

# Rec@ SCHOOL

Recycling für den 3D-Druck  
an Schulen

Leitfaden zur erfolgreichen  
Projektumsetzung



gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

**Impressum**

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik (OLIF)  
Salzdahlumer Straße 46/48  
38302 Wolfenbüttel

Redaktion: Artur Frost, Holger Brüggemann  
Druck: ROCO Druck, Wolfenbüttel

1. Auflage, 04/2024

„Rec@School – Recycling für den 3D-Druck an Schulen“  
– ein Projekt der Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik (OLIF)  
gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

# Inhalt

8 Welche Themen werden vermittelt und warum?

**10 ROHSTOFFE IN EINEM SMARTPHONE**

**14 VERPACKUNG UND RECYCLING**

**16 3D-DRUCK UND KONSTRUKTION**

20 Was genau soll das Projekt bewirken?

20 Richtlinien für Nachhaltigkeitsbildung

22 Beratungs-/Weiterbildungsmöglichkeiten

23 Hochschulen

## **PROJEKTUMSETZUNG**

25 Vorbereitung

– Für Schulen

– Für Hochschulen

27 Organisation

28 Tipps und Empfehlungen

30 Teilprojekt: Recycling an Schulen

33 Quellen, Abkürzungsverzeichnis, Bildnachweise

35 Hinweis zu Unterrichtsmaterial & Ansprechpartner



Reduce

Reuse

Recycle

Hallo! Sie sind an einer Schule oder Hochschule tätig?

Sie haben Interesse daran umweltbildende Themen zu vermitteln und Recycling zu fördern?

Naturwissenschaftliche und sozioökologische Themen sind Ihnen nicht fremd?

Sie möchten innovative Ansätze zur Implementierung dieser Inhalte ausprobieren, junge Menschen dafür motivieren und aus ihnen Multiplikatoren schaffen?

Dann nehmen Sie sich etwas Zeit und schauen Sie sich diesen Leitfaden genauer an!

**Dieser Leitfaden ist aus dem Projekt „Rec@School – Recycling für den 3D-Druck an den Schulen“ an der Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik (OLIF) entstanden. Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.**

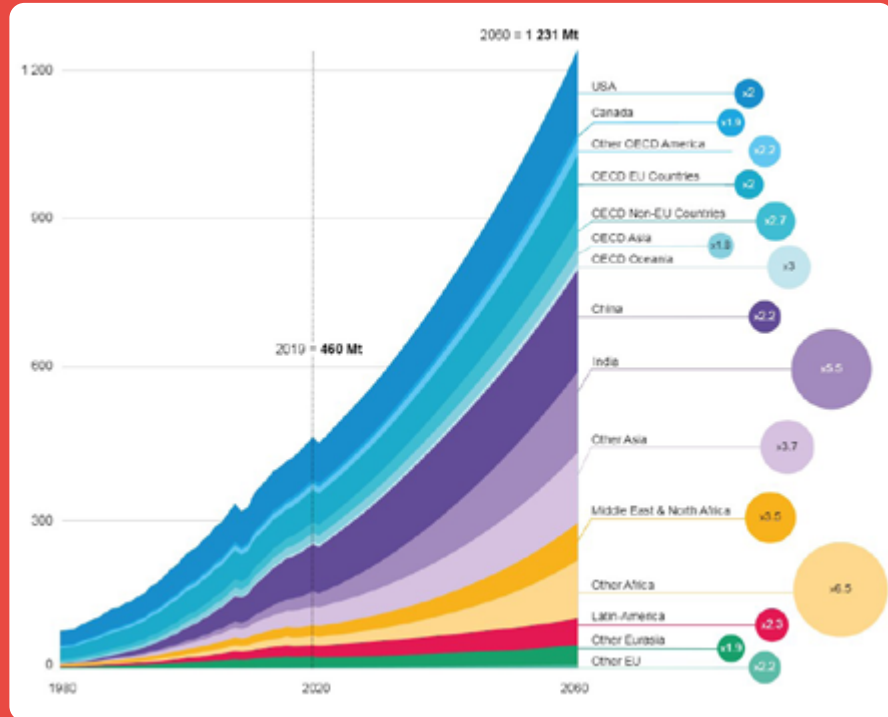
Die Motivation für dieses Projekt entstand aus der dramatischen Entwicklung der Kunststoffproduktion (Abb. 1) und den damit verbundenen Konflikten. Kunststoffe haben langlebige Umweltauswirkungen, da sie nur langsam abgebaut werden und häufig als Plastikmüll in Ozeanen und Ökosystemen enden mit negativen Folgen für Tier- und Umwelt. Zudem werden durch die Kunststoffherstellung begrenzte Ressourcen genutzt und Schadstoffen freigesetzt.

Ein ähnlicher Trend wie bei der weltweiten Kunststoffproduktion lässt sich auch auf dem 3D-Drucker-Markt beobachten. In Abbildung 2 sind zehn Marktanalysen etablierter Marktanalyseunternehmen zum 3D-Drucker-Markt zusammengetragen, die eine exponentielle Entwicklung bis zum Jahr 2026 voraussagen. Der Durchschnitt dieser Prognosen ergibt eine jährliche Wachstumsrate von 24 %. 3D-Drucker verwenden als Verbrauchsgut verschiedene Kunststoffe. Diese werden als Kunststoffdraht (Filament) bei haushaltsüblichen 3D-Druckern eingesetzt.

3D-Drucker sind mittlerweile sehr günstig und sehr bedienungsfreundlich geworden. Auch Discounter bieten mittlerweile Einsteiger-Modelle in Aktionswochen an. Zudem gibt es verschiedene Portale, in denen Nutzer\*innen selbst erstellte Dateien anbieten, die nur noch an einen 3D-Drucker zur Ausführung des 3D-Drucks gesendet werden müssen. Eben diese Einfachheit kann die Kunststoffproblematik weiter antreiben. Da die Anwendung dieser innovativen Technologie niederschwellig ist, besteht ein erhebliches Potenzial für die unnötige Produktion von Kunststoffabfall bei unsachgemäßer und unreflektierter Nutzung. **Dieser Kunststoffabfall gelangt meist in Form von Fehldrucken oder nicht mehr benötigten Teilen im üblichen Haushaltsmüll. Dabei lässt sich das Material sehr gut recyceln, sogar wieder in die ursprüngliche Filamentform bringen und somit in einen Kreislauf überführen.** Denn das Filament besteht in den meisten Fällen aus einem einzigen Material. Das Recyceln des Filaments ist ein wichtiger Bestandteil des Projekts Rec@School und wird auf Seite 30 näher erläutert.

Das Projekt lehnt sich an die Inhalte der **Sekundarstufe I** an, wobei das Kerncurriculum „Außerschulisches Lernen“, „Kooperationen“, „Offene Unterrichtsformen“ und die Einbindung der Schüler\*innen in die Planung und Gestaltung des Unterrichts vorsieht. Hierbei steht die praktische Arbeit im Vordergrund. Fachlich lässt sich das Projekt gut mit den Fächern Erdkunde sowie Arbeit-Wirtschaft-Technik verknüpfen. Die Kerninhalte dieser Fächer gemäß des Kerncurriculums umfassen Stoff- und Materialeigenschaften, Produkte aus Kunststoff, Rohstoffrückgewinnung, Recycling sowie eine nachhaltige Ressourcen- und Energienutzung. **Die Jahrgangsstufen 8 bis 10 eignen sich besonders gut für die Umsetzung des Projekts.**

Weltweit existieren diverse Projekte, die sich mit der Weiterverwendung von Kunststoffabfällen beschäftigen. Der innovative Charakter von Rec@School zeichnet sich allerdings durch eine enge Verbindung zum Unterricht und die praktische Einbindung der Schüler\*innen aus. Dies ermöglicht eine aktive Auseinandersetzung mit den Themen Abfallentstehung, -vermeidung und Recycling.



1: Bisherige und prognostizierte weltweite Kunststoffproduktion<sup>1</sup>



2: Zunehmender Marktwert von Desktop-3D-Druckern<sup>2</sup>

## Welche Themen werden vermittelt und warum?

Unsere Alltagsgegenstände, wie das allgegenwärtige Smartphone, bergen Ressourcen, die oft übersehen werden. Es ist wichtig, sich bewusst zu machen, was in diesen Gegenständen steckt und warum ein sparsamer Umgang mit den darin enthaltenen Materialien von großer Bedeutung ist.

Kunststoffe sind aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Dies gilt nicht nur für Smartphones, sondern auch für viele andere Bereiche. Sie sind gleichzeitig Segen und Fluch, da sie unsere modernen Bedürfnisse erfüllen, aber auch erhebliche Umweltprobleme verursachen. Die Probleme mit Kunststoffen sind vielfältig, angefangen bei der Vermüllung der Meere bis hin zu Umweltschäden. Gleichzeitig sind Kunststoffe in vielen Sektoren unverzichtbar, insbesondere in der Medizin und im Bauwesen. Doch ihre Nutzungsdauer und die fachgerechte Entsorgung sind entscheidend. Auf Verpackungen entfällt übrigens etwa ein Drittel der weltweiten Kunststoffproduktion, die Nutzungsdauer beträgt im Schnitt nur ein halbes Jahr<sup>3</sup>. Im Bausektor fällt der Anteil auf etwa 15 %, jedoch ist die durchschnittliche Nutzungsdauer mit 35 Jahren deutlich länger<sup>4</sup>. Lösungen für das Kunststoffproblem sind komplex und erfordern mehr als einfaches Recycling. Sortenreine und saubere Kunststoffe, stabile Materialströme und die Akzeptanz von recycelten Produkten in der Gesellschaft sind von großer Bedeutung.

Die Prinzipien Reduce, Reuse und Recycle bieten Orientierung. Konkrete Beispiele für Maßnahmen werden in den zugehörigen Präsentationsunterlagen vorgestellt. Zusätzlich wird an alternativen Lösungen, wie der Weiterentwicklung von Biokunststoffen, gearbeitet. Sowohl die Wirtschaft als auch die Politik tragen ihren Teil zur Lösung des Kunststoffproblems bei. Startups entwickeln innovative Ansätze, Unternehmen bemühen sich, Kreisläufe zu schließen, und politische Maßnahmen wie der Recyclingcode und das Einwegplastikverbot in der Europäischen Union sind Schritte in die richtige Richtung.

Der 3D-Druck kann einen bewussten Umgang mit Kunststoffen an den Schulen etablieren. Oft existieren dort bereits 3D-Drucker, welche jedoch kaum in den Unterrichtsalltag integriert sind. Dabei kann diese innovative Technologie dafür genutzt werden, die Schüler\*innen einerseits für technische Themen zu begeistern und sie andererseits an einen bewussten Umgang mit Kunststoffen heranzuführen. **Sortenreine und gut trennbare Kunststoffabfälle, wie sie beim 3D-Druck entstehen, können effektiv recycelt werden. Zudem können im 3D-Druck-Verfahren Reparaturteile hergestellt werden.** Gleichzeitig können beim 3D-Druck auch Filamente genutzt werden, die sich schwer oder gar nicht recyceln lassen, da sie entweder andere Zusatzstoffe enthalten oder beim 3D-Drucken ein Materialmix aus mehreren Filamenten gewählt wird. Mit dem 3D-Druck hat man also ein weiteres Werkzeug an der Hand, dessen Einsatz sowohl nützlich als auch schädlich sein kann. Deshalb ist ein bewusster Umgang wichtig.



Dieser Leitfaden dient dazu, ein besseres Verständnis für die Bedeutung eines nachhaltigen Umgangs mit Kunststoffen im Alltag zu bekommen. Kleine Schritte in die richtige Richtung können einen großen Unterschied ausmachen, um die Herausforderungen im Zusammenhang mit Kunststoffen anzugehen. Zusätzlich kann die durch **Rec@School** vermittelte Umweltbildung das generelle Bewusstsein für Müllentstehung und Recycling stärken.

**Die Reduktion, Wiederverwendung, gezielte Vermeidung aber auch sinnvolle Verwendung von Kunststoffen sind Kernpunkte dieses Projekts und ziehen sich wie ein roter Faden durch die folgenden drei Teilbereiche:**

- **Rohstoffe in einem Smartphone**
- **Verpackung und Recycling**
- **3D-Druck und Konstruktion**

Für die Umsetzung des Projekts stehen Ihnen neben diesem Leitfaden detaillierte Unterlagen als Download zur Verfügung. Die PowerPoint-Folien beinhalten u.a. weiterführende Links innerhalb der Kommentarspalte. Diese können entweder direkt im Unterricht, als Wissensquelle während der Vorbereitung sowie zur eigenen Gestaltung genutzt werden.



Für den Fall, dass ein generelles Interesse besteht, obwohl weder 3D-Druck an der eigenen Schule praktiziert wird, noch Lehrende sich mit diesem Thema auskennen, sind auf Seite 22 Möglichkeiten zur Weiterbildung aufgezeigt. Da die drei Themenbereiche separat umsetzbar sind, kann das Projekt zunächst auch ohne das 3D-Druck-Modul eingeführt werden.

Im Folgenden werden die inhaltlichen Schwerpunkte beschrieben. Dabei werden detaillierte Erklärungen zu den verschiedenen Themenbereichen gegeben sowie die benötigten Materialien und Ressourcen für deren Umsetzung beschrieben. Für eine bessere Navigation innerhalb des Leitfadens sind die einzelnen Themenbereiche farblich voneinander abgetrennt.

# Rohstoffe in einem Smartphone



3: Rohstoffgruppen in Smartphones<sup>5</sup>

## **Als Einstieg in das Projekt wird zunächst auf das Thema Smartphones eingegangen. Smartphones wurden dabei bewusst gewählt, da es sich dabei um einen alltäglichen Gegenstand handelt.**

Laut einer Umfrage durch die Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse (VuMA) besaßen im Jahr 2021 88,8 % der in Deutschland lebenden Personen ein Smartphone<sup>6</sup>. In der Altersgruppe 14 bis 19 Jahren liegt der Anteil bei 94,2 %<sup>7</sup>. Die meisten Menschen in unserer Gesellschaft und besonders Jugendliche können sich Smartphones nicht mehr aus ihrem Alltag wegdenken. Ein sehr großer Teil des sozialen Miteinanders findet gerade für Jugendliche in der digitalen Welt statt, den Zugang dazu bilden Smartphones.

Genau deshalb bietet sich das Smartphone als guten Einstieg in das Projekt, da dieses bei den Jugendlichen zum Alltag gehört und eine Sensibilisierung so auch auf andere Bereiche übertragen werden kann.

Zu Beginn demontieren die Schüler\*innen die verteilten oder selbst gewählten Smartphones eigenständig, Lehrende geben bei Bedarf Hilfestellung. Beispielhaft werden Bestandteile, deren Rohstoffe und Herkunft besprochen. Dabei stellen die Schüler\*innen fest, dass Smartphones aus vielen kritischen Rohstoffen bestehen und verschiedene Kunststoffen im Durchschnitt 56 % ausmachen (vgl. Abb. 3). Der hohe Kunststoffanteil leitet in das Thema Kunststoffe ein und zieht sich als roter Faden durch die weiteren Themenblöcke von Rec@School.

### **Das Modul „Rohstoffe in einem Smartphone“ beinhaltet:**

- **Demontage von Smartphones**
- **Besprechung einzelner Bauteile und darin enthaltener Rohstoffe**
- **Problematik seltener Rohstoffe**
- **Herstellung und geplante Obsoleszenz**
- **Browserspiel in einem virtuellen Labor (Serious Game: Neodym)**
- **Urban Mining (Recycling von Elektroschrott im städtischen Gebiet)**
- **Alternative Ansätze zur Ressourcenschonung**

## Material und Ressourcen

Für die praktische Umsetzung des Moduls Rohstoffe in einem Smartphone werden an den Schulen Materialien und Ressourcen benötigt. Die Details werden an dieser Stelle erläutert.

### Räumlichkeit:

Nach Möglichkeit sollten Räume mit ausreichend großen Tischen gewählt werden, an denen zwei Personen gleichzeitig zusammen an einem Smartphone arbeiten können. Die Räume sollten eine gute Ausleuchtung an den Arbeitsplätzen bieten.

### Technik:

Für die Präsentation der Unterlagen sollten die Räumlichkeiten über einen Beamer oder vergleichbare Präsentationsmedien (Smartboard, Whiteboard) verfügen.

### Material:

Es werden Smartphones benötigt, die sich besonders gut öffnen lassen, wie Modelle mit abnehmbarer Batterieabdeckung, so gelingt die weitere Demontage etwas leichter.

Alte Smartphones können über die Schüler\*innen beschafft werden. Erfahrungsgemäß besitzen die meisten Haushalte eine Schublade oder eine Kiste für alte nicht mehr benötigte Technik. Vielleicht finden sich dertart viele Mobiltelefone, dass es sich lohnt, eine kostenfrei **Handysammelbox** beim Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU) zu bestellen (QR-Code s.u.). Diese Box dient einem guten Zweck: O2 Telefonica spendet dem NABU jährlich einen festen Betrag für die gesammelte Technik. Der Betrag fließt in den NABU-Insektenschutzfond. Die für **Rec@School** verwendeten und wieder zusammengebauten Smartphones können im Anschluss an das Projekt in die Handysammelbox geworfen und somit recycled werden.



Für die wiederholte Demontage eignen sich besonders ältere Smartphones der Samsung Galaxy-Reihe sowie ein Modell des Herstellers Wiko. Diese Modelle (Abb. 4) wurden innerhalb der zweijährigen Projektlaufphase unzählige Male von Schüler\*innen auseinander und wieder zusammengebaut. Grundsätzlich sind alle Smartphones und Handys mit abnehmbarer Batterieabdeckung empfehlenswert.

Für die Demontage wird folgendes Werkzeug und Material empfohlen (Abb. 5):

- Werkzeug zum Öffnen des Telefons und Lösen von Verbindungen:
  - \_ Plektron (1) oder Pry-Tool (2) erleichtern das Öffnen der Abdeckungen
  - \_ Schraubendreher (3) (Phillips PH 000, Schlitz, Torx und nach Bedarf weitere)
- Pinzette für die Handhabung kleiner Bauteile und Verbindungen
- Saugnäpfe für das Halten und Entfernen von Displays (4)
- Heißluftföhn oder -pistole zum Aufweichen von Klebeverbindungen
- Druckverschluss-Beutel oder Auffangbehälter zum Aufbewahren der Einzelteile
- Optional: Tischarbeitsmatten



4: Empfohlene Smartphones für die wiederholte Demontage

## alte Smartphones & Werkzeug



5: Die wichtigsten Werkzeuge für die Demontage

**Hinweis:**  
 Moderne Smartphones sind überwiegend verklebt. Mit etwas Vorarbeit lassen sie sich jedoch auch demontieren. Wird die Rückseite mit einem Heißluftföhn oder einer Heißluftpistole erwärmt, lässt sich diese leichter entfernen. Allerdings sollten hierbei keine zu hohen Temperaturen angewandt werden.  
 Schritt-für Schritt-Anleitungen sind im Internet leicht zu finden. Dazu wird in einer Suchmaschine der Modellname des Smartphones sowie zusätzliche Begriffe wie Demontage, Reparatur oder zu Englisch disassemble und repair eingegeben.

# Verpackung und Recycling



1 PETE	2 HDPE	3 PVC	4 LDPE	5 PP	6 PS	7 OTHER
Polyethylene Terephthalate	High Density Polyethylene	Polyvinyl Chloride	Low Density Polyethylene	Polypropylene	Polystyrene	Other
Recyclable	Recyclable	Recyclable at specialist points	Recyclable at specialist points	Recyclable	Recyclable at specialist points	Not easily recyclable

6: Recycling-Code von Kunststoffen

## Im zweiten Modul werden Inhalte zum Thema Verpackung, vor allem Kunststoffverpackung, vermittelt. Die Schüler\*innen sollen mit Blick auf ihr Konsumverhalten für bestehende Probleme sensibilisiert werden.

Die Schüler\*innen lernen unter anderem, wie sie Kunststoffe bei Verpackungen und weiteren Erzeugnissen aus Kunststoffen mithilfe von Recyclingcodes unterscheiden und wie sie diese bezüglich ihrer Wiederverwertbarkeit einordnen können (vgl. Abb. 6). Dadurch kann das eigene Konsumverhalten reflektiert und angepasst werden. Ebenso werden Alternativen zu den Verpackungen und deren Vermeidung besprochen.

### Das Modul „Verpackung und Recycling“ beinhaltet:

- **Entsorgungssituation in Deutschland**
- **Umweltprobleme weltweit (Kunststoffe in den Weltmeeren)**
- **Kunststoffbezeichnung (chemisch & Code)**
- **Problem Verpackungsmaterial**
- **Abbauzeiten von verschiedenen Materialien**
- **Inline & Circular Economy**
- **Recycling**
- **Biokunststoffe**

## Material und Ressourcen

Für die praktische Umsetzung des Moduls Verpackung und Recycling werden an den Schulen Materialien und Ressourcen benötigt. Die Details werden an dieser Stelle erläutert.

### Räumlichkeit:

Nach Möglichkeit sollte ein Raum mit einem großen Tisch gewählt werden, um den sich alle Teilnehmenden ringsum versammeln können. Alternativ können mehrere Tische zusammengeschoben werden.

### Technik:

Für die Präsentation der Unterlagen sollten die Räumlichkeiten über einen Beamer oder vergleichbare Präsentationsmedien (Smartboard, Whiteboard) verfügen.

### Material:

Benötigt werden verschiedene Kunststoffe wie Verpackungen oder andere Alltagsgegenstände, welche die Vielfalt von Kunststoffen in Alltag zeigen und die Schüler\*innen vielleicht überrascht erkennen, an welchen Stellen Kunststoffe im Alltag überall enthalten sein können (Kleidung, Kaugummi, Aluminiumdose). Beispiele sind in den Unterlagen zu finden.

In diesem Modul liegt das Augenmerk darauf, Alternativen zu Kunststoffen aufzuzeigen. Womit kann der Einsatz von neu produzierten Kunststoffen reduziert oder gar vermieden werden?

Dazu sind beispielhaft folgende zu nennen:

- Wachtücher statt Frischhaltefolie
- Einsatz von Rezyklaten (wiederverwertete Kunststoffe)
- (Joghurt-)Becher mit reduzierte Wandstärke und einem Rand aus Pappe/Karton zur Verstärkung der Stabilität
- Mehrweg-Glas statt Kunststoffverpackung
- Mehrwegsystem-Anbieter wie Recup, Rebowl, reCIRCLE, Vytal
- Produkte ohne Mikroplastik

# 3D-Druck und Konstruktion



3D-Druck



**Im dritten Modul soll das Thema 3D-Druck nähergebracht werden. Der 3D-Druck ist ein Werkzeug, das sich bei falscher Herangehensweise zu einem Problem entwickeln kann, gleichzeitig aber ein großes Potential im Bereich der Nachhaltigkeit beinhaltet.**

In diesem Modul lernen die Schüler\*innen sinnvolle Einsatzbereiche für den 3D-Druck kennen. Neben theoretischen Grundlagen wird explizit das praktische Basiswissen zur selbstständigen Konstruktion von Teilen mit einem kostenfreien und browserbasierten CAD-Programm nähergebracht. Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung, welche die grundlegenden Werkzeuge zum Konstruieren an einem Computer vermittelt, ist in den Präsentationsunterlagen zu finden.

Dieses Basiswissen ermöglicht den Schüler\*innen, defekte Bauteile zu reparieren und den Lebenszyklus von Produkten zu verlängern. Der Konsum neuer Produkte wird reduzieren, wie eine gebrochene Halterung eines Fensterrollos (Abb. 7) zeigt, die von einem Schüler erfolgreich rekonstruiert und 3D-gedruckt wurde.

**Das Modul „3D-Druck und Konstruktion“ beinhaltet:**

- Einführung in das Thema 3D-Druck
- Vergleich herkömmlicher zur additiven Fertigung (3D-Druck)
- Recycling für 3D-Druck
- Konstruktionsgrundlagen mit dem Konstruktionsprogramm OnShape
- Umgang mit einem Messschieber interaktiv erlernen



**7:** Gebrochene Halterung eines Fensterrollos (l.) und gedrucktes Fertigteil (r.)

Reparieren  
bereitet Freude,  
fördert das Bewusstsein für den Lebenszyklus von Produkten und die Kompetenzen von Jugendlichen nachhaltig.

## Material und Ressourcen

Für die praktische Umsetzung des Moduls 3D-Druck und Konstruktion werden an den Schulen Materialien und Ressourcen benötigt. Die Details werden an dieser Stelle erläutert.

### Räumlichkeit:

Es bietet sich für dieses Modul die Nutzung eines Computerraums an. Bei Verwendung von Laptops können auch andere Räume genutzt werden.

### Technik:

Für die Präsentation der Unterlagen sollten die Räumlichkeiten über einen Beamer oder vergleichbare Präsentationsmedien (Smartboard, Whiteboard) verfügen.

Die verwendeten Computer oder Laptops müssen eine Internetverbindung und einen eingerichteten Browser mit den benötigten Nutzungsberechtigungen für die Schüler\*innen bieten. Das im Projekt verwendete Konstruktionsprogramm OnShape lässt sich über einen Browser bedienen und ist für Bildungseinrichtungen kostenfrei. An dieser Stelle wird empfohlen, dass die lehrende Person vorab Accounts anlegt und eine Liste mit Zugangscodes erstellt oder diese jedem und jeder Schüler\*in vorab per E-Mail zukommen lässt. Alternativ bieten sich auch CAD-Programme wie FreeCAD oder TinkerCAD an, die ebenso in einem Browser ausgeführt werden können. TinkerCAD eignet sich aufgrund der Einfachheit besonders für den Einstieg in die 3D-Konstruktion, bietet aber weniger Funktionen als OnShape und FreeCAD.

### Material:

Das Basiswissen befähigt die Schüler\*innen, eigene Ideen mit den erlernten Werkzeugen zu konstruieren. Sie können mit dem 3D-Druck nicht nur die für eine Reparatur benötigten Bauteile nachbauen, die Auseinandersetzung mit dem defekten Bauteil regt zudem an, dieses zu optimieren. So wurde eine gebrochene Tülle (weiß) so konstruiert, dass die verbesserte Tülle (schwarz) kürzer ist und an der Bruchstelle verstärkt wurde (Abb. 8, weitere Beispiele sind in den Unterlagen enthalten). Zum Vermessen der zu reparierenden Teile werden Messschieber und Lineale benötigt.

Für Fehldrucke und Reste, die beim 3D-Druck entstehen, sollten Sammelboxen in der Nähe des 3D-Druckers aufgestellt werden. Achten Sie auf eine genaue Beschriftung von Material und Farbe, um eine sortenreine Trennung zu ermöglichen.



8: Verbesserte gedruckte Tülle (schwarz) zum Aufpumpen von Fendern



Empfohlen  
vom Zentrum  
für additive  
Fertigung (ZaF)  
der Ostfalia

## 3D-Drucker

### ANYCUBIC

Die 3D-Drucker von Anycubic haben unterschiedliches Druckvolumen und ein ausgezeichnetes Preis-Leistungsverhältnis. Diese sind sehr einfach zu bedienen und werden mit anfangersfreundlicher Software ausgeliefert.

Empfohlene Modelle: Kobra für 180 € und Kobra 2 für 250 €.  
Ist das Budget für den Kauf eines oder mehrerer 3D-Drucker begrenzt, empfiehlt sich die Anschaffung von 3D-Druckern dieser Marke.



### PRUSA

Die Drucker von Prusa sind im Vergleich zu den Anycubic-Druckern ein deutliches Upgrade, kosten jedoch entsprechend mehr. Besonders interessant ist, dass man die 3D-Drucker auch als Bausatz erwerben kann. Dadurch können die Schüler\*innen einen 3D-Drucker von Grund auf selbst aufbauen und dabei die einzelnen Komponenten sowie die grundlegende Funktionsweise eines 3D-Druckers verstehen lernen. Die 3D-Drucker von Prusa sind ebenfalls für Anfänger geeignet, ermöglichen auch tiefere Einblicke.

Empfohlene Modelle: MINI für 490 €, MK3S+ für 720 € oder MK4 für 890 €.  
Die bereits aufgebauten Varianten kosten entsprechend mehr.  
Die Ostfalia arbeitet ebenfalls mit 3D-Druckern dieser Marke.



### BAMBULAB

Steht das 3D-Drucken an sich und nicht der Umgang mit einem 3D-Drucker im Vordergrund, empfiehlt sich die Marke Bambulab. Die 3D-Drucker dieser Marke befinden sich in einem abgeschlossenen System, ein Zugriff von außen ist kaum möglich – der Drucker kann für Lernzwecke nur geringfügig auseinandergelöst werden. Dafür sind diese im Vergleich zu den zuvorigen Marken deutlich zuverlässiger und anfangersfreundlicher. Diese absolut benutzerfreundlichen 3D-Drucker liefern bei geringer Erfahrung hervorragende Druckergebnisse.

Empfohlene Modelle: P1P für 650 € und der P1S für 1000 €.  
Beim P1S können mehrere Farben/Materialien während eines Druckvorgangs genutzt werden, um in einem Druckauftrag Teile mit unterschiedlichen Materialien und/oder Farben zu drucken. Jedoch erschwert eine Vermischung der Materialien das Recycling der gedruckten Bauteile bzw. macht es unmöglich.



## ES STEHEN KEINE MITTEL FÜR DIE FINANZIERUNG EINES 3D-DRUCKERS ZUR VERFÜGUNG?

Die Zusammenarbeit mit einer kooperierenden Hochschulen wäre eine Option – viele technische Hochschulen sind im Bereich der additiven Fertigung aktiv tätig. Erkundigen Sie sich bei anderen Bildungseinrichtungen, ob eine gemeinsame Nutzung von 3D-Druckern sowie Räumlichkeiten für das Projekt möglich wären oder bitten einen regionalen Dienstleistungsanbieter im Bereich 3D-Druck um Unterstützung bei diesem Projekt. Bestenfalls entsteht ein Netzwerk mit Synergien, die dazu beitragen, Aufwand und Ressourceneinsatz zu reduzieren. Viel Erfolg!

# Was genau soll das Projekt bewirken?

Ziel des Projektes ist es, jungen Menschen Umweltbildung näherzubringen. Der besondere Schwerpunkt liegt auf dem Verständnis des Ressourcenverbrauchs, insbesondere im Kontext seltener Erden für Technologien und der Verwendung von Öl zur Herstellung von Kunststoffen. Dabei werden die Vor- und Nachteile von Kunststoffen beleuchtet, um die Komplexität des Themas zu verdeutlichen.

Die ersten beiden Module des Projekts zeigen den Zusammenhang und die verheerenden Auswirkungen des hohen Ressourcenverbrauchs auf Mensch, Tier und Umwelt auf. Beispiele für alternative Handlungsweisen im Alltag werden präsentiert und regen zu nachhaltigerem Agieren an.

Das dritte Modul befasst sich mit der 3D-Drucktechnologie. Die Schüler\*innen sollen ein grundlegendes Verständnis für diese Technologie entwickeln, wie sie funktioniert und welche Vor- und Nachteile sie bietet. Als Folge sollen die Schüler\*innen verstehen, dass der 3D-Druck Möglichkeiten bietet, den Ressourcenverbrauch zu reduzieren, indem defekte Teile repariert werden anstatt sie zu entsorgen.

A red graphic consisting of two overlapping rectangular shapes. The top shape is a horizontal bar, and the bottom shape is a smaller rectangle positioned below and to the right of the top one. The text "Reparieren statt wegwerfen!" is written in white, sans-serif font across both shapes.

## Richtlinien für Nachhaltigkeitsbildung

Die Richtlinien der Nachhaltigkeitsbildung spielen eine entscheidende Rolle in der heutigen Bildungslandschaft, da sie auf die Notwendigkeit einer umfassenden und auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Erziehung verweisen. Diese Leitlinien wollen die Schüler\*innen dazu befähigen, ein tiefes Verständnis für ökologische, soziale und wirtschaftliche Herausforderungen zu entwickeln. Im Fokus steht dabei die Förderung von Kompetenzen, die es den Lernenden ermöglichen, nachhaltige Entscheidungen zu treffen und aktiv zur Gestaltung einer lebenswerten Zukunft beizutragen. Ein breit angelegter Ansatz der Nachhaltigkeitsbildung betont somit die Bedeutung von ökologischer Verantwortung, sozialer Gerechtigkeit und ökonomischer Nachhaltigkeit in der globalisierten Welt von heute. Die einzelnen Instanzen werden in diesem Abschnitt beleuchtet.



### **Weltweit:**

Mit der Agenda 2030 haben sich die Vereinten Nationen 17 Ziele – Sustainable Development Goals (SDG) – für eine soziale, ökonomische und nachhaltige Entwicklung gesetzt.



### **National:**

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) verschiedene Akteure dazu ermutigt, ihre Verpflichtungen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele (SDG) auf nationaler Ebene abzugeben. Um den Aktionsplan erfolgreich umzusetzen, ist es notwendig, Strukturen und Netzwerke zu fördern, Ressourcen zu mobilisieren und bereitzustellen. Letztendlich liegt jedoch die konkrete Umsetzung des Aktionsplans in der Verantwortung der einzelnen Akteure.

Ein Beispiel für ein solches Engagement stammt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Die DBU fördert im Einklang mit ihrer Satzung und ihren Fördergrundsätzen konkrete Projekte in den Bereichen Schule, Hochschule und außerschulisches Lernen/Jugend, die auf vorbildliche und innovative Weise die Ziele und Maßnahmen des Nationalen Aktionsplans umsetzen.



### **Bundesebene - Niedersachsen:**

Am 1. Juni 2021 wurde in Niedersachsen ein Erlass in Kraft gesetzt, der die Umsetzung des Aktionsplans Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in öffentlichen allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen sowie Schulen in freier Trägerschaft verbindlich vorgeschrieben hat.

Ein Erlass ist eine behördliche Anweisung an nachgeordnete Dienststellen. Die Steuerung des Umsetzungsprozesses im Zusammenhang mit dem BNE-Erlass erfolgt im Wesentlichen durch die Schulbehörden und das Niedersächsische Landesinstitut für schulische Qualitätsentwicklung (NLQ). Das NLQ ist unter anderem verantwortlich für die Aus- und Weiterbildung der Lehrkräfte, die Entwicklung von Lehrplänen, einschließlich der Medienbildung und politischen Bildung, und es leistet einen Beitrag zur Gestaltung des Bildungssystems sowie zur Unterstützung von Bildungseinrichtungen bei der Erfüllung ihres Bildungsauftrags. Der Erlass schreibt vor, dass die Schulleitung eine Lehrkraft als Ansprechpartner für BNE benennen soll. Diese Ansprechperson hat die Aufgabe, die Schulleitung bei der Auseinandersetzung mit Bildung für nachhaltige Entwicklung zu unterstützen, den Prozess zu strukturieren und zu lenken.



### **Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU):**

Primär fördert und unterstützt die DBU-Projekte im Bereich der Bildung für nachhaltige Entwicklung, um die SDGs zu verfolgen. Konkrete Anweisungen wie die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) umgesetzt werden soll gibt sie nicht.

Auf dem Portal für Nachhaltige Bildung gibt das Land Niedersachsen verschiedene Hilfestellungen für die Umsetzung. Das Projekt Rec@School kann ein Teil der Umsetzung der BNE an Schulen sein.

Ein erklärtes Ziel der BNE ist „die Befähigung und Stärkung von Lernenden in der globalisierten und sich permanent verändernden Welt, um mündige, selbstbestimmte und verantwortungsbewusste Handlungsentscheidungen treffen zu können.“

# Beratungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten

Dieses Kapitel stellt verschiedene Weiterbildungsmöglichkeiten (Plattformen, Netzwerke) zu den im Projekt behandelten Themen vor. Speziell beim Thema 3D-Druck sollten kooperierende Hochschulen bezüglich Schulungen auf diesem Gebiet angefragt werden.



## Superprof

Auf der Website Superprof bieten Lehrkräfte und Spezialisten auf ihrem Gebiet verschiedene Unterrichtsstunden in allen möglichen Fachbereichen an. Dabei ist immer erkennbar, wo sich die Personen befinden und ob sie ihre Einheiten auch online anbieten.



## Fobizz

Die Online-Plattform Fobizz bietet eine umfassende Schulung, um Lehrkräften die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten zu vermitteln, um 3D-Druck effektiv im Unterricht einzusetzen. Die Lernziele dieser Fortbildung sind vielfältig und zielgerichtet. Zualererst werden die verschiedenen 3D-Druck-Verfahren vorgestellt, wobei deren Vor- und Nachteile im schulischen Kontext beleuchtet werden. Dies ermöglicht fundierte Entscheidungen darüber, welches Verfahren am besten zu den Bedürfnissen des Unterrichts passt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf den Einsatzmöglichkeiten des 3D-Drucks in der Schule und den damit verbundenen Erwartungen hinsichtlich des Lernergebnisses. Hier wird vermittelt, wie 3D-Druck als pädagogisches Werkzeug genutzt werden kann, um Schüler\*innen zu inspirieren und ihre kreativen Fähigkeiten zu fördern. Praktische Fertigkeiten sind ebenfalls ein integraler Bestandteil der Fortbildung. Teilnehmende werden in der Lage sein, eigene 3D-Modelle mithilfe des benutzerfreundlichen Programms TinkerCad zu erstellen. Zusätzlich werden die Schritte zur Vorbereitung von 3D-Modellen für den Druck mit dem Slicer Cura vermittelt, wodurch die vollständige Kontrolle über den Druckprozess erlangt wird. Die Fortbildung beinhaltet auch wichtige Richtlinien und Regeln für die sichere Nutzung von FDM-Druckern in der Schule, um die Sicherheit der Schüler\*innen und die optimale Leistung der Geräte zu gewährleisten.

Die Software Slicer zerlegt 3D-Modelldaten für den 3D-Druck in Schichten.

Fobizz bietet somit eine umfassende Fortbildung, die Lehrkräften ermöglicht, 3D-Druck als innovatives pädagogisches Werkzeug in ihren Unterricht zu integrieren. Nach Abschluss dieser Fortbildung wird die Fähigkeit entwickelt, Schüler\*innen die Welt des 3D-Drucks auf spannende und lehrreiche Weise näherzubringen und ihre kreativen Potenziale zu entfalten.



## Conrad

Das 3D-Druck Handbuch von Conrad bietet eine ganzheitliche Einführung in den 3D-Druck. Es behandelt die historische Entwicklung, die verschiedenen technischen Verfahren mit ihren Vor- und Nachteilen, bietet schrittweise Anleitungen zur Konstruktion von 3D-Objekten, beinhaltet Experimente für den Unterricht und informiert über aktuelle Forschungsergebnisse zu Feinstaub und organischen Verbindungen beim 3D-Druck. Dieses Handbuch ist sowohl für Anfänger als auch Fortgeschrittene in diesem Bereich nützlich und hilfreich.



### Comedu

Das Lehrkräftenetzwerk Comedu ist eine Online-Plattform für 3D-Druck, die Lehrenden kostenlosen Zugang zu innovativen 3D-Druck Unterrichtsmaterialien bietet. Hier können Lehrende untereinander Erfahrungen und Ressourcen austauschen, um den 3D-Druck-Unterricht in ihren Klassen zu verbessern und zu bereichern.



### Lehrer 24

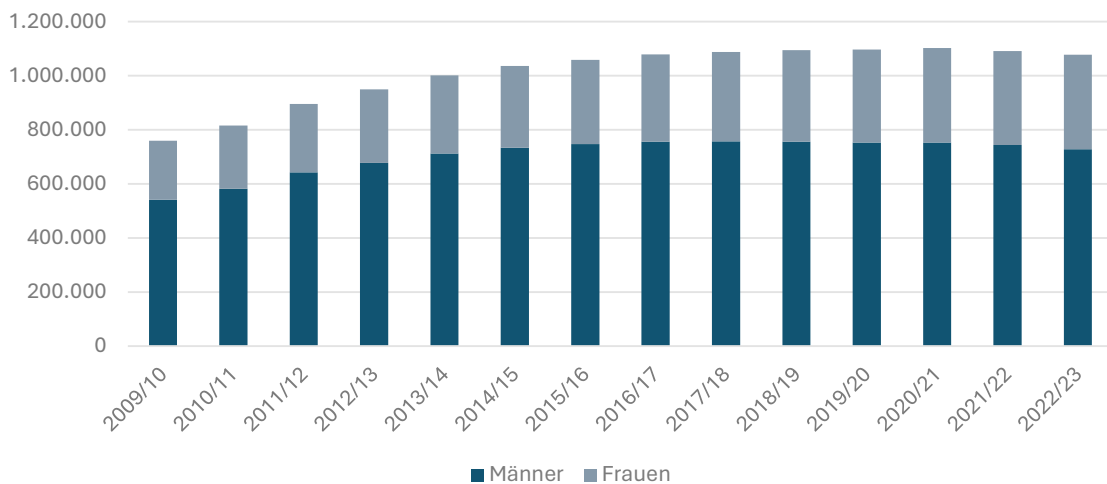
Das Portal Lehrer 24 stellt Lehrkräften eine Sammlung von nützlichen Links und praktischen Vorlagen zur Verfügung, die sich gezielt mit dem Thema 3D-Druck im Bildungsbereich beschäftigen. Damit können Pädagogen ihre Unterrichtsmaterialien erweitern und Schüler\*innen neue Möglichkeiten zur praktischen Erfahrung und zum Verständnis dieses innovativen Technologiefeldes bieten.

## Hochschulen

Die Anzahl der Studierenden in MINT-Studiengängen sinkt (vgl. Abb. 9), wobei die Nachfrage nach MINT-Absolventen gleichzeitig steigt. Daher sollten Hochschulen Kooperationen mit Schulen eingehen, um diesem Trend entgegenzuwirken. Denn eine Zusammenarbeit kann frühzeitig Interesse an technischen Berufen wecken, praxisnahe Einblicke bieten, Lehrkräftefortbildungen unterstützen, Synergieeffekte nutzen, Berufsperspektiven aufzeigen, dem Fachkräftemangel entgegenwirken, Diversität fördern und den gesellschaftlichen Fortschritt unterstützen. Zudem fördert sie die wissenschaftliche Neugier, stärkt MINT-Kompetenzen und sichert die Ausbildung zukünftiger Fachkräfte.



Hochschulen können durch die Teilnahme an diesem Projekt ihre Präsenz an Schulen vergrößern. Durch das Kennenlernen der Schüler\*innen von den Lehreinrichtungen kann ein persönlicher Bezug hergestellt werden und damit, im Falle eines Studiums, die Motivation steigern, sich für diese zu entscheiden. Die Schüler\*innen lernen aus erster Hand kennen, was es bedeutet zu studieren und bekommen ein konkretes Bild vom Studium im Allgemeinen und konkret in den einzelnen Fachrichtungen.



9: Studierende in MINT-Fächern in Deutschland nach Geschlecht<sup>8</sup>

# Vorbereitung, Organisation und Tipps



UNTER-  
RICHT MAL  
ANDERS?  
MACHT  
MIT!

BOCK AUF  
3D-DRUCK?  
SEID  
DABEI!



# Für Schulen

Ist das Projekt für die Schule interessant, sollten zu Beginn die Verantwortlich- und Zuständigkeiten geklärt und verteilt werden. Welche Lehrenden haben Freude an einem solchen Projekt und kommen fachlich sowie zeitlich in Frage? Klare Aufgabenverteilungen und Ansprechpersonen fördern eine unkomplizierte Vorbereitung. Weiterhin sollte feststehen, in welchem Rahmen das Projekt umgesetzt werden kann: als Projektwoche, als AG oder unterrichtsbegleitend?

Bei der Planung und Durchführung von Kooperationsprojekten zwischen Schulen und Hochschulen sind einige wesentliche Schritte zu beachten:

Zunächst sollten die Schulen den Kontakt zu regionalen Hochschulen suchen und sich nach einem möglichen Interesse an einer Kooperation erkundigen. Bitte legen Sie zuvor klare **Verantwortlichkeiten** innerhalb des Lehrkörpers fest. Auf diese Weise ist sicher gestellt, dass jeder Lehrkraft sein zuständiges Thema und/oder Bereich bewusst ist. Klare Zuständigkeiten gewährleisten eine gezielte und effektive Umsetzung des Projekts.

Des Weiteren sollten die Schulen und Hochschulen den Rahmen für die Projektumsetzung genau festlegen, um die **Machbarkeit** beidseitig zu prüfen. Wie lang soll das Projekt dauern? Sollen Exkursionen in den Lehrplan integriert werden? Wenn ja, welche? Welche Ressourcen und Unterstützung kann die Hochschule bieten? Es ist wichtig zu prüfen, ob die Partnerhochschulen die geplanten Aktivitäten in Bezug auf Zeit und Umfang realisieren können.

Die Beschaffung der benötigten Materialien stellt einen weiteren wichtigen Punkt dar und umfasst sowohl **Lehr- und Lernmaterialien** als auch eventuell erforderliche technische Ausstattung. Eine rechtzeitige Materialbeschaffung gewährleistet einen reibungslosen Ablauf des Projekts.

Abschließend sollte eine **Feedbackrunde** eingerichtet werden, um die Qualität des Projekts zu überprüfen und mögliche Verbesserungsfelder zu identifizieren. So wird sicher gestellt, dass die Zusammenarbeit zwischen Schulen und Hochschulen kontinuierlich optimiert wird und die gesteckten Ziele erreicht werden.

**Auch wenn eine Hochschulkooperation die Umsetzung erleichtert, ist sie nicht zwingend erforderlich.** Falls sich keine Kooperation mit einer Hochschule ergibt, kann das Projekt **Rec@School** entweder selbstständig durchgeführt werden oder Sie wählen eine regionale Firma wie ein Recyclingunternehmen oder ein Reparaturcafé sowie Makerspace- und FabLab-Einrichtungen als Alternative. Die aufgeführten Empfehlungen sind auf jegliche Form einer Kooperation übertragbar.

Neben der Gewinnung von Kooperationspartner\*innen ist die **Gewinnung von Schüler\*innen und Kolleg\*innen** für die aktive Teilnahme an diesem Projekt entscheidend. Die an diesem Projekt interessierten Lehrkräfte können innerhalb ihrer Fachgruppen und ihrer Klassen über **Rec@School** berichten und Interesse abfragen. Im nächsten Schritt kann die Schulleitung einbezogen und die konkrete Planung angegangen werden.

Mit Flyern oder Posteraushängen kann an der Schule für das Projekt geworben werden (Abb. 10, steht als Download zur Verfügung). Die Texte können mit diversen Bildbearbeitungsprogrammen wie GIMP (kostenloses Tool, [www.gimp.org](http://www.gimp.org)) angepasst/ergänzt werden.

# Für Hochschulen

Begeistern Sie mit **Rec@School** Schüler\*innen und Studierende von morgen für MINT-Studiengänge. Mit diesem Projekt können Sie praxisnah und gezielt Interesse für technische Berufsfelder wecken und persönlichen Kontakt herstellen. Nutzen Sie diese Chance!

Definieren Sie auch als kooperierende Hochschule Verantwortlich- und Zuständigkeiten klar – im Optimalfall übernimmt eine Person die Kommunikation mit der Schule. Bei der Wahl der passenden Schule unterstützt und berät Sie die zuständige Landesschulbehörde. Eine konkrete Kooperationsanfrage stellen Sie anschließend entweder an das Sekretariat der Schule oder Sie kontaktieren deren Schulleitung.



Verwenden Sie als Infomaterial und Teaser gerne den Flyer dieses Leitfadens. Dieser kann sowohl digital als auch gedruckt weitergegeben werden.

Legen Sie ebenfalls den Umfang der Kooperation fest. Stimmen Sie sich dazu mit der Schule ab, wie eine Umsetzung aussehen könnte. Laden Sie die Teilnehmenden zu einer Exkursion in die Labore ein und zeigen Versuchsaufbauten (Abb. 11). Nutzen Sie die Gelegenheit und binden Sie die Schüler\*innen für einen nachhaltigen Effekt aktiv und praktisch in den Versuchsaufbau oder die Veranstaltung (Quizz, Rallye etc.) ein.



**11:** Praxisnahe Vorlesungen und spannende Versuche wecken das Interesse an hochschuleigenen Studiengängen. Was die Schüler\*innen nicht kennen, werden sie auch nicht studieren ...

# Organisation

Das Projekt Rec@School kann als Projektwoche, Projekttag oder unterrichtsbegleitend über das Schuljahr verteilt in den Schulalltag integriert werden.

Ebenso ist eine Aufteilung von Theorie und Praxis denkbar. Zunächst werden die Themen theoretisch im Unterricht behandelt und anschließend an einem oder mehreren Tagen mit größtmöglichem Praxisbezug umgesetzt. Sprechen Sie mit dem Kollegium eine mögliche Form der Umsetzung ab.

## Beispiel Projektwoche:

- **Montag: Rohstoffe in einem Smartphone 8:00 – 13:30 Uhr**
- **Dienstag: Verpackung und Recycling 8:00 – 13:30 Uhr**
- **Mittwoch: 3D-Druck und Konstruktion 8:00 – 13:30 Uhr**
- **Donnerstag: Exkursion (Hochschule/Recyclingbetrieb) 8:00 – 15:00 Uhr**
- **Freitag: Zeitpuffer für die Themenblöcke und Abschluss 08:00 – 12:30 Uhr**

Die bereitgestellten Unterlagen bieten grundlegende Informationen zu den drei Modulen. Diese sollten als Vorschlag und nicht als Notwendigkeit verstanden werden und können an die Lehrpläne angepasst werden. Vielleicht wurden schon einzelne Themen im Fachunterricht behandelt oder angekratzt: Stellen Sie sich die Folien nach Belieben und Voraussetzung zusammen. (Nutzen Sie dafür in PowerPoint das Aus- und Einblenden einzelner Folien.) Verwenden Sie diese als begleitendes Unterrichtsmaterial für die Schüler\*innen oder für sich als Wissensquelle und Leitfaden – die Präsentationsunterlagen dienen der Lehrkraft dazu, die Inhalte zu verstehen sowie als visuelle Unterstützung beim Vermitteln der Inhalte.

In den Kommentaren von PowerPoint stehen weitere Hinweise zu den Themen/Folien (Abb. 12, rot markiert). Diese Hinweise sind ebenso in der Bearbeitungsansicht der Folien einsehbar. Einige Folien eignen sich auch für Gruppenarbeiten oder -diskussionen und sind entsprechend gekennzeichnet.



12: Beispielhafte Folie aus der Präsentationsansicht von PowerPoint

# Tipps und Empfehlungen

Folgende Tipps und Empfehlungen wurden nach zweijähriger Erfahrung aus der Projektzeit zusammengetragen und sollen Ihnen bei der Fürsprache für dieses Projekt, bei der Planung, Umsetzung und Organisation helfen:

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Schüler\*innen mit großem Interesse und Eifer am Projekt Rec@School teilnehmen. Gerade der hohe Praxisanteil vermittelt den Schüler\*innen ein gutes Verständnis für die Themengebiete. Der gewählte Ansatz – von der Smartphone-Demontage über das Konstruieren hin zum 3D-Druck – sorgt für Begeisterung und nachhaltige Lerneffekte. Gleichzeitig stärkt das Wissen, defekte Dinge reparieren zu können, das eigene Selbstvertrauen. Wichtig ist, dass die Betreuer\*innen, ob an der Schule oder Hochschulen, sich selbst und vor allem den Schüler\*innen dieses Projekt und Können zutrauen. Viele Lehrende nehmen das Projekt in Bezug auf die Umsetzbarkeit zunächst skeptisch auf, doch die Erfahrung zeigt, dass die Sorgen unbegründet sind. Die bereitgestellten Präsentationsunterlagen und dieser Leitfaden bieten umfangreiche Inhalte und Informationsquellen.

## **Können der Schüler\*innen richtig einschätzen**

Gleichzeitig ist es wichtig, das Können der Schüler\*innen richtig einzuschätzen. In welchen Bereichen sind sie bereits Expert\*innen und in welchen besteht noch Lernbedarf? An einigen Schulen fiel bei der Durchführung auf, dass grundlegende Kenntnisse bei der Computernutzung bei den Schüler\*innen fehlen. Zwar setzen viele Schulen heute im Unterricht auf Tablets, sie bieten jedoch keinen Unterricht an, der die Nutzung und den Umgang mit einem Computer thematisiert. Dies fehlende Wissen kann zu Schwierigkeiten beim Modul 3 „3D-Druck und Konstruktion“ führen. Daher sollte vorab evaluiert werden, wie die Situation an der eigenen Schule ist und wie damit umgegangen werden kann.

## **Technik vorher prüfen**

Für einen reibungslosen Ablauf empfehlen wir grundsätzlich involvierte Technik im Voraus zu prüfen. Funktioniert alles sachgemäß? Die Erfahrung zeigt, dass Lehrende sich mit den an ihrer Schule zur Verfügung stehenden, eingesetzten technischen Mitteln unzureichend auskennen und auf technisch versierte Schüler\*innen angewiesen sind. Daher ist es von Vorteil, wenn die eingesetzten Lehrkräfte entsprechend geschult sind.

## **Netzwerken**

Es bietet sich an, bei der Umsetzung dieses Projekts in den Austausch mit anderen regionalen Schulen zu treten und ein Netzwerk zum Austausch aufzubauen.

Sowohl Schulen als auch Hochschulen sollten aktives Marketing und generelle Pressearbeit für dieses Projekt in Erwägung ziehen und so ihre Reichweite erhöhen. Aus der Perspektive der Schulen kann sich eine beworbene Kooperation mit Hochschulen positiv auf die Außenwirkung der Schulen ausprägen. Aus der Perspektive der Hochschulen kann eine offen kommunizierte Bereitschaft für Kooperation mit Schulen zu Synergien für weitere gemeinsame Projekte führen und sich vorteilhaft auf die Gewinnung von zukünftigen Studierenden auswirken.

## Rezensionen

## und Eindrücke

Wir waren über einen Zeitraum von drei Jahren im Projekt Rec@School involviert. Wir haben in diesem Zusammenhang sehr von den grundlegenden Ideen, den Materialien und auch der Betreuung bei unseren Besuchen an der Ostfalia profitiert. Dafür möchten wir uns recht herzlich bedanken! Im Laufe der Zeit haben wir das Projekt ein wenig an unsere Bedürfnisse angepasst, was aber flexibel möglich ist.

CJD Braunschweig

Die mit der Ostfalia Hochschule durchgeführte Projektwoche war aus Sicht der Schüler\*innen und aus Sicht der Schule ein Erfolg. Sie zeichnete sich durch eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis aus und war durch ein hohes Maß an Handlungsorientierung gekennzeichnet. Die Schüler\*innen lernten durch kreative und anspruchsvolle Aufgaben faszinierende Einblicke in die Welt der Technik und vor allem dem ressourcenschonenden, nachhaltigen Umgang mit Materialien kennen. Durch die abschließende Exkursion in die Hochschule gewannen sie motivierende Eindrücke in angewandte Forschung und Entwicklung. Wir bedanken uns herzlich bei der Ostfalia Hochschule.

IGS Querum

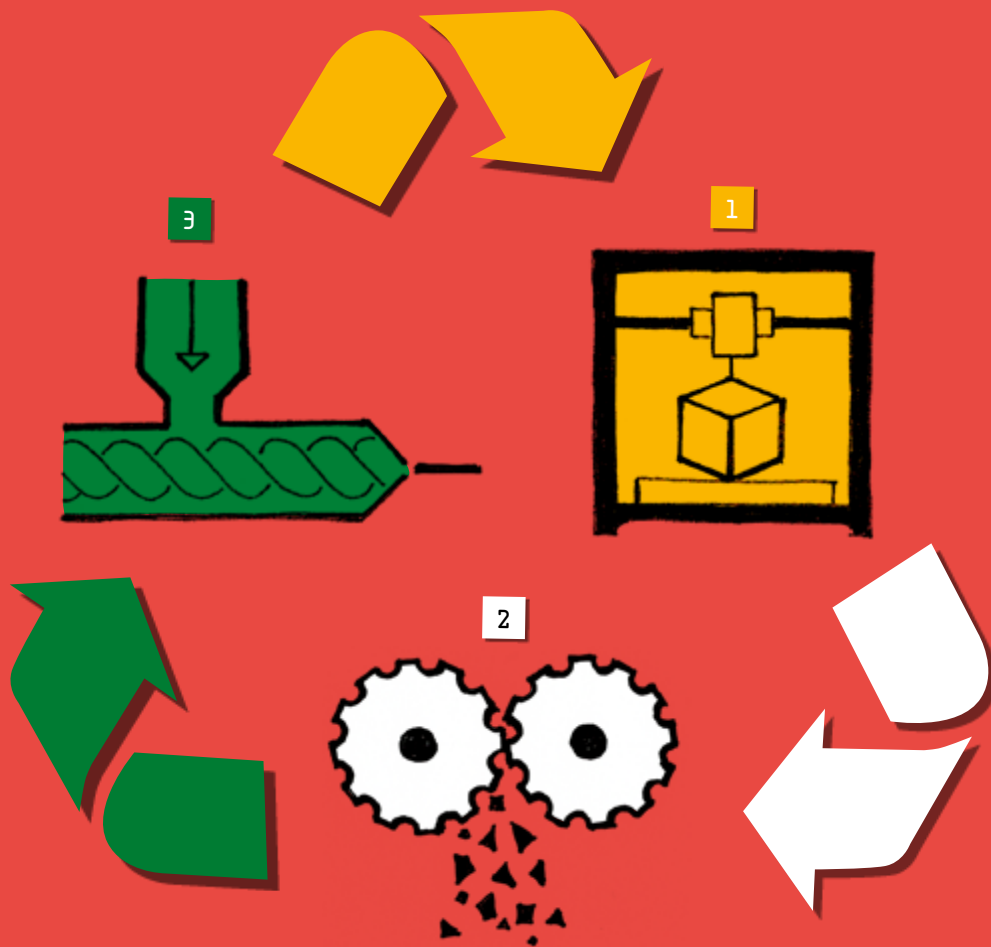
Der 3D-Drucker ist fester Bestandteil vieler unserer Unterrichtsprojekte. Über dieses Projekt konnten wir unseren Schülern nun auch die Möglichkeiten von „Repair“ und „Reuse“ im 3D-Druck-Verfahren näherbringen. Das Material ist umfangreich und gut ausgearbeitet. Wir setzen es erfolgreich im Rahmen von Projektwochen ein.

Oberschule  
Sicke

Die Inhalte des Projektes Rec@School haben die Schüler\*innen des 8. Jahrgangs sehr motiviert und interessiert aufgenommen. Die intensive Auseinandersetzung mit der Technik, die wie selbstverständlich von den Jugendlichen im Alltag benutzt wird, hat das Bewusstsein bezüglich der Ressourcen geschärft.

IGS Franzisches  
feld

# Teilprojekt: Recycling an Schulen



14: Schematische Darstellung des Recyclingkreislaufs beim 3D-Druck

Auch wenn alles gut läuft, entstehen beim 3D-Druck laufend und unweigerlich fehlerhafte oder nicht mehr benötigte Drucke, sogenannte Nebenprodukte. Diese können recycelt und nahezu vollständig wiederverwendet werden.

Beispielhaft zu nennen sind stützende Hilfsstrukturen oder Reinigungsvorgänge der Düse. Abbildung 13 zeigt ein Beispiel für einen solchen Fehldruck. Hier hat sich das Bauteil von der Bauplatte des 3D-Druckers gelöst, sodass kein kontrollierter 3D-Druck mehr möglich war.

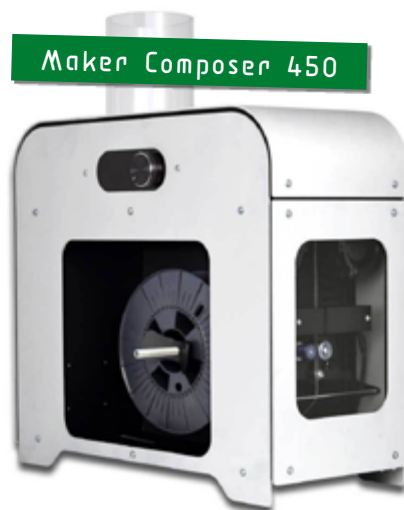
Solche Fehldrucke und Nebenprodukte müssen nicht entsorgt, sondern können im Gegenteil recycelt und nahezu vollständig wiederverwendet werden. Für das Sammeln der 3D-Druckabfälle sollten an den Schulen Sammelbehälter in unmittelbarer Nähe zu den 3D-Druckern positioniert werden. Diese sollten nach Material und Farbe getrennt werden.



13: Fehlerhafter Druck

## Shredder und Extruder

Die nicht mehr benötigten Teile und Gegenstände können vollständig in den Kreislauf überführt werden, wenn auf eine sortenreine Verwendung von Filamenten geachtet wird. Der Recyclingkreislauf (Abb. 14) stellt sich wie folgt dar: Ein 3D-gedrucktes Bauteil (1) kann zu kleinem Granulat geschreddert werden (2) und mithilfe eines Extruders (3) wieder in einen 3D-Drucker (1) als Filament überführt werden. Somit sind die beiden Maschinen, die für den Recyclingkreislauf notwendig sind, ein Schredder und ein Extruder. Der Markt für beide Maschinen ist groß und bietet für jede Budgetgröße etwas Passendes.



15: Das Zentrum für additive Fertigung (Zaf) der Ostfalia Hochschule verwendet den Shredder von Wanner Technik GmbH (Modell C 17.26) und den Extruder von 3devo (Maker Composer 450).



## Hinweis:

Achten Sie bei der Wahl des Shredders darauf, dass die Maske für das Shreddergranulat 3 mm nicht überschreitet. Größeres Granulat kann zu Unregelmäßigkeiten bei der Extrusion und somit zu Druckproblemen mit dem recycelten Filament führen.

Achten Sie auch auf eine ausreichende Trocknung des Granulats vor dem Extrudieren. Kunststoffe neigen dazu Wasser zu binden, welches die Extrusion erschwert. Sie können spezielle Granulat-trockner verwenden oder behelfen sich als kostengünstige Alternative mit einem herkömmlichen Ofen. Die meisten verwendeten PLA-Filament vertragen Temperaturen zwischen 65 und 85° C.



Do it  
yourself



Eine günstige Alternative für einen Filamentextruder bietet das deutsche Kleinunternehmen Artme GmbH. Der Clou: Bei ihrem Bausatz (Abb. 16) werden viele der benötigten Teile selber 3D-gedruckt. Der Bausatz des Desktop Filament Extruders MK2 kostet 649 €. Die Qualität des produzierten Filaments entspricht nahezu dem aus teuren, bereits fertig montierten Filamentextrudern.

Bei Interesse können Sie vor dem Kauf einen kostenlosen Blick auf die detaillierte Aufbau- und Bedienungsanleitung werfen, auch die 3D-Druckdaten sind bereits vor dem Kauf einsehbar.

16: Bausatz des Artme Desktop Filament Extruder MK2 und Einzelteile



# Quellen

- 1 Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (2022): Global Plastics Outlook. Policy Scenarios to 2060. Online verfügbar unter: [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1143\\_1143481-88j1bxuktr&title=Global-Plastics-Outlook-Policy-Scenarios-to-2060-Policy-Highlights](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1143_1143481-88j1bxuktr&title=Global-Plastics-Outlook-Policy-Scenarios-to-2060-Policy-Highlights), zuletzt geprüft am 29.06.2023.
- 2 Hubs B.V. 3D Printing Trend Report 2022: Market changes and technological shifts in the 3D printing market (2022). Online verfügbar unter: [https://4075618.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/4075618/020%203DP%20Trend%20report%202022\\_DEF\(April%202022\).pdf](https://4075618.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/4075618/020%203DP%20Trend%20report%202022_DEF(April%202022).pdf), zuletzt geprüft am 29.06.2023.
- 3 Heinrich-Böll-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2021): Plastikatlas 2019, Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff. Online verfügbar unter: [https://www.boell.de/sites/default/files/2022-01/Boell\\_Plastikatlas%202019%206.Auflage\\_V01\\_kommentierbar.pdf](https://www.boell.de/sites/default/files/2022-01/Boell_Plastikatlas%202019%206.Auflage_V01_kommentierbar.pdf), zuletzt geprüft am 29.06.2023.
- 4 vgl. Heinrich-Böll-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2021): Plastikatlas 2019.
- 5 Swisskom: Gemeinsam fördern wir die Kreislaufwirtschaft. Online verfügbar unter [https://www.swisscom.ch/content/dam/assets/about/nachhaltigkeit/re-think/content/2308\\_swisscom\\_rohstoffe2.png](https://www.swisscom.ch/content/dam/assets/about/nachhaltigkeit/re-think/content/2308_swisscom_rohstoffe2.png), zuletzt geprüft am 29.06.2023.
- 6 Statista, Anteil der Smartphone-Nutzer in Deutschland nach Altersgruppe im Jahr 2021 (2021). Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459963/umfrage/anteil-der-smartphone-nutzer-in-deutschland-nach-altersgruppe>
- 7 vgl. Statista, Anteil der Smartphone-Nutzer in Deutschland nach Altersgruppe im Jahr 2021 (2021).
- 8 Statista, Anzahl der Studierenden in MINT-Fächern in Deutschland nach Geschlecht in den Wintersemestern von 2009/2010 bis 2021/2022 (2022). Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1050875/umfrage/studierende-in-mint-faechern-in-deutschland-nach-geschlecht>, zuletzt geprüft am 29.06.2023.

# Abkürzungsverzeichnis

DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
NABU	Naturschutzbund Deutschland e. V.
OLIF	Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik
SDG	Sustainable Development Goals
VuMA	Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse
ZaF	Zentrum für additive Fertigung

# Bildnachweise

Titel: StockPhotoPro, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 13: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 14: M. Schuppich, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 14, Abb. 5: shopplaywood, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 16: phonlamaiphoto, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 17: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 18, Abb. 8: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 18, Kreis: russieseo, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 24, Bild auf Plakat: stokkete, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 26, Abb. 11: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 27, PPT-Folie: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 27, Tablet: Evgeniy Zimin, [www.stock.adobe.com](http://www.stock.adobe.com)  
S. 31, Abb. 13: OLIF, Ostfalia HaW  
S. 31, Abb. 15, li.: Wanner Technik GmbH, [www.wanner-technik.de](http://www.wanner-technik.de)  
S. 31, Abb. 15, re.: Produktfotos von 3devo, [www.3devo.com](http://www.3devo.com)  
S. 32: Produktfotos der Artme GmbH, [www.artme-3d.shop](http://www.artme-3d.shop)

# Unterrichtsmaterial

Folgende Materialien stehen Ihnen zur freien Verfügung:

## Für Werbezwecke (intern & extern)

- \_ Flyer
- \_ Poster für den Aushang zu Werbezwecken

## PowerPoint-Präsentationen für den Unterricht oder als Leitfaden

- \_ Modul Rohstoffe in einem Smartphone
- \_ Modul Verpackung und Recycling
- \_ Modul 3D-Druck und Konstruktion



# Ansprechpartner Ostfalia HaW

Bei Fragen, Anregungen, Kritik oder Hinweisen zu **Rec@School** wenden Sie sich an:

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik (OLIF)  
Salzdahlumer Straße 46/48  
38302 Wolfenbüttel

## Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Franz Haas  
E-mail: [franz.haas@ostfalia.de](mailto:franz.haas@ostfalia.de)

**Rec@School – Recycling für den 3D-Druck an Schulen**  
ein Projekt der Ostfalia Lern- und Innovationsfabrik (OLIF)

