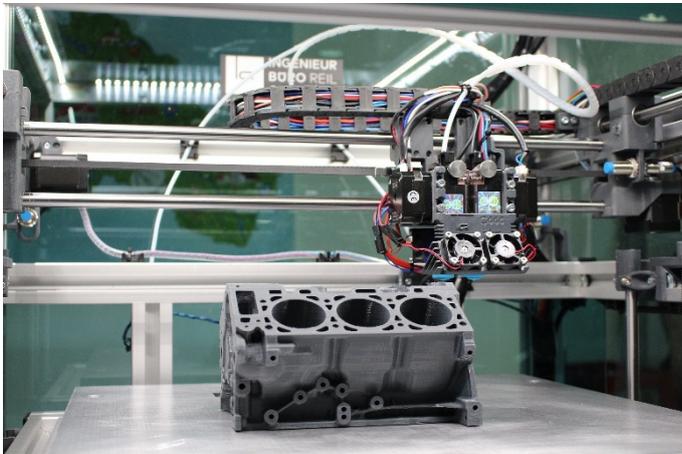


# Schule und digitale Arbeitswelt

## Unterrichtskonzepte zum 3D-Druck und zur Robotertechnik in Mathematik und Technik

Moderne Gesellschaften unterliegen einem stetigen Wandel, der im Zeitalter der Digitalisierung mit einer schnell fortschreitenden technologischen Entwicklung verbunden ist. Die allgemein- und berufsbildenden Schulen spielen dabei eine zentrale Rolle für die Vorbereitung von Kindern und Jugendlichen auf das Leben und die Arbeitswelt der Gegenwart und der Zukunft. Dies spiegelt sich aktuell sowohl in der von der Kultusministerkonferenz (KMK) definierten Strategie zur Bildung in der digitalen Welt als auch in dem von dem dänischen Ministerium für Unterricht (UVM) eingeführten Fach „Technologie-Verständnis“ wider. Hier stehen die aktive und selbstständige digitale Teilhabe, das ethische Verhalten sowie die Selbstregulation im Fokus. Insbesondere sollen Lerngelegenheiten ermöglicht werden, durch die Schüler\*innen zielführend digitale Kompetenzen erwerben können. Dies umfasst auch Einblicke in zukünftige berufliche Tätigkeiten und den damit verbundenen Anforderungen im digitalen Bereich. Eine Herausforderung für Lehrkräfte besteht darin, Aspekte der Digitalisierung explizit im Fachunterricht aufzugreifen und reflektiert zu vermitteln, ohne die fachspezifischen Ziele des Fachunterrichts zu vernachlässigen. Im Rahmen der hier vorgestellten Materialien soll dies exemplarisch für den Mathematik- und den Technikunterricht am Beispiel des 3D-Drucks respektive der Robotertechnik thematisiert werden.



Dem 3D-Druck und der Robotertechnik kommt in Produktions- und Entwicklungsprozessen der Industrie (z.B. der Herstellung von Prototypen) eine immer größere Rolle zu. Eine besondere Bedeutung haben dabei u.a. additive Fertigungsverfahren, die eine Herstellung von Produkten mit geringerem Materialverbrauch erlauben als subtraktive Verfahren wie etwa das Fräsen und Zerspanen. Damit wandeln sich auch die

Kompetenzanforderungen an Industriebeschäftigte, die insbesondere Kenntnisse zu den Teilprozessen des 3D-Drucks bzw. zur Robotertechnik benötigen.

Besonders geeignet sind die Prozesse des 3D-Drucks für eine Thematisierung im Mathematikunterricht, da ihnen genuin mathematische Inhalte (z.B. das Konstruieren von Figuren durch das Zusammensetzen von Grundkörpern) zugrunde liegen. Zudem kommen die Schüler\*innen durch die Beschäftigung mit den Prozessen des 3D-Drucks in Kontakt mit mathematischen Themen (z.B.

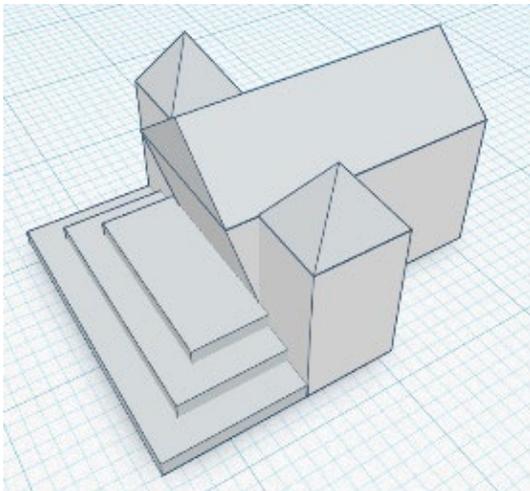


Modellierungsvorgänge und Transformationen) sowie Überprüfungsstrukturen, die als Unterrichtselemente den digitalen Bildungszielen entsprechen. Elemente der Robotik können ebenso im Technik- und Physikunterricht aber auch in anderen Fächern implementiert werden.

Die hier bereitgestellten Materialien umfassen einerseits Unterrichtskonzepte für den Mathematikunterricht, die ihren Ausgangspunkt in den technischen Prozessen des 3D-Drucks nehmen, und andererseits Unterrichtskonzepte für das Einbeziehen von robotischen Systemen in den Technikunterricht. Die Ziele dieser Konzepte sind neben der Förderung der regulären fachspezifischen Ziele des Mathematik- und Technikunterrichts auch die Förderung der digitalen Kompetenzen und des technischen Verständnisses. Ebenso sollen die Aspekte des 3D-Drucks sowie der Hardware- und Softwareelemente in den Unterrichtseinheiten Anlass geben, den Schüler\*innen berufliche Perspektiven und damit verbundene Kompetenzanforderungen aufzuzeigen.

## 3D-Druck

Der Prozess des 3D-Drucks kann in vier Phasen aufgeteilt werden: Die Modellierungsphase, die Triangulation, das sog. Slicen und der tatsächliche Druckprozess. Auf diese vier Prozesse, die kurz vorgestellt werden, wird in den Unterrichtskonzepten für den Mathematikunterricht Bezug genommen.



### *Modellierungsprozess:*

Die Erstellung des dreidimensionalen Modells wird zunächst digital vorgenommen. Mithilfe eines 3D-Design Programms oder eines 3D-Scans wird ein virtuelles Objekt auf einer digitalen Arbeitsebene erstellt. Dieses muss als geschlossenes Volumenmodell erstellt werden, in dem Höhe, Tiefe und Breite des Objekts definiert sind.

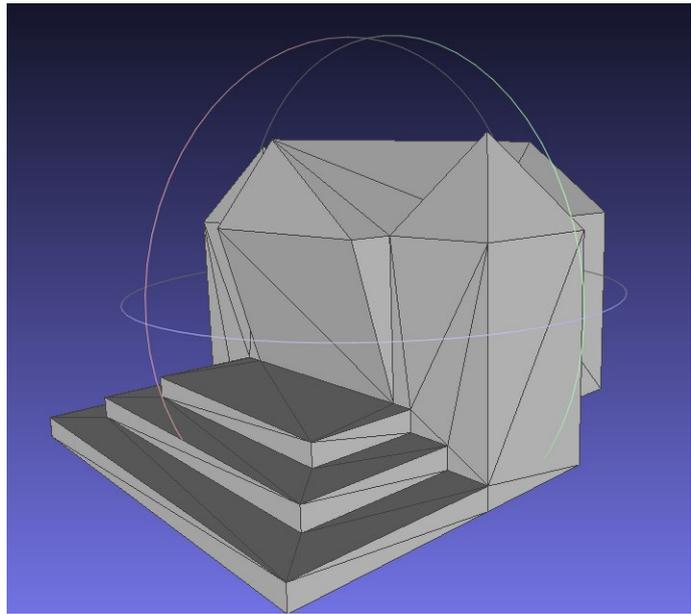
### *Triangulationsprozess:*

Das entstandene digitale 3D-Modell des Objekts muss für die weitere Verarbeitung mithilfe analytisch-geometrischer Methoden beschrieben werden. Durch den Vorgang der Triangulation wird die Oberfläche des Objekts durch ein Netz aus Dreiecksflächen beschrieben und in einem virtuellen

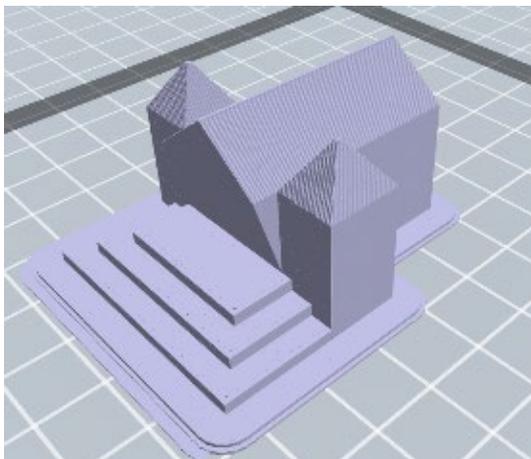




Druckraum (Koordinatensystem) positioniert. Durch die Triangulation wird das Objekt folglich eindeutig und mathematisch beschrieben. Dabei gibt es verschiedene Formate, wobei das STL-Format am häufigsten genutzt wird. In diesem Format wird die Beschreibung jedes Dreiecks der Oberfläche durch die Angabe von drei Eckpunkten und der Flächennormalen der jeweiligen Dreiecksfläche vorgenommen. Flächen, die keine geradlinigen Kanten haben, sondern von Kurven begrenzt sind, werden in dem Triangulationsprozess durch mehrere Dreiecke beschrieben, wodurch die Genauigkeit der Darstellung des Objekts erhöht wird.



Zwischen dem Triangulations- und dem Slicingprozess sollte ein Überprüfungsschritt eingeführt werden, falls das Modell tatsächlich gedruckt wird. Hierfür kann das triangulierte Modell in einer Reparatur-Software auf Größe, Geschlossenheit und korrekte Ausrichtung überprüft werden.



### *Slicingprozess:*

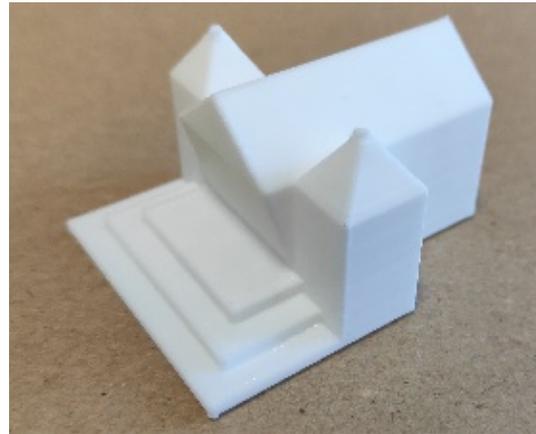
Die entstandene triangulierte Modellierung des Objekts wird in einem anschließenden Schritt für den Druckprozess vorbereitet. Dazu wird die modellierte Konstruktion in einem Slicingprozess in einzelne Schichten zerlegt. Die Daten für jede Schicht werden berechnet und in einen G-Code umgewandelt. Dieser Programmcode umfasst genaue Steuerungsbefehle für den Drucker, die dieser für den Druckvorgang benötigt (u.a. Informationen zur Temperatur des Druckkopfes, die Beschreibung der Fahrwege sowie

die Menge an Kunststoff, die jeweils auf dem von dem Druckkopf zurückgelegten Weg aufgetragen werden soll).



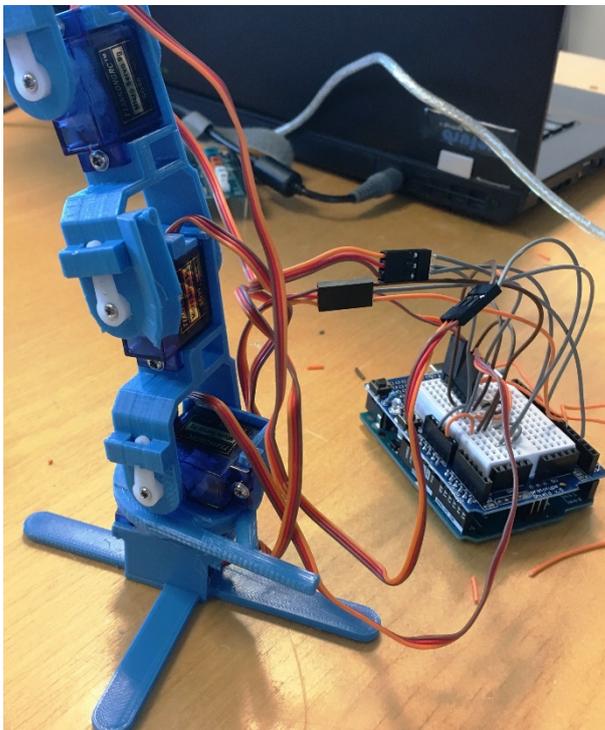
*Druckprozess:*

Im abschließenden Druckprozess wird das zuvor modellierte Objekt schichtweise gedruckt. Die Schichten werden dabei meist durch Verkleben in Voxeln auf die jeweils vorhergehende Schicht des Materials aufgebracht. Voxeln sind dabei Datenpunkte, die im 3D-Druck als das Äquivalent zu den Pixeln eines 2D-Bildes definiert werden können.



## Robotertechnik

In der Auseinandersetzung mit der Robotertechnik können Schüler\*innen in technisch relevanten Bereichen geschult werden. Eine Auseinandersetzung kann die Bereiche der Hard- und Software, Aktuatoren, Sensoren und Microcontroller umfassen. Auf diese Bereiche mit einem Fokus auf dem Hardwareaspekt wird in den Unterrichtskonzepten für den Technikunterricht Bezug genommen.



*Hardware:*

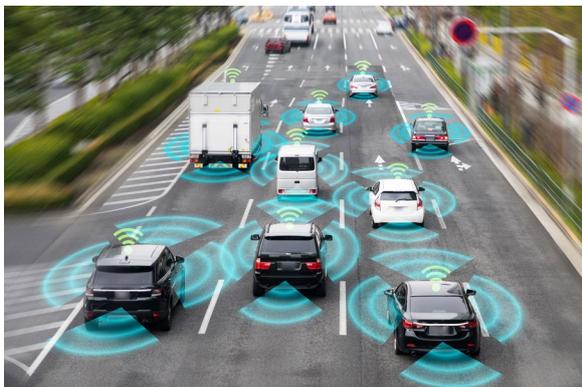
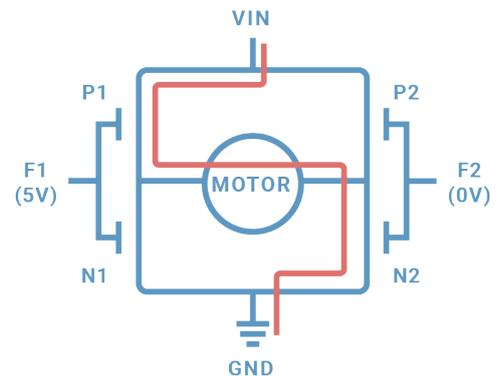
Hardware ist einer der haptischen Aspekte von Technik. Der Umgang mit Hardware im Unterricht fördert folglich kinästhetisches Lernen von Schüler\*innen. Mithilfe der Auseinandersetzung mit den Funktionsweisen verschiedener Hardwarekomponenten erhalten Schüler\*innen die Möglichkeit mit diesen zu experimentieren und selbstständig die Funktionsweisen von Hardware zu erkunden. Hardwarekomponenten können in drei Gruppen eingeteilt werden: Aktuatoren, Sensoren und Microcontroller.





## ➤ Aktuatoren:

Im Vergleich mit dem menschlichen Körper bilden Aktuatoren die Muskeln der Hardware. Damit sind Aktuatoren die Komponenten, die grundlegend für Bewegungen der Hardware sind. Der Begriff der Bewegung kann hierbei sowohl sichtbare Bewegungen umfassen, die z.B. durch Motoren angetrieben werden, als auch nicht-sichtbare Bewegung. Nicht-sichtbare Bewegungen umfassen dabei u.a. Lichtwellen, die von LEDs ausgehen oder Schallwellen, die aus Lautsprechern kommen. Für die Ausführung einer Bewegung, muss der Aktuator durch einen Befehl zu dieser aufgefordert werden.

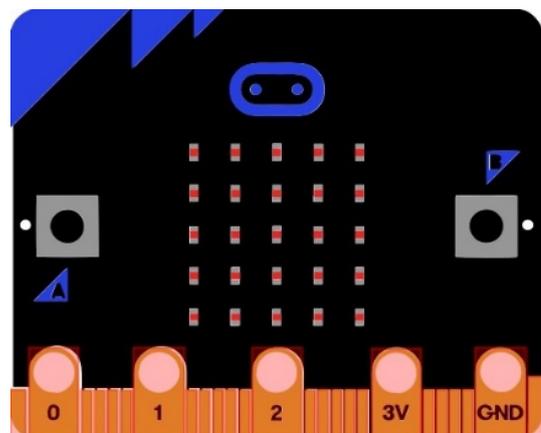


## ➤ Sensoren:

Ebenso wie die Aktuatoren, können auch die Sensoren sinnbildlich betrachtet werden. Im Vergleich mit dem menschlichen Körper entsprechen die Sensoren den menschlichen Sinnen, da sie gesendete Signale empfangen und diese in elektrische Signale transformieren. Diese transformierten Signale können dann z.B. von einem Microcontroller verarbeitet werden. Das Einsatzfeld von Sensoren umfasst auch Vorgänge, die von dem menschlichen Auge nicht wahrnehmbar sind (z.B. das Empfangen einer Übertragung durch infrarotes Licht von Fernbedienung zum Fernseher).

## ➤ Microcontroller:

Microcontroller können ebenfalls mithilfe der zuvor verwendeten Analogie betrachtet werden. So entsprechen Microcontroller dem menschlichen Gehirn. Ein Microcontroller nimmt die von den Sensoren empfangenen Signale auf und verarbeitet diese. Bei Bedarf werden anschließend Befehle an die Aktuatoren gesendet um diese zu aktivieren.



### Software / Code:

#### Conditional (Structure):

```
void loop() {  
  if (x == y) {  
    //if yes, run code  
  }  
  else if (x < 4 && y < 4) {  
    //if yes, run this instead  
  }  
  else {  
    //else, run this instead  
  }  
}
```

\*there can only be one "if"  
\*there can be multiple "else if"  
\*there can only be one "else"

Um einen Code zu formulieren, können verschiedene Code-Sprachen verwendet werden. Diese Sprachen unterscheiden sich u.a. in ihrer Darstellung. So sind manche Sprachen grafisch darstellbar (z.B. MakeCode), so dass ihr Aufbau dem eines Bauklotz-Systems ähnelt. Grundsätzlich ist die Verwendung aller Code-Sprachen vergleichbar: Es werden Befehle in einer bestimmten Reihenfolge festgehalten, die anschließend in Microcontrollern aufbewahrt werden. Der Microcontroller geht den Code in immerwährenden Schleifen durch und führt die gegebenen Befehle genau dann aus, wenn eine Aufforderung auf die aktuellen Umstände passt.

## Hinweise zu den Unterrichtskonzepten

Die Unterrichtskonzepte umfassen einen einleitenden Teil und einen Anhang mit möglichen Aufgabenstellungen. Der einleitende Teil informiert auf einer Seite über Zielgruppe, Umfang und Inhalt der Einheit sowie Lernvoraussetzungen und Ziele. Überdies wird in einem Abschnitt kurz der spezifische Vorteil des Vorgehens erläutert. Im Anschluss an diese Informationen finden Sie mögliche Aufgaben, die von den Schüler\*innen bearbeitet werden können. Hier werden sowohl die Aufgabenstellung und die Schüler\*innen-Aktivität als auch der Bezug zu den Inhalten der Fachanforderungen sowie geförderte fachliche (mathematische oder technische) und digitale Kompetenzen erläutert.

## Kontakt

Für Rückfragen wenden Sie sich gern an das DiASper-Projektteam:

o Mira Wulff – mwulff@leibniz-ipn.de      ☎ 0431 / 880 3118  
o Dr. Marc Wilken - wilken@leibniz-ipn.de      ☎ 0431 / 880 1079

