der Stützstruktur</li> <li>▶ Aushärten</li> </ul>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Der Henkel wird durch das freie Pulver gut unterstützt und ist einfach zu drucken</li> <li>▶ Zweifarbigkeit gelingt gut</li> <li>▶ Material ist für die Tasse gut geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Einfache und schnelle Herstellung</li> <li>▶ Zweifarbigkeit gelingt gut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Keramik ist angemessenes Material für Tasse</li> <li>▶ Glatte Oberfläche</li> <li>▶ Wasserdicht</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Aufwändiges Verfahren</li> <li>▶ Nachbehandlung unbedingt nötig</li> <li>▶ Körnige Oberfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Umständliche Erfassung der Maßvorgaben</li> <li>▶ Nachbehandlung nötig</li> <li>▶ Kein angemessener Werkstoff für Tasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Keine Zweifarbigkeit</li> <li>▶ Aufwändig und teuer</li> </ul>
<b>Verbesserungsmöglichkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Einfarbiges Material bei der Herstellung spart einen Druckkopf ein</li> <li>▶ Farbakplikation durch Aufdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Eher Beton oder Gips verwenden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ UV-empfindlicher Kunststoff aus dem Druckkopf in verschiedenen Farben, der direkt beim Austreten belichtet wird</li> </ul>



Nach der Diskussion im Plenum ergibt sich:

DRUCKOBJEKT	BESTES 3-D-MODELL	BESTER 3-D-DRUCK
zweifarbige Henkeltasse	CAD-Konstruktion	Pulverdruck

**BONUSAUFGABE: VERGLEICH VON ZWEI 3-D-DRUCKVERFAHREN**

Lösungsvorschlag:

	SCHMELZ-VERFAHREN	UV-FLÜSSIG-HARZ-VERFAHREN
Anzahl N der Schichten = Bauteilhöhe/ Schichtdicke	H = 1 cm = 10 mm Schichtdicke x N = H; N = 10 mm/0,1 mm = 100 Schichten	H = 1 cm = 10 mm Schichtdicke x N = H; N = 10 mm/0,01 mm = 1000 Schichten
Dauer für eine Schicht = Strecke pro Schicht/ Geschwindigkeit	100 mm/20 mm/s = 5 s	100 mm/200 mm/s = 0,5 s
Dauer insgesamt = Dauer pro Schicht x Anzahl der Schichten	5 s x 100 = 500 s = 8 min 20 s	0,5 s x 1000 = 500 s = 8 min 20 s

Beide Verfahren dauern gleich lang, aber die Genauigkeit beim UV-Flüssigharz-Verfahren ist wesentlich besser. Daher wird dieses Verfahren für das Bauteil ausgewählt

**3. 3-D-DRUCK IN DER INDUSTRIELLEN ANWENDUNG**

Wirtschaftliche Chancen & Vorteile	B, C, D, F, H, J, M	B, C, D, F, G, H, I, J, M	B, C, D, F, H, J, N, M
Risiken & Gefahren	K	A, E, K, O, P	E, K
Nachhaltigkeit	L	G, L	L