

4.2 Tools und Technik: MakerSpace ausstatten

Friso Laan

Der kreative Prozess steht beim Making im Fokus. Die verwendeten Maschinen und Geräte sind dabei Hilfsmittel, die die Schüler:innen bei der Realisierung ihrer kreativen Vorstellungen unterstützen, jedoch nicht im Mittelpunkt des Prozesses stehen sollen. Es geht also nicht um die Technik, sondern mit der Technik.

Die nachfolgende Liste präsentiert Werkzeuge und Maschinen im Einklang mit diesem Grundsatz. Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll als Anregung dienen, einen Makerspace auszustatten, in dem Technologie als dienendes Werkzeug für die Umsetzung von Ideen fungiert, ohne den eigentlichen Prozess zu überlagern.

4.2.1 Geräteausstattung

Die Geräteausstattung eines MakerSpace sollte sich in erster Linie am pädagogischen Konzept der Schuleinheit orientieren. Erst wenn in etwa klar ist, was man machen möchte, sollte entschieden werden, welche Geräte angeschafft werden. Die nachfolgende Liste hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie entspricht der Ausstattung, die sich an unseren Pilotschulen im Kanton Thurgau bewährt hat.

Digitale Fabrikation

Unter das Label «Digitale Fabrikation» fallen automatisierte Herstellungsverfahren, die am Computer modellierte Konstruktionen (2dimensionale Zeichnungen oder 3dimensionale Modelle) mit Hilfe einer speziellen Maschine fertigen. Man unterscheidet additive Verfahren, bei welchen ein Werkstoff in Schichten aufgetragen wird (z. B. 3D-Druck, digitales Sticken), und subtraktive Verfahren, bei welchen das Produkt durch mechanische oder thermische Abtragung eines Rohmaterials entsteht (z. B. CNC-Fräsen oder LaserCutter). Sämtliche Verfahren sind inzwischen im Schulkontext etabliert und eignen sich für einen MakerSpace.



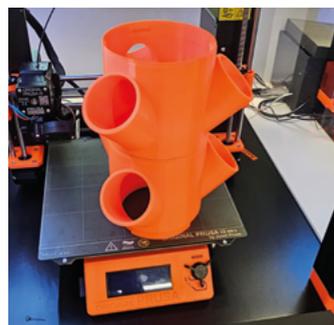
BEISPIELE FÜR 3DIMENSIONALE MODELLE, PRODUZIERT MIT DEM LASERCUTTER

3D-Drucker

Ein MakerSpace ohne 3D-Drucker ist inzwischen kaum mehr vorstellbar. Er gehört zum Inventar dazu. Schüler:innen beobachten begeistert und geduldig, wie Schicht für Schicht 3dimensionale Modelle entstehen. 3D-Objekte, die in einem CAD-Programm wie TinkerCAD erstellt werden, können auf einem Drucker fabriziert werden. Alle gängigen Druckerhersteller haben untereinander kompatible Anwendungsprogramme, welche kostenlos genutzt werden können. Auch das Angebot von diversen kostenlosen Bibliotheken für 3D-Modelle hat sich an Schulen etabliert.

PRO	CONTRA
<p>Günstig in der Anschaffung (CHF 350–1200) Vielseitig einsetzbar Konstruktionssoftware TinkerCAD für Kinder geeignet Druckerfilament aus PLA besteht aus Maisstärke und ist somit biologisch abbaubar Geräte können leicht selbst zusammengebaut werden</p>	<p>3D-Drucke brauchen extrem viel Zeit (je nach Objektgrösse schnell 20 Stunden) Daher sind mehrere Drucker erforderlich, wenn eine grössere Lerngruppe drucken möchte Drucke sind fehleranfällig, hoher Bedienungsaufwand Geräte sind wartungsintensiv</p>
ANWENDUNGSBEREICHE	
<p>Produktion von Spielfiguren Haus- und Möbelmodelle designen Konstruktion von Ersatzteilen für defekte Geräte Produktion von massgeschneiderten Objekten aller Art Getriebe, Zahnräder Bausteine Handyhalterungen Stiftboxen grosser Fundus an Objekten im Internet verfügbar</p>	

3D-Drucker helfen zu organisieren, Ideen zu realisieren und technische Barrieren zu überwinden. Ein etwas höherer Anschaffungspreis rechnet sich in der Nachhaltigkeit und der reduzierten Wartung des Geräts. Gute Ergebnisse werden mit PLA Filamenten erzielt. Sie sind unkompliziert zu verarbeiten. Es entstehen keine unangenehmen oder unerwünschten Emissionen beim Druckvorgang. Je nach Einsatzplanung der Artefakte können Filamente mit den spezifisch verlangten Eigenschaften angeschafft werden. Die handelsüblichen Filamente sind standardisiert und können auf den meisten Druckern problemlos gedruckt werden (Materialkompatibilität). Die Einstellungen im Slicer-Programm müssen diesbezüglich jedoch angepasst werden.

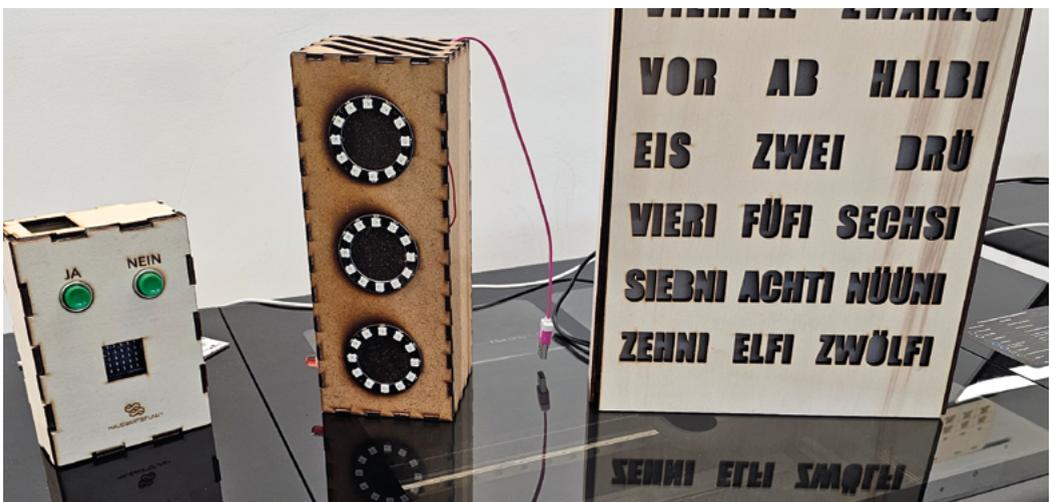


BEISPIELE FÜR PROTOTYPEN, DIE MIT DEM 3D-DRUCKER GEFERTIGT WURDEN

LaserCutter

Handelsübliche LaserCutter können wahlweise Materialien wie Holz, Pappe oder Acrylglas mit einer Stärke von 4–6mm präzise zerschneiden oder deren Oberfläche gravieren. Eine Gravur ist zudem bei Glas- und Metalloberflächen möglich. LaserCutter arbeiten ausschliesslich 2dimensional. Der Laserkopf bewegt sich auf der X- und Y-Achse über eine ca. 35x50cm grossen Arbeitsfläche und erzeugt gerade Schnittkanten. Als Konstruktionssoftware dienen vektorbasierte Grafikprogramme wie Illustrator oder Inkscape. Oftmals enthält die Treibersoftware der Geräte eine sehr einfache Konstruktionsanwendung.

PRO	CONTRA
<p>LaserCutter sind im Schneidemodus sehr schnell; die Schüler:innen müssen nur kurz auf ihr Produkt warten</p> <p>Einfach zu bedienen (je nach Modell)</p> <p>Präzise Fertigung</p>	<p>Im Gravurmodus arbeiten LaserCutter sehr langsam</p> <p>Hoher Anschaffungspreis (CHF 2000–6000)</p> <p>Abluftanlage erforderlich (Abluftschlauch kann notfalls durch ein offenes Fenster ins Freie geleitet werden)</p> <p>Brand- und Schmauchspuren an gefertigten Teilen</p> <p>Geruchsbelästigung (Lagerfeuer-Romantik)</p> <p>Brandgefahr (wenn Materialreste nicht von der Arbeitsfläche entfernt werden)</p>
ANWENDUNGSBEREICHE	
<p>Produktion von Spielfiguren Haus- und Möbelmodelle designen Konstruktion von Ersatzteilen für 2dimensionale Objekte Schlüsselanhänger Schilder aller Art Schmuckherstellung gravierte Fotos Puzzle und Lernmaterialien Kulissenhintergründe für Trickfilme Mobile Zahnräder Halterungen aller Art dimensionale Objekte, die aus Einzelteilen gefertigt und zusammengesteckt werden: Produktion von Boxen und Gehäusen aller Art Schichtdesignmodelle Flugzeugmodelle (aus Balsaholz) Designerlampen mit Ornamenten</p>	



BEISPIELE FÜR PROTOTYPEN, DIE MIT DEM LASERCUTTER GEFERTIGT WURDEN

Schneideplotter

Der Schneideplotter arbeitet wie der LaserCutter, nur dass das Material nicht mit Laser, sondern mit einem herkömmlichen Messer zerschnitten wird. Schneideplotter bearbeiten Materialien wie Papier, Pappe, Folie, Klebefolie, Stoffe aller Art oder dünnes Bastelholz. Konstruiert werden die Vorlagen mit einer mitgelieferten Grafiksoftware. Alternativ können auch vektorbasierte Grafikprogramme wie Illustrator oder Inkscape genutzt werden. Ein Schneideplotter hat eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit und in der Längsachse unbeschränkte Arbeitsfläche. Er eignet sich sehr gut bei der Produktion von Stickern, Schriftzügen und Logos, welche auf Textilien oder Wänden angebracht werden.

Ein Schneideplotter eignet sich nicht nur für das Making. Beschriftungen mit Vinylfolien haften auf fast allen Oberflächen und helfen, die Organisation eines Makerspaces darzustellen. Hersteller von Schneideplottern bieten meist eine umfangreiche Bibliothek mit Sujets und Motiven. Es lohnt sich jedoch, sich die Technik des Vektorisierens von Grafiken anzueignen. Dies ermöglicht neue und individuelle Gestaltungsmöglichkeiten, sowohl auf Oberflächen als auch auf Textilien.

PRO	CONTRA
<p>Günstig in der Anschaffung (CHF 250–450) Leicht zu bedienen Einsteigergerät in die digitale Fabrikation</p>	<p>Bei größeren Materialien ist das Betriebsgeräusch recht laut Die Messer verschleissen relativ schnell und müssen ersetzt werden Bei der Verarbeitung von filigranen Folien allenfalls viel Ausschuss</p>
ANWENDUNGSBEREICHE	
<p>Basteln (filigrane Scherenschnitte) Beschriftungen aller Art Aufkleber / Sticker-Design Weihnachtssterne Osterdekoration Aufdrucke für T-Shirts und sonstige Kleidungsstücke Erstellung von Schnitten für textile Produkte aller Art</p>	



BEISPIELE FÜR PROTOTYPEN, DIE MIT EINEM SCHNEIDE-PLOTTER GEFERTIGT WURDEN

CNC-Fräsen

Eine CNC-Fräse hat – ähnlich wie ein 3D-Drucker – drei Achsen (XYZ), auf welchen sich eine Oberfräse zu jedem Punkt im Koordinatensystem bewegen kann. Damit lassen sich sowohl 2dimensional gezeichnete Objekte aus einer Materialfläche herausfräsen (wie beim LaserCutter), als auch 3dimensionale, organisch geformte Produkte herstellen. CNC-Fräsen zählen zu den komplizierteren Geräten, zu deren Nutzung Schüler:innen unbedingt die Hilfe von Erwachsenen benötigen. Die Lärm- und Staubemissionen gilt es vor der Anschaffung zu bedenken und eine entsprechende Lösung einzuplanen. Da eine arbeitende CNC-Fräse grosse Kräfte entwickelt, müssen die Einstellungen, das bearbeitende Material und die Werkzeuge harmonisieren. Es ist wichtig, dass vor dem Kauf einer CNC-Fräse eine fachkundige Beratung in Anspruch genommen wird. Es wird empfohlen, den Kauf mit einer Schulung für das Gerät zu kombinieren. Die Maschine kann Holz und Styropor in hoher Arbeitsgeschwindigkeit bis zu 50mm Dicke problemlos bearbeiten. Eine CNC-Fräse ermöglicht auch die Produktion von grossen Fertigungsteilen.

CNC-Maschinen findet man in der industriellen Fertigung in mannigfaltiger Art und Weise. Die Maschine kann einen Brückenschlag zu kommerziellen Betrieben bieten und Schüler:innen Anknüpfungspunkte zum Alltag von Eltern bieten. Oftmals findet sich auch ein lokaler Handwerksbetrieb, welcher Schulen im Erlernen der CNC-Fertigungstechnik unterstützt und einen sicheren Einsatz ermöglicht.

PRO	CONTRA
<p>Hohe Flexibilität in der Materialverarbeitung Herstellung grösserer Objekte (z. B. Möbel) möglich Keine Brandspuren an den gefertigten Teilen (wie beim LaserCutter) Professionelle, perfekte Ergebnisse</p>	<p>Sehr hoher Anschaffungspreis Hohe Staubemissionen Komplexer Workflow Komplizierte Software (besonders bei 3dimensionalen Fräsprojekten) Hohe Fehleranfälligkeit (Fräsköpfe brechen bei Nutzer:innenfehlern sehr schnell) Geräte sind wartungsintensiv</p>
ANWENDUNGSBEREICHE	
<p>Möbelproduktion (Tische, Stühle, Regale) alle Anwendungsfelder des LaserCutters Modellbau aller Art Produktion von hohen Stückzahlen in gleichbleibender Genauigkeit</p>	



BEISPIELE FÜR PROTOTYPEN, DIE MIT EINER CNC-FRÄSE GEFERTIGT WURDEN

Digitale Stickmaschine

Im Textilen und Technischen Gestalten hat digitales Stickten längst Einzug gehalten und ergänzt konventionelle Nähmaschinen. Im MakerSpace ist eine digitale Stickmaschine auf jeden Fall eine Bereicherung. Sie spricht auch Schüler:innen an, die weniger technisch, sondern mehr ästhetisch orientiert sind und sich über diese tolle Gestaltungsmöglichkeit freuen.

Stickmaschinen verlangen meist eine lizenzpflichtige Software, um den kompletten Leistungsumfang der Maschine nutzen zu können. Dies gilt es bei der Kalkulation zu beachten.

Mit Stickmaschinen können auch Informatik-Kenntnisse vermittelt werden. Mit der Programmierumgebung Turtle Stitch, lässt sich der Fadenlauf einer Stickmaschine programmieren. Die mit Turtle Stitch programmierten Muster werden als Fadenlauf übersetzt und in ein Dateiformat umgewandelt, sodass sie dann mit Stickmaschinen ausgestickt werden können. Es lohnt sich vor der Anschaffung sicher zu stellen, dass die Maschine mit dieser Fertigungstechnik kompatibel ist. Es eröffnen sich neue Anwendungsmöglichkeiten mit dem Einbezug von programmierten Grafiken.

PRO	CONTRA
Verschiedene Anbieter mit moderaten bis hin zu nachhaltigen Preisen Muster und Ornamente mit Turtle Stitch erstellbar (Kombination zwischen Programmieren und Gestalten)	Sehr filligrane Maschine sorgfältige Einführung nötig wartungsintensiv
ANWENDUNGSBEREICHE	
Muster, Formen und Logos auf allen Textilien bis 2mm Dicke möglich	



DIGITALE STICKMASCHINE

Digitale Medien

Der Bedarf an digitalen Medien sollte im Making – wie auch im Regelunterricht – nicht unterschätzt werden. Die digitalen Medien sind bestenfalls jene Geräte, welche auch in anderen Schulfächern verwendet und mit den benötigten Apps und Programmen den Schüler:innen zur Verfügung gestellt werden.

3D-Scanner

Mit einem 3D-Scanner oder einem iPad / iPhone mit Lidar Technologie können 3dimensionale Objekte digitalisiert, in einem 3D-Programm optimiert oder verändert werden. Die Ergebnisse können entweder mit einem 3D-Drucker ausgedruckt oder als 3dimensionales Augmented Reality Artefakt in eine virtuelle Umgebung eingebunden werden.

Tablets

Tablets werden für Recherchen am Arbeitsplatz, für die Dokumentation des Arbeitsprozesses (über ein digitales Portfolio) und für Programmierarbeiten (z. B. mit makecode) benötigt. Mindestens zehn Tablets sollten zur Verfügung stehen, so dass sich bei einer Klassengrösse von 20 Schüler:innen immer zwei Schüler:innen ein Gerät teilen können. Für Greenscreen-Produktionen oder Trickfilmaufnahmen sind Stative (mit Tablet-Halterungen) erforderlich. Zusätzlich – akkubetriebe LED-Strahler oder LED-Schreibtischlampen – verbessert die Qualität der Aufnahmen.

Computer

Manche Geräte der digitalen Fabrikation lassen sich noch nicht per App auf Geräten von Schüler:innen bedienen. In Einzelfällen braucht es Computer zu den Maschinen, weil die Steuersoftware lizenzpflichtig ist oder ein spezifisches Betriebssystem verlangt (CNC-Fräsen, Stickmaschinen). Daher sollte pro Gerät mindestens ein Laptop eingeplant werden, welcher für keine anderen Anwendungen zur Verfügung steht.

Computermonitor

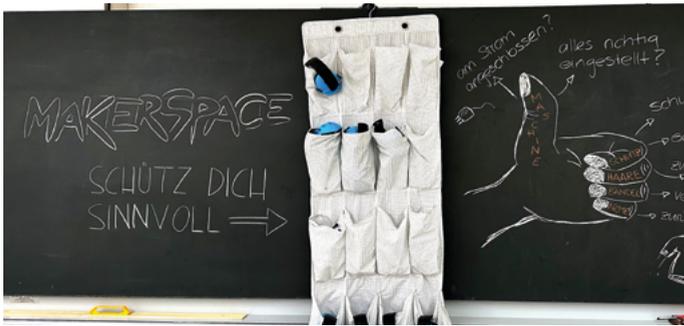
Grafiken für LaserCutter, 3D-Drucker, CNC-Fräsen oder auch Plotter sollten nicht nur auf Tablet- oder Laptop-Monitoren angezeigt, sondern für Feinarbeiten bei Bedarf auch auf einem ausreichend grossen Monitor betrachtet werden können.

(Mobiler) Flatscreen

Für Präsentationen (z. B. Softwareeinführungen) braucht es eine entsprechende Infrastruktur wie zum Beispiel Beamer oder Flatscreen. In unseren Pilotschulen hat sich ein mobiler Flatscreen bewährt. Der funktioniert gut bei Tageslicht, hat kein Gebläse, das Staub zieht und er lässt sich dort hinfahren, wo er gebraucht wird. Ein Beamer ist meist fest installiert, was sich auf die Raumausrichtung auswirkt – frontal nach vorne.



3D-SCANNER ZUR DIGITALEN REPRODUKTION EINES MODELLS



SCHUTZAUSRÜSTUNG FÜR SCHÜLER:INNEN AN DER SCHULE NOLLEN

Elektronikarbeiten

LötKolben/Lötstationen/Labornetzteil

Eine Grundausrüstung mit Lötstation, einigen LötKolben, Schutzbrillen, Unterdruckpumpen und Lötzinn sollte auf jeden Fall angeschafft werden. Ein Labornetzteil braucht es, um eine ganz bestimmte Spannung erzeugen zu können – zum Beispiel für die Reparatur von Geräten. Ein Satz Prüfkabel ist ebenfalls hilfreich für Arbeiten mit Elektronikkomponenten.

Strommessgeräte

Für die Fehlersuche in Stromkreisen und Schaltungen sowie für das Ausmessen von Widerstand und Spannung empfiehlt sich die Anschaffung günstiger Multimeter.



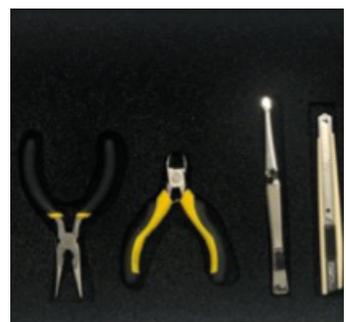
Heissluftföhn

Für Kabelverbindungen, die mit Schrumpfschläuchen geschützt sind, sollte ein Heissluftföhn angeschafft werden. Er leistet auch gute Dienste bei der thermischen Bearbeitung von Baustoffen aus Plastik.



Sicherheit

Bei Löt- und Elektroarbeiten gilt es, die Sicherheit zu beachten. Die Grenze von 25 Volt sollte bei Arbeiten mit Schüler:innen nicht überschritten werden. Bei Arbeiten mit LötKolben oder Heissluftföhn sollte nur an gut gelüfteten Plätzen gearbeitet werden. Speziell Lötzinn kann Flussmittel enthalten, welches sich bei Kontakt mit der Haut oder Erhitzung vergiftend auf den Körper auswirken kann. Eine Absaughaube an einem Elektroarbeitsplatz ist empfehlenswert.



QUALITÄTSPRODUKTE BEI ELEKTROARBEITEN DIENEN DER SICHERHEIT

Maschinelle Holzbearbeitung

Gefräste oder gelaserte Teile müssen oftmals nachgearbeitet werden. Zudem braucht es für das Prototyping, bevor die Schüler:innen zur digitalen Fabrikation übergehen, Holzbearbeitungsgeräte für schnelle Säge- oder Bohrvorgänge. Was es nicht braucht, ist der komplette Maschinenpark eines traditionellen Werkraums.

Dekupiersäge

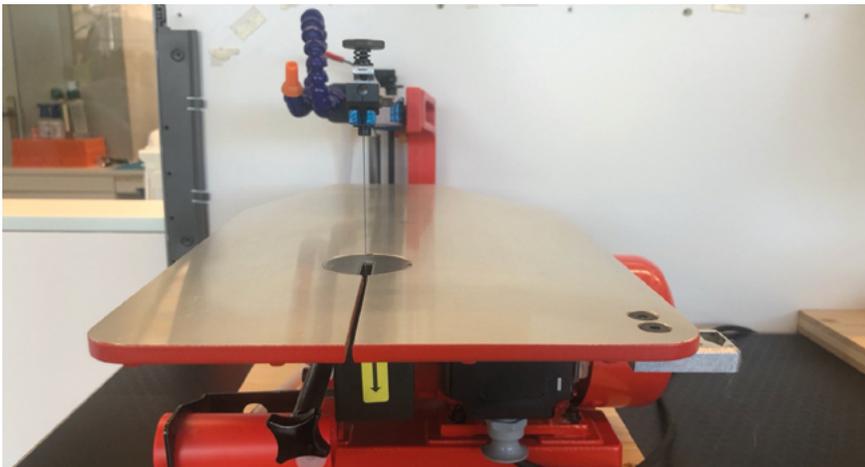
Dekupiersägen sollten zwei bis drei Stück verfügbar sein. Die Erfahrung zeigt, dass Schüler:innen bei ihren Projekten gerne darauf zurückgreifen. Sie sind sofort einsatzbereit und können eine grosse Anzahl verschiedener Materialien bearbeiten.

Bandsäge/Stichsäge

Bandsägen und Stichsägen sind gefährlich und dürfen nur unter Beisein von Lehrpersonen genutzt werden. Da in einem MakerSpace möglichst alle Geräte und Technologie für alle Altersgruppen frei zugänglich sein sollten, sollten der Einsatz und die Anschaffung dieser Geräte in einem MakerSpace mit der Nutzungsordnung abgestimmt sein. Lärm- und Staubemissionen sollten bedacht werden.

Akkuschrauber

Akkuschrauber werden ständig benötigt, inklusive Schraubaufsätze und Bohrer-sets für Holz, Metall und Stein. Drei bis vier Stück sind erfahrungsgemäss gut ausgelastet. Tipp: Unbedingt Geräte mit Ersatzakku besorgen, wenn es schnell gehen muss. Moderne Hersteller bieten teilweise verschiedene Maschinen mit dem gleichen Akkusystem an. Die Anschaffung eines solchen Systems ist nachhaltig und reduziert den Bedarf an Ersatzakkus.



DEKUPIERSÄGE MIT ALLZWECKSÄGEBLATT

Schleifgeräte

Teller- und Bandschleifmaschinen oder Vibrationsschleifer sind praktisch und ermöglichen oftmals eine schnelle Finalisierung und Verschönerung von Oberflächen. Die Staubemissionen sind jedoch nicht zu unterschätzen und vertragen sich schlecht mit digitalen Geräten wie 3D Drucker, Plotter oder Lasercutter. Wenn solche Maschinen eingesetzt werden, muss das Raumkonzept diesbezüglich organisiert sein. Staubproduzierende Maschinen müssen in einem gesonderten Raum betrieben werden, andernfalls sollte auf deren Gebrauch verzichtet werden.

Standbohrmaschine

Eine Standbohrmaschine hilft bei Bohrvorhaben mit höherem Präzisionsbedarf. Die Schüler:innen haben beide Hände frei und können – sofern das Werkstück gut fixiert ist – selbstständig mit dem Rad die gewünschte Bohrtiefe regulieren.

Sonstige Geräte

Thermoschneider

Ein Thermo- oder Styropor-Schneider ist für Prototyping mit Hartschaum zwingend notwendig und gehört zur Grundausstattung eines MakerSpace.

Heissleimpistolen

Wenn es schnell gehen muss und beim Prototyping Bauteile fixiert werden sollen, ist Heissleim oft die erste Wahl. Hier empfehlen wir eine Grundausstattung von fünf bis sieben Pistolen für 20 Schüler:innen.

GERÄTESICHERHEIT:

Bei allen Geräten muss darauf geachtet werden, dass sie über die landesspezifisch vorgeschriebenen Konformitätskennzeichen (CE/CH) verfügen. Im Zweifelsfall sollten Qualitätsprodukte angeschafft werden, auch wenn Produkte aus Fernost (ohne CE-Kennung) häufig deutlich günstiger in der Anschaffung sind.



BOHRMASCHINE MIT DREHZAHLREGULIERUNG

4.2.2 Materialausstattung

Making findet ortsunabhängig statt. Ein spezifisch dafür vorgesehener Raum ist keine Bedingung, um ein Maker-Projekt zu starten. Es ist jedoch förderlich, für Making-Projekte einen Kreativraum mit kurzen Wegen zu festinstallierten Gerätschaften und bekannt verorteten Werkzeugen zur Verfügung zu stellen. Die folgende Aufzählung orientiert sich an der Variante mit einem Raum, welcher spezifisch für Making-Aktivitäten genutzt wird.

Arbeitsplätze

Arbeitsplätzen kommen in einem MakerSpace eine hohe Bedeutung zu. Sie sollen flexibel, für verschiedene Arbeiten geeignet und trotzdem langfristig für Maker:innen nutzbar sein. Der Schutz der Oberflächen mit nachhaltigen Materialien und Arbeitsflächen für verschiedene Arbeiten sind zwei zentrale Anforderungen bei der Ausstattung eines MakerSpace. Folgende Arbeitsplätze werden empfohlen:

Werkbank

Für grössere oder gröbere Konstruktions- und Zerlegungsarbeiten ist es von Vorteil, eine stabile Werkbank mit Spannvorrichtungen und einer belastbaren Oberfläche zur Verfügung zu stellen.

- Werkbank, Schraubstock (zwei identische Grössen, fest montiert), schlagfeste Unterlage (Amboss klein oder Metallplatte)

Prototyping

Als Arbeitsplätze für Maker:innen eignen sich Tische, vorzugsweise mit integrierter Stromversorgung.

- Abdeckmaterial für Arbeiten mit Farbe und Leim, Schneidunterlagen (Formate A4 und A3, jeweils 5 St.)

Medienproduktion

Die Präsentation von Prototypen mit medialer Aufbereitung kann zu einer vertieften Reflexion des Making-Prozesses führen. Deshalb braucht es im MakerSpace einen Arbeitsplatz für Medienproduktionen. Für die Herstellung von Stopmotion-Produkten eignen sich zudem Knetmasse, Lego (Figuren), Zahnstocher, Papier, Stifte, Farben, ein Drucker für das Drucken von Kulissen. Auch ein Greenscreen sollte vorhanden sein. Dieser kann als Tuch zum mobilen Einsatz oder als grün gestrichene Wand gewählt werden. Als Aufnahmegeräte werden vorzugsweise die gewohnten Arbeitsgeräte (iPad, Laptop, Smartphone) benutzt. Eine Indoor Drohne mit HD Kamera kann das Spektrum der Kameraperspektiven erweitern.

Bühne

Requisiten wie z. B. Kleidung, Kopfbedeckungen, Masken, Bilderrahmen, Geschirr, Zeitungen, Pappe, Bücher können fürs Making wichtig sein.

Ideen-Ecke

Eine kreative Ecke mit inspirierenden Gegenständen und motivierender Literatur kann das Planen und Vordenken von kommenden Arbeitsschritten erleichtern. Whiteboard, Whiteboard-Stifte, Post-its, Flipchart und Wachsmalstifte können das Brainstorming und Planen unterstützen.

Handwerkzeuge

Werkzeuge für Montage und Zerlegung

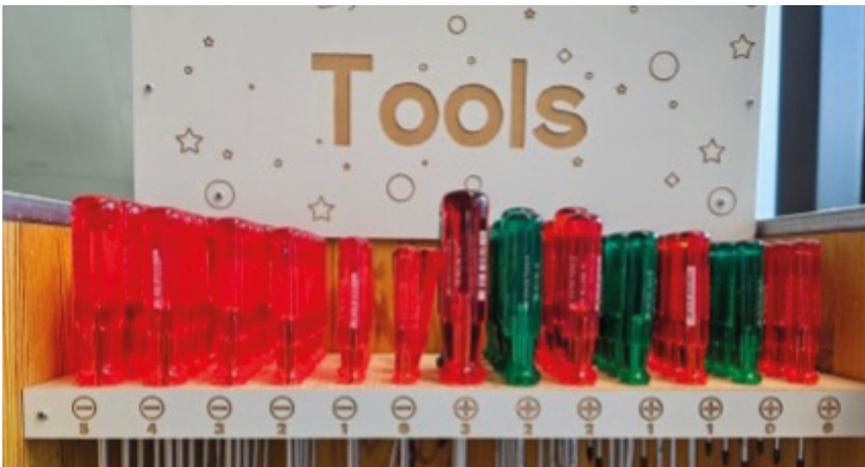
Schlitzschraubendreher (zwei versch. Grössen, jeweils in 5facher Ausfertigung), Kreuzschlitzschraubendreher (zwei versch. Grössen, 5fach), Schraubenschlüsselset (Ring- und Gabelschlüssel, 6–17mm), Nusskasten (4–17mm, 2fach), Schraubzwingen (versch. Grössen, 24 St.), Feinmechanik-Schraubendreher (11teilig, 5 St.), Schreinerhammer (5 St.).

Werkzeuge für Entwicklung und Fertigung

Schere (zwei Grössen, jeweils 5 St.), Cutter (10 St.), Handsäge (5 St.), Laubsäge (3 St.), Gehrungssäge (1 St.), Metallsäge (5 St.), Kombizange (7 St.), Beisszange (5 St.), Stechbeitel (5 St.), Spachtel (5 St.), Feilen (versch. Grössen, jew. 3 St.), Schleifpapier (versch. Körnung), Schleifklötze (10 St.), Handbohrer (versch. Grössen, je 5 St.). Handbohrmaschinen (Akku, 3 St.), Bohrer (versch. Grössen, je 2 St.). Lochzange, Nietenzange (1 St.) mit zugehörigen Nieten, Abisolierzange (3 St.).

Mess- und Konstruktionswerkzeuge

Meterstab (7 St.), Metermass (3 St.), Wasserwaage (2 St.), Schieblehre (2 St.), Strommessgerät (3 St.), Zimmermannswinkel (7 St.), Bleistifte (100 St.).



OFFENER UND EINFACHER ZUGANG ZU WERKZEUGEN

Materialien

Ein MakerSpace soll bezüglich Nachhaltigkeit und Ressourcenverbrauch eine vorbildliche Rolle in einer Schuleinheit darstellen. Bei der Planung des Materialmanagements können Recycling-Stationen präsent miteinbezogen werden. Dies ermöglicht ein bewusstes Sammeln von Rohstoffen und gezieltes Wiederverwenden. Viele Prototypen haben eine beschränkte Lebensdauer und oftmals ist für deren Fabrikation genügend Recycling-Material vorhanden. Dies schont die Umwelt und entlastet das Budget.



EINSATZ VON RECYCLING-MATERIALEN ZUR LAGERUNG VON WERKZEUGEN

Für die Arbeit mit Farben

Malerschutzkittel, Pinsel versch. Grössen (50 St.), Schwamm (20 St.), Mischgefässe (20 St.), Acrylfarben, Dispersionsfarben, versch. Lacke.

Für die Arbeit mit Textilien

Nähset (5 St.) bestehend aus Stoffnähadeln, Wollnadeln stumpf, Fingerhüte, Sicherheitsnadeln (je 5 St.), Massband und Stoffkreide. Stricknadeln Grösse 5 und Grösse 10 (je 5 Paar), Häkelnadel Grösse 6 (5 St.). Stecknadeln (100 St.), Einfädelhilfen (5 St.).

Für dekorative Arbeiten

Glitter, Glas- und Holzperlen, Schüttelaugen in ausreichender Menge.

Für Konstruktionen und Prototypen

KUNSTSTOFFE	Styroporplatten, Schaumstoffplatten, Plexiglasplatten, Plastikrohre, PET-Flaschen, Verpackungsfolie, Klebefolie, Plastikperlen, Strohhalme, Gummis, PVC-Platten für CNC-Fräse 200x200mm (30 St.)
METALL	Büroklammern, Nadeln, Draht (versch. Stärken), Kronkorken, Kupferblech, Stahlblech, Stahlfedern, Pfeifenreiniger
HOLZ	Zahnstocher, Schaschlikstäbe, Kantholz 1x1x100cm (15 St.), 0,5x0,5x100cm (15 St.), 2x2x100cm (10 St.); Rundholz 0,5x100cm (20 St.), 1x100cm (15 St.), 2,5x100cm (15 St.), Bretter (versch. Stärken und Längen), Dachlatten Fichte 30x50x3000 (20 St.), Sperrholz Birke Triplex 4x300x600mm (10 St.), 4x210x300mm (30 St.), Sperrholz Pappel 4x210x300mm (30 St.)
TEXTILIEN	Fäden in verschiedenen Farben, Garn und Wolle, Baumwollstoffe und Polyesterstoffe
PAPPE	Bastelkarton, Wellpappe, Verpackungsreste aller Art, Bierdeckel

Für Mechanik

ZAHNRÄDER	Zahnrad; 60mm, 4mm, 58 Zähne (60 St.), 40mm, 4mm, 38 Zähne (60 St.), 20mm, 4mm, 18 Zähne (60St.), Schweissdraht 4x500mm (20 St.), Schweissdraht 3x500mm (20 St.), Gliederkette (20m), Riemen (50 St.), Riemenscheiben (50 St.), Achsen (100), Satz verschiedene Zahnräder (200 St.)
------------------	---

Werkstoffe

Für Montage und Fixierung

KLEBEN	Heissleimpistole (3 St.) und Munition (100 St.), Gewebeband 25m (5 St.), doppelseitiges Klebeband 25m (5 St.), Malerkreppband (15 St.), Klebestifte (20 St.), Holzleim (10 St.)
SCHRAUBEN	Blechschrauben versch. Grössen (500 St.), Holzschrauben versch. Grössen (500 St.), Maschinenschrauben und Muttern versch. Grössen (1500 St.), Unterlegscheiben versch. Grössen (500 St.)
NÄGEL	Nägels versch. Grössen (2000 St.)
MONTIEREN	Flachverbinder 50x15mm (30 St.), Stuhlwinkel 25x25x14,5mm (40 St.), Möbelwinkel 50x50x10mm (40 St.), Eckwinkel 120x120x20mm (30 St.)



ZAHNRÄDER UND ÜBERSETZUNGEN

Für Elektronik und Physical Computing

MOTOREN	Elektromotor R21/Re260 (30 St.), Elektromotor R20/Re140 (30 St.), Getriebemotor 1:120 abgewinkelt (15 St.), Getriebemotor 1:120 abgewinkelt, zwei Antriebe (15 St.), Getriebemotor 1:120, ein Antrieb (20 St.), Getriebemotor 1:120 zwei Antriebe (20 St.); Servomotoren SG90 (10 St.), Räder für Motoren (40 St.)
SCHALTER	Druckschalter (40 St.), Kippschalter (40 St.), Taster (40 St.), Potenziometer (20 St.)
LEUCHTMITTEL	LED grün (150 St.), LED rot (150 St.), LED gelb (150 St.), LED weiss (150 St.), LED blau (150 St.), Glühbirne E, 3,5V weiss (60 St.), gelb (20 St.), rot (20 St.), grün (20 St.), Lampenfassungen E (60 St.), Vorwiderstände für LEDs (100 St.)
SENSOREN	Feuchtigkeitssensor grove (10 St.), Bewegungssensor grove (10 St.), Ultraschallsensor grove (10 St.)
BATTERIEN UND AKKUS	Akkus AA Envelop (120 St.), Akkus AAA Envelop (120 St.), 9Voltblock-akku (20 St.), Knopfzellenakkus 3V (10 St.), Batterien AA (40 St.), Batterien AAA (40 St.), Knopfzellenbatterien (20 St.), Batteriehalter AA (30 St.), Batteriehalter AAA (30 St.), 9Volt-Batterieclips (20 St.), Knopfzellenhalter (20 St.), Ladegerät für Knopfzellen, Ladegeräte für sonstige Akkuformate
KABEL	Kabel mit Krokodilklemmen (100 St.), Litze schwarz, 0,14/1.1qmm 100m (3 St.), Litze rot, 0,14/1.1qmm 100m (3 St.), Steckkabel, Lüsterklemmen 20er (20 St.), Kupferklebeband 10mmx33m (3 St.), Isolierband 10 Rollen (versch. Farben)
E-TEXTILIEN	Lichtsensor (10 St.), Schiebeschalter (10 St.), Knopfzellenbatteriehalter (10 St.), Druckknopfschalter (10 St.), leitfähiger Faden, haftendes Kupferband
SOLARPANELS	Solarmodule in verschiedenen Leistungsstufen

Aufbewahrung von Elektro- und Sicherheitsequipment

Ein gut organisiertes Materiallager, Energie, wo man sie braucht, und sofortige Hilfe bei einer Verletzung sind wichtige Voraussetzungen für einen guten Betrieb eines MakerSpace. Der Organisation der genannten Punkte soll ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Ein Blick in den Leitfaden für Sicherheit in technischen und textilen Werkräumen der Schweizer **Beratungsstelle für Unfallverhütung** ist ein Muss bei der Ausstattung und Implementierung eines MakerSpace. Die folgende Materialliste ist ein Vorschlag und soll den eigenen Bedürfnissen angepasst werden.



Aufbewahrung

Euro-Boxen grau 60x40x32cm (5 St.), mobiler Lagerwagen, Werkstattbox 17x10x7,5cm (20 St.), Werkstattbox 23x15x12,5cm (30 St.), Werkstattbox 35x21x15cm (20 St.), Sortimentschrank mit 46 transparenten Plastikschubern für Elektronikbauteile (2 St.), Holzkiste zirka 46x31x25 (40 St.), Holzkiste zirka 23x31x15 cm (20 St.); höhenverstellbare und rollbare Tische für 3D-Drucker, CNC-Fräse (3 St.)

Elektroequipment

Kabeltrommeln 25m (2 St.), Verteilersteckerleisten 10er (6 St.), Verteilersteckerleisten 3er (6 St.).

Sicherheitsequipment

Gehörschutz (6 St.), Schutzbrille (6 St.), Erste Hilfe Kasten, Feuerlöscher oder Feuerlöschdecke, Staubmasken für Schleifarbeiten.

Didaktische Materialien und Bausätze

- WILMA Materialien wilmaonline.net
- OzoBots (4 St.)
- Beebots oder vergleichbare Roboter (4 St.)
- Makey Makey Set (3 St.)
- Calliope Mini (Klassensatz)
- Electro Fashio Igloo (3 St.)

Weniger als didaktisches Konzept für schulisches Making, aber geeignet als thematische Materialsammlung:

- Explore-it Box: «Energie macht mobil» (12 St.)
- Explore-it Box: «Vom Dauermagneten zum Elektromotor» (12 St.)
- Explore-it Box: «Messen, steuern, regeln» (12 St.)
- Explore-it Box: «Der Traum vom Fliegen» (10 St.)

Impressum

Making-Umsetzungshilfen für Schulen im Auftrag des Amts für Volksschule Thurgau, Schweiz
makerspace-schule.ch

Thurgau



Amt für Volksschule

Die Inhalte der Umsetzungshilfen leiten sich aus Erkenntnissen der Making-Erprobung Thurgau ab – ein 3-jähriges Praxisforschungsvorhaben mit fünf Thurgauer Schulen, begleitet von zwei Hochschulen. Diese Publikation richtet sich an Praktiker:innen. Forschungsbezogene Literatur zum Thema «Making in der Schule» ist unter makerspace-schule.ch/literatur abrufbar.

Gestaltung: Irene Szankowsky, Berlin, studio vierkant, Stuttgart

Fotografie: Nicolas Anderes, Thomas Buchmann, Alex Buergisser, Fabian Egger, Angela Frischknecht, Nadine di Gallo, Kristina Giger, Selina Ingold, Michael Hirtl, Christoph Huber, Antoinette Massenbach, Björn Maurer, Markus Oertly, Dominic Pando, Sabrina Stässle, Raphael Wild, Tanja Zbinden, Philipp Zimmer

kopaed 2024

Arnulfstraße 205, 80634 München

Fon: 089. 688 900 98

Fax: 089. 689 19 12

E-Mail: info@kopaed.de

www.kopaed.de

Open Access Publikation

Pädagogische Hochschule Thurgau (PHTG)
Forschungsstelle Medienpädagogik
Unterer Schulweg 3
8280 Kreuzlingen
www.phtg.ch

OST – Ostschweizer Fachhochschule
Institut für Innovation, Design und Engineering
Rosenbergstrasse 59
9001 St.Gallen
www.ost.ch/idee

PH TG

Pädagogische Hochschule
Thurgau



Das Material ist unter der Lizenz CC BY Deutschland 4.0 online verfügbar.

Bitte bei der Verwendung des Gesamtwerks auf den Titel und die Herausgeber:innen hinweisen; bei der Verwendung einzelner Projektbeschreibungen genügt ein Hinweis auf die Autor:innen.
creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

