

3D-Druck im Berufsfeld „Holztechnik“ – Intrinsische Motivation und Kompetenzentwicklung

Nele Rubow & Martin Multhauf

Abstract

In Berufen der Holztechnik bilden additive Fertigungsverfahren noch eher die Ausnahme als die Regel. Der Beitrag zeigt, wie der „3D-Druck“ dafür genutzt werden kann, Lernenden einen niedrigrschwelligsten Einstieg in die Welt der beruflichen C-Technologien zu eröffnen. Aufgezeigt werden zwei Unterrichtsbeispiele mit konkreten Lernhinweisen.

Schlagwörter: 3D-Druck, additive Fertigung, Holztechnik, Berufsschule, Unterrichtsbeispiele, Kompetenzentwicklung

1 Was leistet die additive Fertigung aktuell?

Die additive Fertigung gilt neben der Robotik, Künstlicher Intelligenz (KI) und Augmented Reality (AR) als Bestandteil moderner Technologien, die bereits in der Wirtschaft, von Privatpersonen sowie in Bildungseinrichtungen genutzt werden. Ein wesentlicher Grund dafür ist die weitgehend automatisierte Herstellung komplexer und individueller Geometrien von Produkten. Dazu zählen vor allem Anwendungsbereiche, in denen konventionelle Fertigungsverfahren an ihre Grenzen stoßen (vgl. Caviezel et al. 2017, S. 35f.). Die vergleichsweise geringen Anschaffungs- und Betriebskosten sowie der leichte Zugang zu dieser Technologie sind weitere Faktoren, die diesen Trend bisher beförderten. Die Bandbreite an verschiedenen Druckverfahren hat seit ihrer Einführung Ende der 1980er Jahre nahezu exponentiell zugenommen und befindet sich fortwährend in Veränderung.

Der 3D-Druck revolutioniert nicht nur die Herstellung vieler Produkte, sondern verändert auch, wie wir lernen und lehren. Besonders für die berufsbildenden Schulen stellt der 3D-Druck eine niederschwellige Möglichkeit zur Implementierung moderner und zukunftsweisender Technologien dar. Additive Fertigungsverfahren könnten zukünftig in diversen Wirtschaftszweigen zunehmend Anwendung finden (vgl. HAUTE INNOVATION 2021, S. 25ff.). Die Förderung und Vermittlung von Handlungskompetenzen, ein zentrales Ziel der beruflichen Bildung, lässt sich durch die 3D-Drucktechnologie realisieren. Abbildung 1 verdeutlicht, dass dabei diverse Kompetenzbereiche angesprochen werden. Spezifische Fachkompetenzen, beispielsweise Maschinenkenntnisse, sind erforderlich und müssen erst neu erworben werden. Diese Kenntnisse ermöglichen jedoch auch Transferleistungen in andere technologische Anwendungsbereiche (z. B. CNC-Maschinen). Außerdem wird dieser Technologie die Fähigkeit zugeschrieben, die intrinsische Motivation von Auszubildenden und Lernenden fördern und steigern zu können (Kaufmann 2021, S. 12). Dennoch ist die Vermittlung des 3D-Druckes im Rahmenlehrplan gewerblich-technischer Ausbildungsberufe bisher wenig vorzufinden.

In diesem Beitrag wird zunächst beispielhaft erläutert, welche Möglichkeiten es gibt, dieses Thema in den Schulalltag einzubinden. Das erste Beispiel fokussiert sich auf die Vermittlung des 3D-Druckprozesses an sich. Im zweiten Praxisbeispiel wird die additive Fertigung eher als unterstützende Maßnahme in das Unterrichtsgeschehen eingebunden. Aus den dargestellten Erfahrungen werden allgemeine Empfehlungen und typische „Stolpersteine“ unterrichtlicher Umsetzung des 3D-Druckes abgeleitet. Abschließend wird ein kurzes Fazit gezogen.



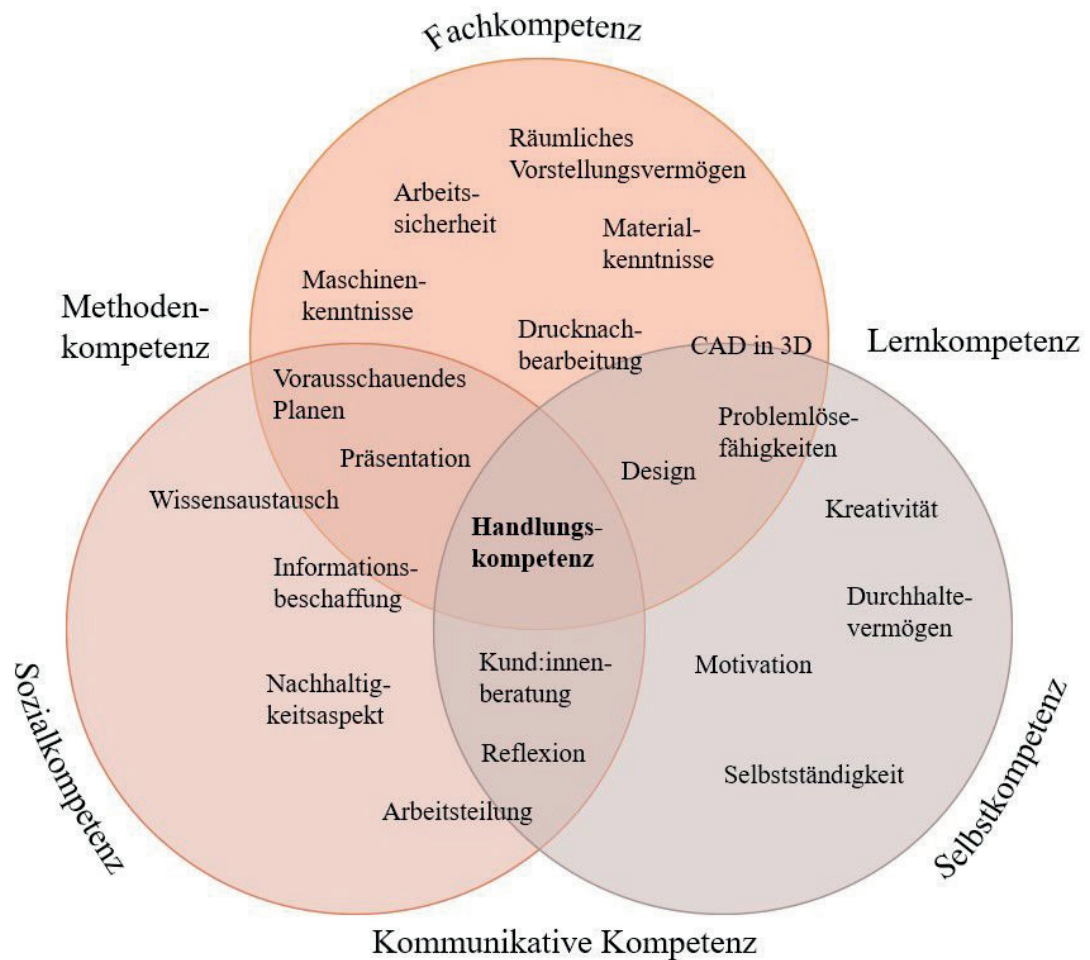


Abb. 1: Kompetenzanforderungen beim 3D-Druck (Quelle: Rubow 2023, S. 50; z.T. abgeleitet aus Marschall 2016, S. 14)

2 Anwendungsbeispiele aus Lehr-Lernprozessen

Beispiel 1: „Holzmechaniker/-innen“ ohne 3D-CAD-Erfahrungen; Lernfeld 5 (Handlungsprodukt Stollenmöbel)

Planungsphase: Didaktische Entscheidungen auf Grundlage der Ausgangsbedingungen

Das übergeordnete Lernziel für SuS besteht darin, grundlegende Informationen über additive Fertigungsprozesse zu erarbeiten und zu sammeln, um diese selbstständig durchführen zu können. Die Unterrichtseinheit erstreckt sich über drei Doppelstunden und ist damit ein knapp bemessener Zeitrahmen für die Vermittlung notwendiger Inhalte. Zum einen sollen die SuS eigene 3D-Modelle in einem CAD-Programm konstruieren. Dafür müssen die Softwareoberflächen, Funktionen und Handhabung im 3D-Bereich erst eingeführt werden. Zum anderen sollen Informationen über die Funktionsweise der 3D-Drucker vor Ort, das gängige Druckmaterial PLA (Polylactide) und sog. Stolpersteine gesammelt sowie das Slicing-Programm Cura bedient werden. Genutzt werden können dazu das schuleigene FabLab mit vier 3D-Druckern im Extrusionsverfahren, Desktop-PCs im Computerraum und Schullaptops, auf denen die Software „Cura“ installiert ist.

Die geplante Unterrichtseinheit ist für die 20 Lernenden im zweiten Lehrjahr durchaus anspruchsvoll. Durch ein vorgegebenes Handlungsprodukt (Stollenmöbel) und explizite Aufgabenbeschreibungen werden die Inhalte für die Lernenden didaktisch reduziert.

Um ihre Selbstständigkeit und Selbstkompetenz zu fördern, wurden Hilfestellungen wie z.B. Videotutorials erstellt. Die Entscheidung für die Methode des Gruppenpuzzles erfolgte vor allem aufgrund effektiver Lernprozessgestaltung bei der arbeitsteiligen Erarbeitung umfangreicher Informationen. Durch die Zuordnung der Expertengruppen zu verschiedenen Bereichen: Cura, Stolpersteine, Drucker vor Ort, CAD und Dokumentation haben die Lernenden die Chance, Schwerpunkte entsprechend ihrer Interessen und Stärken zu wählen. Neben den inhaltlich ausgerichteten Teams ist das Team Dokumentation (zwei Lernende) für das Sammeln von Eindrücken und Feedback der SuS während des Unterrichtes zuständig. Aus ihrer übergeordneten Perspektive tragen sie zur Verbesserung des Lernprozesses insgesamt bei.

Zudem gibt es in der Klasse einen Schüler, der sich durch sehr fundiertes Wissen zum 3D-Druck auszeichnet. Dieses Know-How stellt eine wertvolle Ressource für den Unterricht dar und kann in der Gruppenarbeitsphase gewinnbringend eingesetzt werden. Der Unterrichtsverlauf und dessen Inhalte über die drei Doppelstunden sind überblickartig in Abbildung 2 dargestellt.

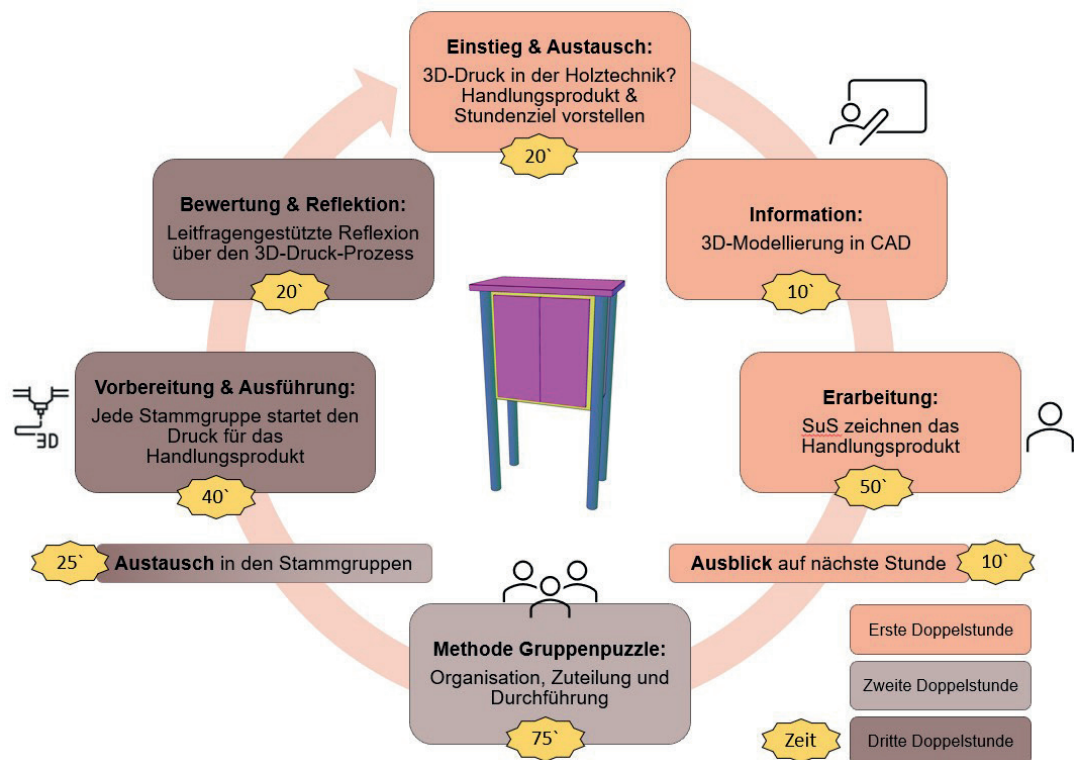


Abb. 2: Phasierung einer Unterrichtseinheit zum 3D-Druck eines vorgegebenen Handlungsproduktes (Quelle: eigene Darstellung)

Durchführungsphase: Eindrücke und Phasierung der Unterrichtseinheiten

Die erste Doppelstunde fand im Computerraum statt. Nachdem die Klasse eine kurze Einführung in das dreidimensionale Konstruieren im CAD-Programm bekommen hat, sollten die Lernenden das Stollenmöbel nachzeichnen. Sie erhielten dazu eine technische Zeichnung mit allen notwendigen Maßangaben. Die Lehrkraft unterstützte bei Fragen. Eine weitere Hilfestellung waren eigens erstellte Videosequenzen, in denen das Stollenmöbel Schritt für Schritt erstellt wurde. Diese konnten die Lernenden auf der Lehr-Lernplattform „Moodle“ abrufen.

Die Methode „Gruppenpuzzle“ wurde durch ein Ablaufmodell in PowerPoint visualisiert und erläutert. Anschließend wurden die Expertengruppen samt ihren entsprechenden Inhalten präsentiert. Dies sollte den Lernenden die Entscheidung erleichtern, ihre Wahl nach individuellen Interessen zu treffen und sich auf die entsprechenden Themenbereiche zu verteilen. Wie in der Planungsphase beschrieben, wurde für jede Expertengruppe eine didaktisch reduzierte Aufgabenstellung entworfen.

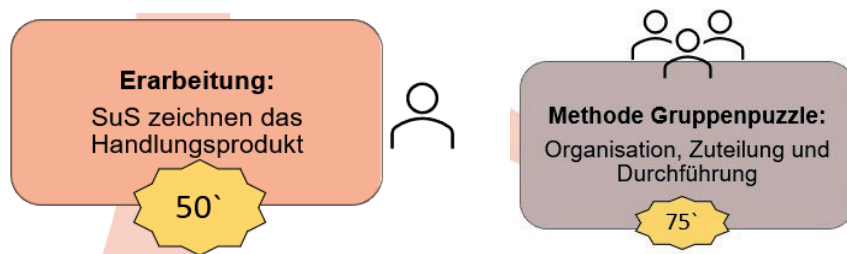


Abb. 3 und 4: Erarbeitungsphase (links) (Quelle: eigene Darstellung) und Planungsphase (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

Konkrete Fragestellungen und ggf. Verweise auf YouTube-Videos (siehe Abb. 5) sollten die SuS gezielt darauf vorbereiten, nur das herauszufinden, was für den 3D-Druck des Stollenmöbels erforderlich ist. Die Expertengruppen arbeiteten, je nach Zugehörigkeit, entweder im Computerraum, FabLab oder im Klassenraum.

<p>Stolpersteine (Material = PLA, Drucker = Extrusionsverfahren)</p>	<p>Was hat PLA für Eigenschaften?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kann man es auch für den Außenbereich verwenden? • Ist es biegsam oder steif? • (Zusatz: Findet ihr eine Festigkeitsangabe, um PLA mit Vollholz zu vergleichen?) <p>Ein Problem aus der Praxis sind Passungen. Also zum Beispiel Steckverbindungen, die nicht immer 100% zusammenpassen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was kann man machen, wenn man eine Steckverbindung 3D-drucken möchte? https://www.youtube.com/watch?v=dAZRKMMMeVu0 (ab Minute 3:30) <p>Stützstrukturen generieren: https://www.youtube.com/watch?v=V048IOn0Ujo</p> <p>→ Die Lage (und Form) des 3D-Modells ist natürlich auch ausschlaggebend – also wie platziere ich es in Cura?</p>
---	---

Abb. 5: Beispiel einer Aufgabenstellung anhand der Expertengruppe “Stolpersteine” (Quelle: eigene Darstellung)

Das Ziel dieser Unterrichtseinheit bestand darin, den Lernenden die Grundlagen des 3D-Druckes zu vermitteln und sie in die eigenständige Durchführung einzuführen. Jede Stammgruppe konnte den Druck ihres Stollenmöbels erfolgreich starten. Während die 3D-Drucker in Betrieb waren, fand im Plenum ein Austausch über den 3D-Druckprozess, die angewandte Methode und den gesamten Ablauf statt. In dieser abschließenden Reflektionsphase ergaben sich Empfehlungen für kommende Unterrichtseinheiten mit ähnlichen Gegebenheiten.



Abb. 6: Bewertungs- und Reflektionsphase (Quelle: eigene Darstellung)

Auswertungsphase: Fazits und Empfehlungen für weitere Unterrichtseinheiten

Fazit der Lehrkraft: Das Unterrichten von 3D-Druck erfordert eine zeitintensive Arbeitsvorbereitung. Einmal im Unterricht umgesetzt, kann sich das 3D-Drucken jedoch sehr positiv auf die Motivation der Lernenden auswirken, insbesondere dann, wenn sie ihre eigenen Objekte drucken. So kamen beispielsweise zwei Schüler während und nach dem Unterricht auf die Lehrkräfte zu, da sie Interesse daran zeigten, eigene 3D-Objekte oder Dateien aus einer Datenbank (thingiverse.com) zu drucken. Die Begeisterung für die Technologie hätte ggf. mehr Lernende erreicht, wenn die Möglichkeit bereits im Unterricht geboten worden wäre, individuelle Objekte dreidimensional herzustellen.

Empfehlungen aus der Reflexionsphase: Die Komplexität des Themas erschwert die angemessene Betreuung durch eine einzelne Lehrkraft. Insbesondere dann, wenn die Lernenden an verschiedenen Orten verteilt sind. Daher sollte mindestens eine weitere Lehrkraft oder ein/e versierter Auszubildende/r hinzugezogen werden, die Lernenden bei Fragen oder Unklarheiten unterstützen. Zudem ist es von Vorteil, wenn die Klasse bereits Erfahrungen im dreidimensionalen Zeichnen (CAD) mitbringt. In der Erarbeitungsphase und Expertengruppe CAD äußerten die SuS Schwierigkeiten im Umgang mit dem CAD-Programm. Daher konnten Änderungen am Stollenmöbel (s. Abb. 7) nur bedingt im geplanten Zeitrahmen umgesetzt werden.

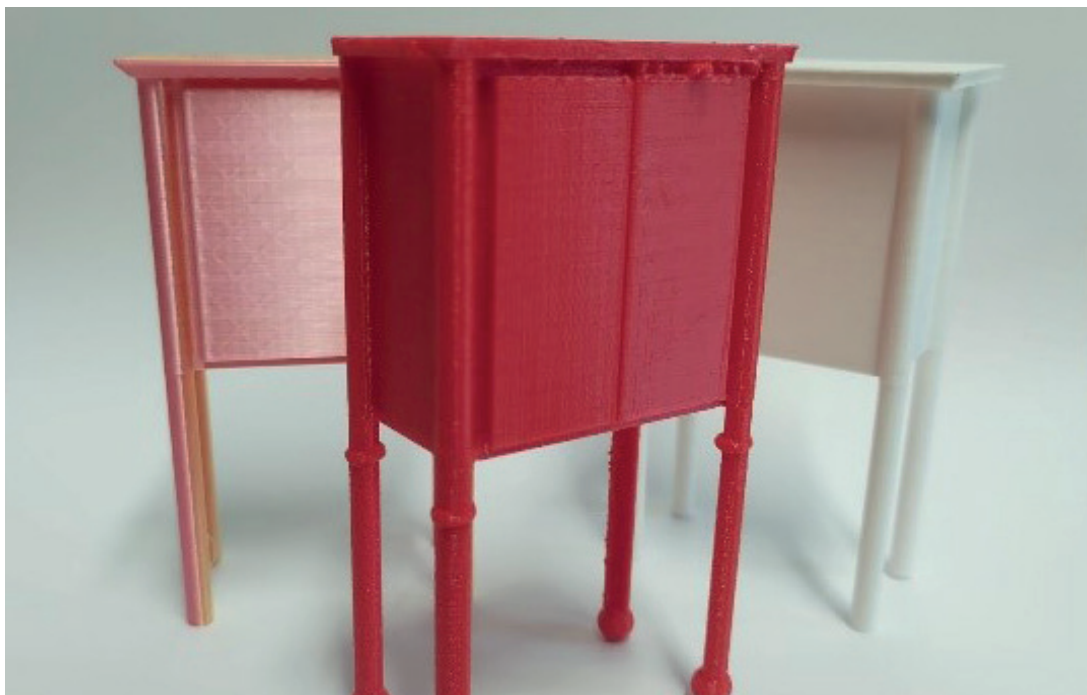


Abb. 7: Handlungsprodukte der drei Stammgruppen (Quelle: eigene Darstellung)

Die Methode „Gruppenpuzzle“ eignet sich gut dafür, den gesamten 3D-Druckprozess in kurzer Zeit zu vermitteln. Die Videotutorials wurden als hilfreich empfunden. Zu berücksichtigen ist, dass lediglich ein Überblick über den 3D-Druck gegeben wird und es durchaus zu Fehlern kommen kann. Eine Fehleranalyse (und erneute Durchführung) wäre eine lohnende Fortführung bei Klassen, die auch in ihrer Praxis mehr Bezug zum 3D-Druck haben.

Beispiel 2: Klasse der dualen Ausbildung im Berufsbild „Tischler/-in“ aus Hamburg mit Pytha-3D-Erfahrungen, LF12 (Handlungsprodukt: Individuelles Gesellenstück)

Planungsphase: Didaktische Entscheidungen auf Grundlage der Ausgangsbedingungen

Lernziele: In einer Gruppe von 22 Auszubildenden, die sich kurz vor der Fertigstellung ihres Gesellenstücks befinden, liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Selbst- und Methodenkompetenz. Außerdem sollen die Lernenden innovative Fertigungstechniken kennenlernen und erkennen, dass der Einstieg in die additive Fertigung im Vergleich zur konventionellen Fertigung mit Bearbeitungszentren deutlich einfacher ist. Gleichzeitig sollen sie fachliche Kompetenzen untereinander fördern, indem sie sich gegenseitig unterstützen und freiwillig Verantwortung für das Gelingen des Lernprozesses übernehmen.

Binnendifferenzierung: Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Lernenden ihre Gesellenstücke digital planen und konstruieren, ist die Teilnahme am 3D-Druck ab der zweiten Stunde (siehe Abb. 8) freiwillig. Zudem variiert der Fortschritt der SuS erheblich. Einige haben noch nicht mit der Planung ihres Gesellenstücks begonnen, während andere ihre Stücke möglicherweise bereits in ihren Betrieben oder in ihrer Freizeit geplant und in einem CAD-System konstruiert haben.

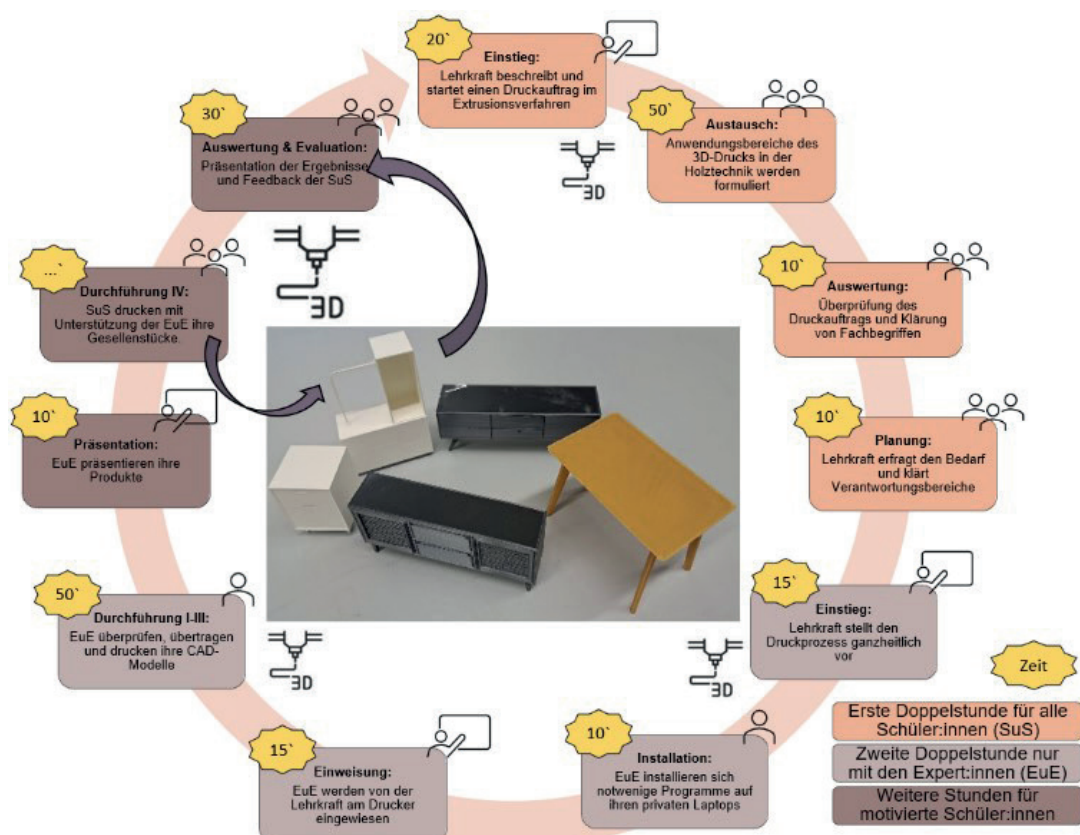


Abb. 8: Phasierung einer Unterrichtseinheit zum 3D-Druck von Gesellenstücken (Quelle: eigene Darstellung)

Unterrichtsorganisation: Der Schulblock dauert drei Wochen. Aufgrund des knappen Zeitrahmens wird zu Beginn der ersten Blockwoche eine Doppelstunde für eine Einführung in das Thema und Tipps zur Konstruktion sowie am Ende der ersten Woche eine weitere Doppelstunde für die Schulung der Experten und Expertinnen eingeplant. In der zweiten Woche sammeln sie Erfahrungen, damit sie in der letzten Woche alle SuS, die parallel zum LF-Unterricht ihre Gesellenstücke drucken wollen, unterstützen können.

Durchführungsphase: Eindrücke und Ablauf der Unterrichtseinheiten

Die erste Doppelstunde fand zu Beginn der ersten Woche des dreiwöchigen Blockunterrichts im FabLab der Schule statt. Abbildung 9 präsentiert die Ergebnisse der Austauschphase, in der die SuS mögliche Anwendungsbereiche des 3D-Drucks in der Holztechnik formulierten. Die Lehrkraft fügte, falls vorhanden, beispielhafte Modelle hinzu, was zu einem interessanten Austausch zwischen Lehrer und SuS führte.

In der Planungsphase wurden die Ergebnisse um zwei weitere Fragestellungen erweitert und auf einer Metaplanwand (s. Abb. 10) festgehalten. Dabei wurden SuS identifiziert, die ihr Gesellenstück dreidimensional drucken möchten sowie solche, die sich intensiver mit der Technologie auseinandersetzen möchten, um unter anderem anderen SuS beim Drucken ihrer Arbeiten zu helfen.

Die zweite Doppelstunde fand am Ende der ersten Woche mit den zukünftigen Experten und Expertinnen in einem separaten Raum statt. Die übrigen Lernenden arbeiteten weiterhin an ihrem Lernfeldauftrag. Um ihnen die vielen Auswahl- und Entscheidungsmöglichkeiten zu erleichtern, war es notwendig, geeignete Unterrichtsmaterialien bereitzustellen. Dafür eignen sich beispielsweise Installationshilfen, Skripte und Lernvideos, auf die sich die Lernenden immer wieder beziehen können.

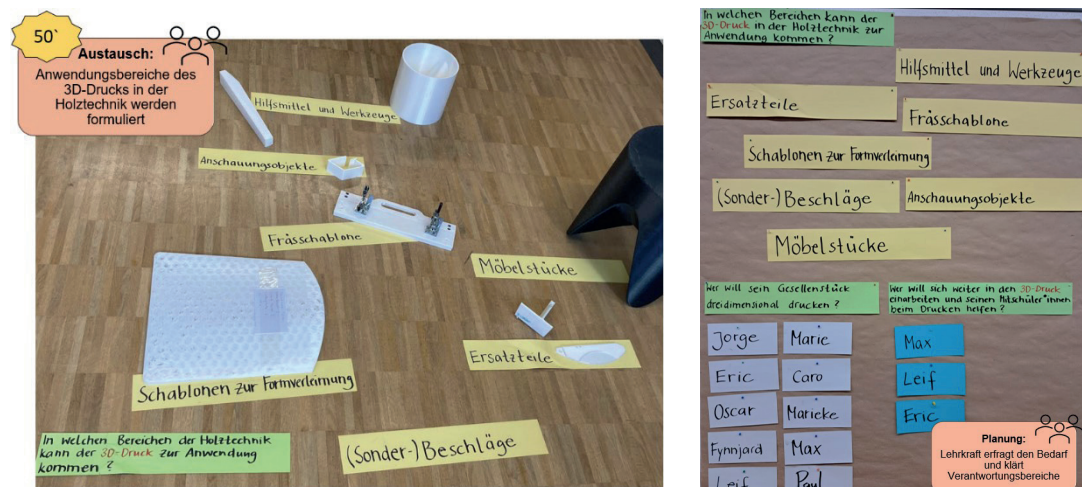


Abb. 9 und 10: Ergebnisse der Austauschphase (links) (Quelle: eigene Darstellung) und Ergebnissicherung der ersten Doppelstunde (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

Wie in Abbildung 8 zu erkennen ist, gliedert sich die Durchführungsphase in drei Teile:

- Durchführungsphase I: Die zukünftigen Experten und Expertinnen überprüften ihre CAD-Modelle und bereiten diese auf den Druckprozess vor, beispielsweise durch das Löschen verdeckter Bauteile.
- Durchführungsphase II: Die zukünftigen Experten und Expertinnen übertrugen die Datei in die Drucksoftware und bearbeiten sie, um mit den gewünschten Parametern zu drucken, wie etwa Druckgeschwindigkeiten und Schichtdicken.

· Durchführungsphase III: Die zukünftigen Experten und Expertinnen richteten den Drucker ein und starten den Druckauftrag. Es wurde empfohlen, zu Beginn des Drucks den Prozess auf Fehler zu überwachen und bei Bedarf einzugreifen.

In den Lernfeldstunden der letzten Unterrichtswoche sowie nach Unterrichtsende hatten die Auszubildenden die Gelegenheit, mit Hilfe der Experten und Expertinnen ihre individuellen Gesellenstücke zu drucken. Hierfür standen ihnen zwei Drucker zur Verfügung, die zeitweise im Unterrichtsraum aufgestellt waren (s. Abb. 11).

Zehn Lernende haben ihre individuellen Stücke gedruckt und diese genutzt, um sich die Proportionen besser vorstellen zu können und den Entwurf mit den Auszubildenden abzustimmen.

Die Druckergebnisse (siehe Abb. 12) wurden in der Auswertungsphase geprüft. In der Regel waren die SuS sehr erstaunt über die Qualität der Modelle.

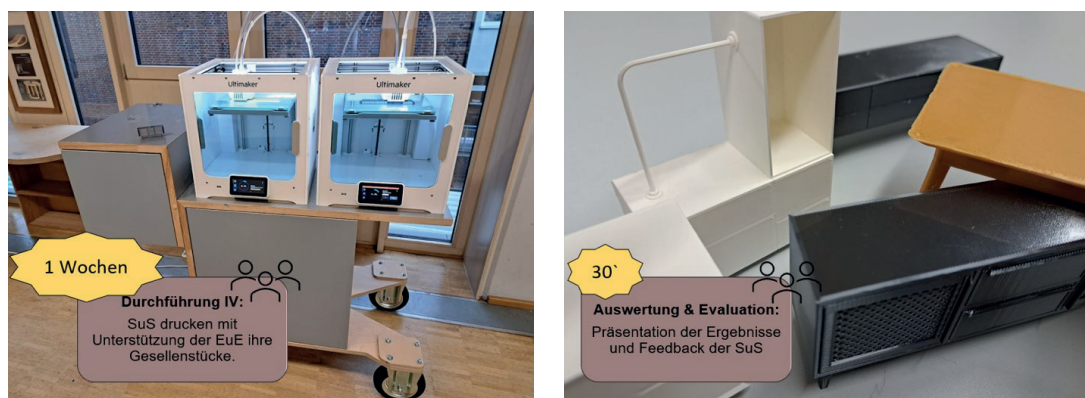


Abbildung 11 und 12: Drucker stehen im Unterrichtsraum/ Durchführungsphase (links) (Quelle: eigene Darstellung), Druckergebnisse im ersten Unterrichtsblock (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

Auf Wunsch der Auszubildenden, insbesondere jener, die ursprünglich nicht geplant hatten, ihr Gesellenstücke per CAD zu konstruieren und zu drucken, gab es im darauffolgenden Block weitere Gelegenheiten zum 3D-Drucken. Dadurch entstanden vier weitere gedruckte Modelle von Gesellenstücken.

Auswertungsphase: Fazits und Empfehlungen für weitere Unterrichtseinheiten

Von den 22 Lernenden haben sich drei für die Ausbildung zum „Experten und Expertinnen für 3D-Druck“ bereiterklärt. Insgesamt wurden 14 individuelle Gesellenstücke gedruckt. Aus Sicht der SuS war der 3D-Druck bei der Gestaltung und Konstruktion des Gesellenstücks sehr hilfreich. Der Fertigungsprozess hat ihnen insgesamt großen Spaß gemacht. Viele SuS waren intrinsisch motiviert, was sich unter anderem darin gezeigt hat, dass sie mehrfach die Gestaltung ihres Stücks modifiziert oder dieses in einem CAD-System konstruiert haben.

Fazit der Experten und Expertinnen zur Binnendifferenzierung: Das Vorgehen war sinnvoll, da nicht alle SuS eine intensive Auseinandersetzung mit der Technologie benötigen. Die Experten und Expertinnen konnten sich gezielt einarbeiten und dann selbstständig sowie selbstorganisiert drucken und in der letzten Blockwoche Mit-Auszubildende beim Drucken unterstützen. Es wäre wünschenswert gewesen, mehr „Tricks“ bezüglich der Programmeinstellungen (Druckgeschwindigkeit, Layerhöhe) seitens der Lehrkraft zu erhalten.

Fazit der Lernenden zur Binnendifferenzierung: Die Unterstützung durch die Experten und Expertinnen hat es ermöglicht, individuelle Gesellenstücke im 3D-Druck umzusetzen. Mit ihrer Unterstützung erschien die Technologie einfach anzuwenden, sei es beim Verändern eines CAD-Modells, den Einstellungen in der Druckersoftware oder beim eigentlichen Druck. Außerdem konnten Druckprozesse abgebrochen und neu gestartet werden, was in der normalen Unterrichtszeit nicht möglich gewesen wäre.

Fazit der Lehrkraft zur Binnendifferenzierung: Ausgewählte Lernende mit entsprechenden Lernvoraussetzungen zu Multiplikatoren auszubilden, hat insgesamt sehr gut funktioniert. Besonders hervorzuheben ist die Steigerung ihrer intrinsischen Motivation, die sich auch auf die anderen Lernenden übertragen hat. Sie nutzten die Chance, sich entsprechend ihrer intrinsischen Motivation in verschiedene Arbeitsfelder einzuarbeiten und sich im Gruppenprozess zielorientiert auszutauschen. So kamen alle schrittweise ihrem individuellen Ziel, der Gestaltung und Konstruktion des Gesellenstücks, näher.

Jedoch ist die Arbeitsvorbereitung für die Lehrkraft sehr zeitaufwendig, da für verschiedene Arbeitsfelder Unterrichtsmaterialien erstellt und aktualisiert, Werkzeuge und Materialien beschafft sowie Maschinen gepflegt und gewartet werden müssen. Hinzu kam, dass intrinsisch motivierte Auszubildenden mit dem Unterrichtsende nicht aufhören, zu lernen und zu arbeiten. Somit bedarf es bei der Lehrkraft einer Aufsichtspflicht auch außerhalb der eigentlichen Unterrichtszeiten.

3 Fazit und Auswirkungen

Die Bedeutung des 3D-Drucks als effektives Lehrmittel in der beruflichen Erstausbildung wird an den dargestellten Unterrichtsbeispielen deutlich. Eine zentrale Erkenntnis besteht darin, dass nicht nur das Thema 3D-Druck, sondern auch die Art und Weise der Vermittlungsmethode sowie die Chancen zur Binnendifferenzierung eine bedeutende Rolle auf die Entwicklung der intrinsischen Motivation der Lernenden hat. Abhängig von ihrer Selbstkompetenz kann die Motivation gesteigert werden, indem man den Lernenden mehr Entscheidungsfreiheit in Bezug auf das Handlungsprodukt, die Lerninhalte, die Fertigungszeiten usw. gewährt.

Des Weiteren zeigen die Praxisbeispiele, dass sich das Thema gut eignet, um der Forderung nach handlungsorientiertem und individualisiertem Unterricht in der beruflichen Bildung nachzukommen. Hinzu kommt, dass der 3D-Druck im Gegensatz zu konventionell zerspanenden Fertigungstechniken weniger Gefahrenpotenzial bietet, kostengünstiger und deutlich einfacher in der Umsetzung bzw. in den eigentlichen Lernprozessen vermittelbar ist. Ohne „Schwellenangst“ können Lernende so bereits früh in der Erstausbildung komplexe Schablonen für Formverleimungen von mehrfach gebogenen Bauteilen mittels 3D-Druck fertigen. Solche Schablonen werden bislang eher an 5-Achs-Maschinen (BAZ) gefräst und sind eher Lerngegenstand beruflicher Weiterbildungen (z. B. Techniker:innen) in der Holztechnik.

Allerdings wird auch deutlich, dass die Implementierung neuer Technologien wie etwa 3D-Druck nicht nur finanzieller Mittel für die Anschaffung bedürfen, sondern auch Ressourcen für Wartung und Instandhaltung sowie die Erstellung von aktuellen und individualisierten Unterrichtsmaterialien bedarf. Wenn hierzu weitere Technologien wie zum Beispiel CNC- oder Lasertechnik kommen, reicht die heutige Vor- und Nachbereitungszeit von Lehrkräften an berufsbildenden Schulen bei weitem nicht aus. Hier wäre die Frage zu diskutieren, ob Lehrkräfte hierbei nicht zusätzlich durch weitere Techniker bzw. Technikerinnen zu unterstützen sind, wie es auch in anderen Bundesländern (z. B. Bayern) der Fall ist.

Diese und weitere Umstände limitieren den flächendeckenden Einsatz der 3D-Druck-Technologie an beruflichen Schulen. Jedoch verdeutlichen die Praxisbeispiele das Potenzial der Technologie und ihre positiven, motivationalen Auswirkungen auf den geplanten Kompetenzerwerb in der Ausbildung angehender Holzmechaniker:innen und Tischler:innen. Somit ist der Einsatz des 3D-Drucks aus Sicht der Verfasser eine zweifellos sehr bereichernde Ergänzung in der beruflichen Bildung.

Literatur

Caviezel, C.; Grünwald, R.; Ehrenberg-Silies, S.; Kind, S. Jetzke, T.; Bovenschulte, M. (2017). Additive Fertigungsverfahren (3D-Druck). *Innovationsanalyse*. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). <https://doi.org/10.5445/IR/1000078105>

HAUTE INNOVATION (2021). *Additive Fertigung. Individuelle Serienfertigung*. Hg. v. Hessen Trade & Invest GmbH. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. Verfügbar unter: https://www.haute-innovation.com/wp-content/uploads/2022/01/Additive_Fertigung_Neuaufgabe_2021_final_screen-1.pdf (Zugriff am: 31.01.24).

Kaufmann, D. (2021). Additives Fertigen in berufsschulischen Lern- und Arbeitsprozessen der Bautechnik und Holztechnik. *BAG Bau-Holz-Farbe*, 23(2), 10–16.

Marschall, H. (2016). *Personal für die additive Fertigung. Kompetenzen, Berufe, Aus- und Weiterbildung*. Springer Vieweg.

Rubow, N. (2023). *3D-Druck im Möbelbau: Eine berufswissenschaftliche Analyse von Potenzialen und Grenzen der additiven Fertigung (Unveröffentlichte Masterarbeit)*, Institut für Angewandte Bautechnik der Technischen Universität Hamburg.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kompetenzanforderungen beim 3D-Druck, Quelle: Rubow (2023, S. 50) sowie in Anlehnung an Marschall (2016, S. 14)

Abb. 2: Phasierung einer Unterrichtseinheit zum 3D-Druck eines vorgegebenen Handlungsproduktes, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 3: Erarbeitungsphase, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 4: Planungsphase, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 5: Beispiel einer Aufgabenstellung anhand der Expertengruppe „Stolpersteine“, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 6: Bewertungs- und Reflektionsphase, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 7: Handlungsprodukte der drei Stammgruppen, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 8: Phasierung einer Unterrichtseinheit zum 3D-Druck von Gesellenstücken, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 9: Ergebnisse der Austauschphase, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 10: Ergebnissicherung der ersten Doppelstunde, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 11: Drucker stehen im Unterrichtsraum/Durchführungsphase, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 12: Druckergebnisse im ersten Unterrichtsblock, Quelle: eigene Darstellung

Autorinnen- und Autorenangaben

Nele Rubow

Lehrkraft im Vorbereitungsdienst am
Berufsbildungszentrum am Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg
nele-rubow@web.de

Martin Multhauf

Wissenschaftlicher Mitarbeiter TU Hamburg &
Berufsschullehrer an der Beruflichen Schule Holz.Farbe.Textil, Hamburg
m.multhauf@tuhh.de

Zitieren dieses Beitrags

Rubow, N. & Multhauf, M. (2024). 3D-Druck im Berufsfeld „Holztechnik“ – Intrinsische Motivation und Kompetenzentwicklung. BAG:on – Online-Journal der BAG Bau, Holz, Farbe, 1(1), 27–37. <https://doi.org/10.69804/bagon.v1i1.7>