



Co-funded by  
the European Union



## CRAFT3D

Verbesserung traditioneller Handwerkspraktiken

3D-Druck und Technologie durch Innovation

# MENTOR:INNENPROGRAMM

Projekt-Nr.: 2023-1-IT01-KA220-VET-000154806

### Haftungsausschluss

*Von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die des/der Autors/Autorinnen und spiegeln nicht notwendigerweise die der Europäischen Union oder der Nationalagentur wider. Weder die Europäische Union noch die Nationalagentur können dafür verantwortlich gemacht werden.*



## Inhalt

MENTOR:INNENPROGRAMM	1
1. Einführung	4
1.1. Überblick über das CRAFT3D-Projekt und seine Ziele	4
1.2. Zweck des Mentor:innenprogramms	4
1.3. Zielgruppe: Holzhandwerker:innen, Tischler:innen und 3D-Druckexpert:innen	4
1.4. Erwartete Vorteile für Mentor:innen und Auszubildende	4
2. Ziele des Mentor:innenprogramms - Verbesserung des Verständnisses für traditionelle Holzhandwerkstechniken und deren Anwendbarkeit in der 3D-Modellierung und im 3D-Druck	5
2.1. Förderung des praxisorientierten Lernens durch Work-Based Learning (WBL)/arbeitsbasiertes Lernen	5
2.2. Schaffung einer wechselseitigen Mentor:innenbeziehung zwischen Tischler:innen und 3D-Druckexpert:innen	5
2.3. Unterstützung des Übergangs von theoretischem Wissen (MOOC) zur praktischen Anwendung	6
2.4. Stärkung der Vernetzung und des gegenseitigen Lernens unter den Teilnehmer:innen	6
3. Programmstruktur	7
3.1. Auswahl der Teilnehmer:innen und Matching-Prozess	7
3.2. Erfahrung mit arbeitsbasiertem Lernen (Work-Based Learning, WBL)	9
3.3. Komponente der wechselseitigen Mentor:innenschaft	12
4. Das Mentor:innenprogramm	12
4.1. Die Rolle der Tutor:innen	12
4.2. Vor dem Unterricht	12
4.3. Während des Unterrichts	13
4.4. Nach dem Unterricht	13
4.5. Tipps für die Online-Interaktion	14
4.6. Inklusion und Unterstützung	14
4.7. Operative Checkliste für Tutor:innen	15
5. Operative Richtlinien	16
5.1. Modul 1: Einführung in den 3D-Druck	16
5.2. Modul 2: 3D-Drucktechnologien	21



5.3.	Modul 3 – 3D-Druckgeräte	25
5.4.	Modul 4: Design für 3D-Druck und CAD-Modellierung	29
5.5.	Modul 5: Erhalt des physischen Modells durch 3D-Druck-Dienstleister:innen	33
5.6.	Modul 6: Drucken eines 3D-Objekts	37
5.7.	Modul 7: 3D-Druck und das Handwerk der Holzbearbeitung	41
5.8.	Modul 8: Entwerfen eines Holzobjekts mit Hilfe des 3D-Drucks	45
5.9.	Modul 9: Fallstudien zur Holzverarbeitung	49
6.	Umfrage unter den Teilnehmer:innen des Mentor:innenprogramms	53
7.	Empfehlungen der Teilnehmer:innen	57
7.1.	Bessere Strukturierung von Zeit und Dauer	57
7.2.	Stärkung des individuellen Mentorings	57
7.3.	Verbesserung der Interaktion und Zusammenarbeit	57
7.4.	Ziele und Fortschritte klar kommunizieren	58
7.5.	Unterstützung der Anpassung an digitale Tools	58
7.6.	Fokus auf Kommunikation und kontinuierliche Unterstützung	58
7.7.	Tipps zur schnellen Umsetzung	59
8.	Kontrolle, Bewertung und Zertifizierung	60
8.1.	Fortschrittsverfolgung	60
8.2.	Feedback-Sitzungen zwischen Mentor:innen und Auszubildenden	60
8.3.	Abschließende Bewertung	60
8.4.	Abschlussklärung – MOOC-Kurse (CRAFT3D-Projekt)	65



## 1. Einführung

### *1.1. Überblick über das CRAFT3D-Projekt und seine Ziele*

Das CRAFT3D-Projekt zielt darauf ab, den Holzverarbeitungssektor durch die Integration von 3D-Drucktechnologie in traditionelles Handwerk zu modernisieren. Es konzentriert sich auf die Weiterbildung von Holzhandwerker:innen, Tischler:innen, Enthusiast:innen und interessierten Personen durch einen MOOC-basierten Lehrplan, ein digitales Bewertungsinstrument und ein Mentor:innenprogramm, um praxisorientiertes Lernen zu gewährleisten. Ziel ist es, Fachleute mit speziellen 3D-Druckkenntnissen auszustatten und so Innovation und Anpassungsfähigkeit in der Branche zu fördern.

### *1.2. Zweck des Mentor:innenprogramms*

Das Mentor:innenprogramm soll einen gegenseitigen Lernaustausch zwischen traditionellen Holzhandwerker:innen und 3D-Druckexpert:innen ermöglichen. Es bietet Handwerker:innen praktische Erfahrungen in der Anwendung von 3D-Drucktechniken und ermöglicht es Expert:innen, traditionelle Methoden zur Holzverarbeitung zu erlernen, wodurch ein ausgewogener Wissenstransfer gewährleistet wird.

### *1.3. Zielgruppe: Holzhandwerker:innen, Tischler:innen und 3D-Druckexpert:innen*

Zur Zielgruppe gehören Holzhandwerker:innen, Tischler:innen, Enthusiast:innen und Interessierte, die moderne Technologien in ihr Handwerk integrieren möchten, sowie 3D-Druckexpert:innen, die ihr Verständnis für traditionelle Holzverarbeitungstechniken vertiefen möchten.

### *1.4. Erwartete Vorteile für Mentor:innen und Auszubildende*

Zu den erwarteten Vorteilen für die Auszubildenden (Handwerker:innen und Tischler:innen) gehören verbesserte digitale Fähigkeiten, bessere Berufschancen und innovative Handwerkskunst. Tutor:innen (3D-Druckexpert:innen) werden ein tieferes Verständnis für traditionelle Techniken entwickeln, wodurch sie wiederum bessere holzkompatible 3D-Modelle entwickeln können, was das gemeinsame Wachstum und die Innovation in der Branche fördert. Insgesamt sollen 60 Mentor:innenprogramme erfolgreich durchgeführt werden.



## 2. Ziele des Mentor:innenprogramms - Verbesserung des Verständnisses für traditionelle Holzhandwerkstechniken und deren Anwendbarkeit in der 3D-Modellierung und im 3D-Druck

Holzhandwerkstraditionen werden seit Generationen weitergegeben und legen Wert auf Präzision, Langlebigkeit und Ästhetik. Traditionelle Holzverarbeitungstechniken wie aufwendige Tischlerei, detaillierte Schnitzereien und fachmännische Oberflächenbehandlung prägen die Handwerkskunst hinter den handgefertigten Holzprodukten. Das Verständnis dieser Methoden ist für ihre Integration in die moderne 3D-Modellierung und den 3D-Druck von entscheidender Bedeutung, da es Handwerker:innen ermöglicht, die Authentizität und Qualität des traditionellen Holzhandwerks zu bewahren und gleichzeitig neue technologische Möglichkeiten zu nutzen.

Eine der wichtigsten Möglichkeiten, die Kluft zwischen Tradition und Technologie zu überbrücken, ist die digitale Nachbildung traditioneller Holzverarbeitungstechniken. Mit Hilfe fortschrittlicher 3D-Modellierungssoftware wie Fusion 360, Rhino oder Blender können Handwerker:innen komplexe Tischlerarbeiten, ineinandergreifende Strukturen und kunstvolle Schnitzereien entwerfen, deren manuelle Ausführung eine Herausforderung darstellen würde. Diese digitalen Modelle können dann für den 3D-Druck optimiert werden, wodurch sichergestellt wird, dass sie sowohl ihre strukturelle Integrität als auch ihren ästhetischen Wert behalten. Darüber hinaus spielen die Materialeigenschaften eine entscheidende Rolle, um ein authentisches, holzähnliches Aussehen zu erzielen. Durch die Verwendung von holzhaltigen Filamenten, die echte Holzfasern gemischt mit Polymeren enthalten, können Handwerker:innen 3D-gedruckte Komponenten herstellen, die wie Naturholz geschliffen, gebeizt und lackiert werden können.

### *2.1. Förderung des praxisorientierten Lernens durch Work-Based Learning (WBL)/arbeitsbasiertes Lernen*

Work-Based Learning (WBL)/arbeitsbasiertes Lernen ist ein beliebter Ansatz zur beruflichen Weiterentwicklung, bei dem Auszubildende oder Mitarbeiter:innen am Arbeitsplatz statt in einem Klassenzimmer oder einer traditionellen Ausbildungsumgebung lernen. Diese Lernansätze bieten Auszubildenden die Möglichkeit, während ihrer Arbeit Qualifikationen zu erwerben, und Mitarbeiter:innen, neue Fähigkeiten zu entwickeln, die ihnen bei ihrer beruflichen Weiterentwicklung helfen können.

### *2.2. Schaffung einer wechselseitigen Mentor:innenbeziehung zwischen Tischler:innen und 3D-Druckexpert:innen*

Über die Reproduktion hinaus ermöglicht der 3D-Druck auch Innovationen in der Holzverarbeitung, indem er Handwerker:innen das Experimentieren mit hybriden Designansätzen ermöglicht. Durch die Kombination von handgefertigten Holzelementen mit 3D-gedruckten Teilen ergeben sich neue Möglichkeiten in der Möbelherstellung, der dekorativen Kunst und bei architektonischen Details. Handwerker:innen können gedruckte Komponenten für individuelle Einlegearbeiten, Präzisionsbeschläge oder sogar leichte Gitterstrukturen integrieren, die den Materialabfall reduzieren und gleichzeitig die Festigkeit



Co-funded by  
the European Union



erhalten. Die Möglichkeit, vor der Serienproduktion schnell Prototypen zu erstellen, fördert die Kreativität und Effizienz zusätzlich und sorgt für einen effektiven Einsatz von Zeit und Ressourcen.

Die Anwendung des traditionellen Wissens im Holzhandwerk auf 3D-Modellierung und -Druck bewahrt nicht nur das kulturelle Erbe, sondern eröffnet Handwerker:innen auch neue Wege zur Modernisierung ihres Handwerks. Mit der richtigen Balance zwischen Tradition und Technologie können Holzhandwerker:innen ihr kreatives Potenzial erweitern, ihre Produktionsprozesse verfeinern und einzigartige, innovative Produkte entwickeln, die das Beste aus beiden Welten vereinen.

### *2.3. Unterstützung des Übergangs von theoretischem Wissen (MOOC) zur praktischen Anwendung*

Nach Abschluss der MOOC-Schulung wenden die Auszubildenden ihr theoretisches Wissen in der Praxis an. Diese Phase vertieft das Gelernte und stellt sicher, dass Handwerker:innen den 3D-Druck effektiv in ihr Handwerk integrieren.

### *2.4. Stärkung der Vernetzung und des gegenseitigen Lernens unter den Teilnehmer:innen*

Das Programm schafft Möglichkeiten für Zusammenarbeit, Vernetzung und Peer-Learning zwischen Handwerker:innen, Tischler:innen und 3D-Druck-Fachleuten. Dies verbessert den Wissensaustausch, fördert Innovationen und trägt zum Aufbau einer starken Fachgemeinschaft im Holzhandwerk bei.



### 3. Programmstruktur

#### 3.1. Auswahl der Teilnehmer:innen und Matching-Prozess

- Teilnahmebedingungen für Auszubildende (Holzhandwerker:innen, Tischler:innen, Enthusiast:innen und interessierte Personen aus dem MOOC)

Zielgruppe: Das Programm ist auf Holzhandwerker:innen, Tischler:innen, Enthusiast:innen und interessierte Personen zugeschnitten, die den CRAFT3D-MOOC zum Thema 3D-Druck absolviert haben.

Motivation: Die Kandidat:innen sollten ein starkes Interesse daran zeigen, 3D-Drucktechnologien in traditionelle Holzhandwerkspraktiken zu integrieren.

Inklusion: Der Schwerpunkt liegt auf der Auswahl von Personen aus benachteiligten Verhältnissen, z.B. aus abgelegenen Gebieten, um Chancengleichheit zu fördern.

- Auswahlverfahren für Gastgeberorganisationen

Stakeholder-Mapping: Zunächst werden pro Partner:in 40 potenzielle Gastgeberorganisationen identifiziert, wobei der Schwerpunkt auf Einrichtungen liegt, die Erfahrung im Bereich 3D-Druck und/oder Holzhandwerk haben.

Engagement und Verpflichtung: Aus diesen werden 20 Organisationen ausgewählt, die eine Absichtserklärung (Memorandum of Understanding, MOU) unterzeichnen und damit ihre Bereitschaft bekunden, Auszubildende zu betreuen und sich am gegenseitigen Lernaustausch zu beteiligen. (4 pro Partner:in)

Auswahlkriterien:

- *Fachwissen* – Nachgewiesene Erfahrung mit 3D-Drucktechnologien und/oder traditioneller Holzverarbeitung
  - *Mentoring-Fähigkeiten* – Fähigkeit, ein effektives Mentoring anzubieten und eine 30-tägige Work-Based Learning (WBL)-Erfahrung zu ermöglichen, während die Mentor:innen den Auszubildenden bei Fragen oder Anregungen zur Verfügung stehen. Es ist nicht erforderlich, dass die Auszubildenden jeden Tag anwesend sind, es kann sich um eine physische, online oder hybride Form handeln
  - *Verfügbarkeit von Ressourcen* – Zugang zu den notwendigen Werkzeugen, Geräten und Einrichtungen zur Unterstützung der praktischen Ausbildung
- Zuweisung der Auszubildenden zu den aufnehmenden Organisationen

Überlegungen zur Zuordnung:



- *Interessen und Fähigkeiten* – Abstimmung der Interessen und Kompetenzniveaus der Auszubildenden auf die spezifischen Fachkenntnisse der aufnehmenden Organisationen
- *Geografische Faktoren* – Berücksichtigung des Standorts und logistischer Aspekte, um die Erreichbarkeit und Bequemlichkeit für beide Seiten zu gewährleisten

Mentor:innenstruktur: Jede Gastgeberorganisation benennt eine:n Tutor:in für die Auszubildenden, wobei ein Verhältnis von maximal 1 Tutor:in zu 3 Auszubildenden eingehalten wird, um eine individuelle Betreuung zu gewährleisten

- Aufstellung von Mutual Learning Agreements (MLAs)

Die MLAs dienen als informelle Vereinbarung, in der die Erwartungen und Verantwortlichkeiten sowohl der Auszubildenden als auch der Gastgeberorganisationen dargelegt sind:

- Lernziele
  - *Für Auszubildende:* Anwendung von 3D-Drucktechniken in der Holzverarbeitung, um traditionelle Verfahren zu innovieren und zu verbessern
  - *Für Gastgeberorganisationen:* Einblicke in traditionelle Holzhandwerkstechniken gewinnen und die Integration digitaler Technologien zur Förderung von Innovationen untersuchen
- Erwartete Ergebnisse
  - *Innovative Produkte:* Schaffung neuer oder verbesserter Holzhandwerksprodukte unter Verwendung von 3D-Druck
  - *Verbesserung der Fähigkeiten:* Höhere technische Kompetenzen für Auszubildende und Tutor:innen
  - *Vernetzung:* Aufbau von Verbindungen zwischen traditionellen Handwerker:innen und Expert:innen für digitale Fertigung, Förderung von Kooperationsmöglichkeiten
- Rollen und Verantwortlichkeiten von Auszubildenden und Gastgeberorganisationen
  - *Auszubildende:* Sich aktiv am praxisorientierten Lernen beteiligen, Fortschritte dokumentieren und effektiv mit Mentor:innen zusammenarbeiten
  - *Gastgeberorganisationen:* Bieten Mentoring an, gewähren Zugang zu den erforderlichen Einrichtungen und begleiten die Auszubildenden bei praktischen Projekten
  - *CRAFT3D-Projektpartner:innen:* Beaufsichtigen die Umsetzung des Programms, sammeln Feedback und bewerten dessen Auswirkungen mithilfe von Tools wie Programmtagebüchern



### 3.2. Erfahrung mit arbeitsbasiertem Lernen (Work-Based Learning, WBL)

Die WBL-Erfahrung im Rahmen des CRAFT3D-Mentor:innenprogramms ist sorgfältig darauf ausgelegt, theoretisches Wissen mit praktischer Anwendung zu verbinden und ein umfassendes Verständnis für die Integration von 3D-Drucktechnologien in die traditionelle Holzverarbeitung zu vermitteln.

- Dauer: 30 Tage praktische Fernpraxis mit Unterstützung durch eine:n Mentor:in

Über einen Zeitraum von 30 Tagen arbeiten die Auszubildenden aus der Ferne mit ihren zugewiesenen Gastgeberorganisationen zusammen. Obwohl diese Erfahrung keine direkte, praktische Teilnahme in den Räumlichkeiten der Organisation beinhaltet, haben die Auszubildenden dennoch reichlich Gelegenheit, das im CRAFT3D-MOOC erworbene Wissen in relevanten, realen Szenarien innerhalb des Holzhandwerkssektors praktisch anzuwenden. Während dieses Zeitraums stehen die Mentor:innen der Gastgeberorganisationen weiterhin zur Verfügung, um die Teilnehmer:innen zu beraten, ihre Fragen zu beantworten und ihnen bei allen Herausforderungen zu helfen, denen sie begegnen könnten. Dieser Ansatz gewährleistet, dass die Teilnehmer:innen gezielte Unterstützung erhalten, was ein umfassendes Verständnis der Branchenpraktiken, Herausforderungen und Innovationen ermöglicht.

- Aufgaben der Auszubildenden
  - *Aktive Teilnahme am Tagesgeschäft:* Von den Auszubildenden wird erwartet, dass sie sich nahtlos in den Arbeitsablauf der gastgebenden Organisation integrieren und sich an Routineaufgaben und Sonderprojekten beteiligen. Diese Beteiligung bietet einen ganzheitlichen Überblick über die Betriebsdynamik und die Anwendung des 3D-Drucks in verschiedenen Kontexten.
  - *Anwendung der im MOOC erworbenen Fähigkeiten:* Aufbauend auf den Grundkenntnissen aus dem CRAFT3D-MOOC wenden die Auszubildenden fortgeschrittene 3D-Modellierungs- und Drucktechniken an, um Prototypen zu entwickeln, Produktionsprozesse zu optimieren und Produktdesigns zu innovieren. Diese praktische Anwendung vertieft das Gelernte und zeigt die Vielseitigkeit des 3D-Drucks in der Holzverarbeitung.
  - *Kooperative Zusammenarbeit:* Mit Schwerpunkt auf Teamarbeit arbeiten die Auszubildenden mit Mentor:innen, Kolleg:innen und anderen Abteilungen zusammen, um einen multidisziplinären Ansatz zur Problemlösung zu fördern. Diese Zusammenarbeit verbessert die Kommunikationsfähigkeiten und fördert den Austausch vielfältiger Ideen, wodurch die Lernerfahrung bereichert wird.
- Rolle der Mentor:innen/Tutor:innen
  - *Kontinuierliche Anleitung und Betreuung:* Mentor:innen spielen eine zentrale Rolle in der WBL-Erfahrung, indem sie eine kontinuierliche Betreuung und Unterstützung bieten. Sie helfen den Auszubildenden bei der Bewältigung komplexer Projekte, sorgen für die Einhaltung bewährter Verfahren und geben Einblicke aus ihrer beruflichen Erfahrung weiter. Die Tutor:innen stehen



während dieses 30-tägigen Zeitraums zur Verfügung, um die Auszubildenden anzuleiten und mit ihnen zusammenzuarbeiten.

- *Ausrichtung auf die Lernziele:* Um einen fokussierten Ausbildungsverlauf zu gewährleisten, stellen die Mentor:innen sicher, dass die zugewiesenen Aufgaben und Projekte mit den im Mentor:innenprogramm festgelegten Lernzielen übereinstimmen. Diese Ausrichtung garantiert, dass die WBL-Erfahrung zielorientiert bleibt.
- *Konstruktives Feedback und Unterstützung:* Da sie wissen, wie wichtig Weiterentwicklung durch Reflexion ist, geben Tutor:innen regelmäßig konstruktives Feedback. Dieses Feedback bezieht sich sowohl auf technische Kompetenzen als auch auf Soft Skills und leitet die Auszubildenden zu kontinuierlicher Verbesserung und beruflicher Weiterentwicklung an.

### 3.3. Komponente der wechselseitigen Mentor:innenschaft

Die Komponente der wechselseitigen Mentor:innenschaft des CRAFT3D-Mentor:innenprogramms soll den bidirektionalen Wissensaustausch zwischen traditionellen Holzhandwerker:innen und 3D-Druckexpert:innen erleichtern. Dieser kooperative Ansatz bereichert beide Disziplinen, fördert Innovationen und bewahrt die Essenz des traditionellen Handwerks.

- Für Tischler:innen/Holzhandwerker:innen
  - *Integration von 3D-Modellierung und -Druck in das traditionelle Handwerk:* Handwerker:innen werden in digitale Designtools und 3D-Drucktechnologien eingeführt, wodurch sie ihre traditionellen Methoden verbessern können. Diese Integration ermöglicht die Erstellung komplizierter Designs und die Reproduktion komplexer Muster, die zuvor manuell nur schwer zu realisieren waren.
  - *Erforschung innovativer Ansätze für das Produktdesign:* Durch den Einsatz des 3D-Drucks können Handwerker:innen mit neuen Materialien und Designkonzepten experimentieren, was zur Entwicklung einzigartiger Produkte führt, die traditionelle Ästhetik mit moderner Funktionalität verbinden. Diese Erforschung eröffnet neue Märkte und Möglichkeiten für maßgeschneiderte Kreationen.
- Für 3D-Druckexpert:innen
  - *Traditionelle Holzverarbeitungstechniken verstehen:* Expert:innen für digitale Fertigung sammeln praktische Erfahrungen mit altbewährten Holzverarbeitungstechniken wie manuellem Flechten und Korbflechten. Dieses Verständnis ermöglicht es ihnen, organische Formen und Texturen in ihre digitalen Entwürfe zu integrieren, was zu authentischeren und kulturell resonanteren Produkten führt.
  - *Einblicke in die Materialeigenschaften, Ästhetik und funktionalen Aspekte der Holzverarbeitung gewinnen:* Durch die Auseinandersetzung mit den haptischen Eigenschaften von Holz und traditionellen Konstruktionstechniken



**Co-funded by  
the European Union**



lernen 3D-Druck-Fachleute die Grenzen und Möglichkeiten der Arbeit mit natürlichen Materialien kennen. Dieses Wissen führt zur Entwicklung von Hybridprodukten, die die Integrität des Holzes respektieren und gleichzeitig die Präzision des 3D-Drucks nutzen.



## 4. Das Mentor:innenprogramm

### 4.1. Die Rolle der Tutor:innen

Die Rolle der Tutor:innen in einem Online-Kurs wie dem zum Thema 3D-Druck geht weit über die reine technische Unterstützung hinaus. Es geht nicht nur darum, praktische Probleme zu lösen oder Fragen zur Bedienung zu klären, sondern eine echte Lernhilfe zu sein. Das bedeutet, die Auszubildenden durch den Prozess der Erkundung von Inhalten zu begleiten und sie zu ermutigen, sich nicht auf ein oberflächliches Verständnis zu beschränken, sondern Konzepte, Beispiele und konkrete Anwendungen miteinander zu verknüpfen. Tutor:innen müssen in der Lage sein, Neugier zu wecken, Fragen und kritisches Denken und gleichzeitig die Kreativität zu fördern, indem sie Ideen für persönliche Experimente oder Gruppenprojekte vorschlagen. Es ist auch wichtig, die Teilnehmer:innen bei der Verwendung digitaler Tools und Design-Software anzuleiten und ihnen praktische Tipps, bewährte Verfahren und zusätzliche Ressourcen zur Verfügung zu stellen, die das Lernen flüssiger machen und technologische Barrieren gering halten. Gleichzeitig müssen Tutor:innen in der Lage sein, eine positive, kooperative und integrative Lernumgebung zu schaffen, in der sich alle Teilnehmer:innen wertgeschätzt und frei fühlen, Ideen zu äußern oder Schwierigkeiten zu teilen, ohne Angst vor Bewertungen zu haben. Dies erfordert zwischenmenschliche Fähigkeiten, interkulturelle Sensibilität und ein sorgfältiges Management der Gruppendynamik, insbesondere in einem Online-Kontext, in dem das Risiko der Isolation größer ist. Kurz gesagt, Tutor:innen fungieren als Brücke zwischen den Kursinhalten und den persönlichen Erfahrungen der Auszubildenden: Sie vermitteln nicht nur Wissen, sondern schaffen auch die Voraussetzungen dafür, dass dieses verinnerlicht, angewendet und in echte und dauerhafte Fähigkeiten umgewandelt werden kann.

### 4.2. Vor dem Unterricht

Bevor ein Trainingskurs beginnt, fängt die Arbeit der Tutor:innen hinter den Kulissen, in einem heiklen, aber entscheidenden Moment an: der Vorbereitung. Die Tutor:innen begrüßen die Teilnehmer:innen nicht einfach, wenn sie zum ersten Mal auf die Plattform zugreifen, sondern schaffen die Voraussetzungen dafür, dass ihre Lernreise reibungslos und effektiv verläuft. Der erste Schritt besteht darin, das Trainingsmodul sorgfältig zu studieren, aus dem ein personalisierter Unterstützungsplan entwickelt wird: ein Kalender mit Checkpoints, Momenten für Diskussionen und klaren und stabilen Verfügbarkeitszeiten. Diese vorbereitende Organisation ist nicht nur logistischer Natur, sondern signalisiert auch, dass die Tutor:innen verlässliche Bezugspersonen sind, die Kontinuität und Unterstützung bieten können. Gleichzeitig wird eine Kurzanleitung erstellt, die den Teilnehmer:innen hilft, sich auf der Plattform zurechtzufinden: ein kleines Handbuch mit Antworten auf häufig gestellte Fragen, das technische Ängste abbaut und Raum für Neugierde auf die Inhalte lässt. Schließlich ist es an der Zeit, direkten Kontakt zu den Teilnehmer:innen aufzunehmen. Eine motivierende Begrüßungsnachricht ist keine reine Formalität, sondern ein echtes Instrument zur Einbindung: Worte, die Nähe schaffen und dazu einladen, sich als Teil einer gemeinsamen Reise zu fühlen, die Begeisterung wecken und diejenigen beruhigen, die befürchten, nicht über die erforderlichen Fähigkeiten zu verfügen. Mit dieser ersten Begrüßung legen die Tutor:innen den Grundstein für eine Bildungsbeziehung, die auf Vertrauen und Zuhören basiert, und erinnert alle daran, dass sie vor dem Bildschirm niemals allein sein werden. Wenn



der Kurs dann wirklich beginnt, finden die Teilnehmer:innen nicht nur Materialien und Aktivitäten vor, sondern auch eine einladende, gut organisierte und anregende Umgebung, die dafür sorgt, ihr Engagement in konkretes Wachstum umzuwandeln.

#### *4.3. Während des Unterrichts*

Während des Kurses übernehmen die Tutor:innen die Rolle von diskreten, aber ständigen Begleiter:innen, die die Auszubildenden Schritt für Schritt begleiten und theoretische Inhalte in konkrete Lernerfahrungen umsetzen. Ihre Stimmen sollten die der Teilnehmer:innen nicht übertönen, sondern einen Kontext schaffen, in dem jedes Konzept verstanden, verinnerlicht und mit persönlichen Erfahrungen verknüpft werden kann. Aus diesem Grund nehmen sich die Tutor:innen am Ende jeder Einheit einige Minuten Zeit, um die wichtigsten Punkte kurz und praxisorientiert zusammenzufassen: ein Kompass, der diejenigen, die sich vielleicht in den Details verirrt haben, wieder auf den richtigen Weg bringt und allen hilft, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren. Jedes Mal bereichern sie ihre Erklärungen mit Beispielen aus der realen Welt, denn Theorie ohne konkrete Anknüpfungspunkte läuft Gefahr, abstrakt zu bleiben. So wird ein Konzept wie Rapid Prototyping sofort verständlich, wenn es anhand des Beispiels eines Modeunternehmens erklärt wird, das dank 3D-Druck in wenigen Stunden ein Accessoire testen kann.

Gleichzeitig fördern die Tutor:innen praktische Aktivitäten, die die Teilnehmer:innen einbeziehen: Erstellen einer visuellen Zeitleiste der wichtigsten Technologiephasen, kritischer Vergleich von PLA und ABS in einem Diskussionsforum und Recherche zu Anwendungen des 3D-Drucks in ihrem eigenen Interessengebiet. Dabei handelt es sich nicht um Übungen um ihrer selbst willen, sondern um Möglichkeiten zur Erkundung, die das virtuelle Klassenzimmer in ein kollektives Labor verwandeln.

Die Online-Community wird so zu einem integralen Bestandteil des Kurses: Die Tutor:innen beantworten Fragen umgehend, idealerweise innerhalb von 24 Stunden, und fördern den Dialog zwischen den Auszubildenden, indem sie Beiträge würdigen und andere einladen, diese mit ihren eigenen Erfahrungen zu ergänzen. Kleine Hilfsmittel wie Umfragen oder gezielte Diskussionen dienen dazu, den Interaktionen Rhythmus und Lebendigkeit zu verleihen, das Interesse aufrechtzuerhalten und das Zugehörigkeitsgefühl zur Gruppe zu stärken. In diesem Gleichgewicht aus Unterstützung, Anregung und Präsenz nimmt das Lernen nicht als einseitiger Fluss Gestalt an, sondern als ein lebendiges Netzwerk von Verbindungen und Austausch.

#### *4.4. Nach dem Unterricht*

Der Abschluss des Kurses ist ein wertvoller Moment, nicht nur um Bilanz zu ziehen, sondern auch, um den Auszubildenden das Gefühl zu vermitteln, dass sie eine echte Wachstumsreise hinter sich haben. Die Tutor:innen begleiten diese Phase mit Aufmerksamkeit und Sorgfalt und organisieren eine abschließende Frage-und-Antwort-Runde, die zu einer Gelegenheit für eine offene Diskussion wird: Die Teilnehmer:innen können verbleibende Zweifel klären, Eindrücke austauschen und vor allem gemeinsam darüber nachdenken, wie die erworbenen Fähigkeiten in ihrem beruflichen oder kreativen Leben Anwendung finden können. Gleichzeitig laden die Tutor:innen sie ein, ihre Arbeiten in einem kleinen digitalen Portfolio



zu sammeln: CAD-Dateien, Fotos der von ihnen angefertigten Drucke, persönliche Notizen und kritische Reflexionen. Dies ist nicht nur eine Übung in Synthese, sondern ein Werkzeug, das den Auszubildenden hilft, ihre Fortschritte zu erkennen und den zurückgelegten Weg zu visualisieren. Schließlich kommt der heikelste und motivierendste Moment: das personalisierte Feedback. Allgemeine Phrasen reichen nicht aus, sondern es bedarf gezielter Beobachtungen, die Stärken hervorheben und konkrete Ideen für das weitere Studium bieten. Jemandem zu sagen: „Du hast ein gutes Verständnis für die Prinzipien des Slicings, versuche dich jetzt an fortgeschrittener Software wie Fusion 360“, bedeutet, sein Engagement anzuerkennen, sein Selbstwertgefühl zu stärken und ihm neue Lernmöglichkeiten zu eröffnen. Auf diese Weise markiert das Ende des Kurses keinen Abschluss, sondern wird zum Sprungbrett für zukünftige Entwicklungen.

#### *4.5. Tipps für die Online-Interaktion*

In einem Online-Kurs hängt erfolgreiches Lernen nicht nur von der Qualität der Inhalte ab, sondern auch von der Fähigkeit, das Engagement aufrechtzuerhalten. In diesem Sinne werden die Tutor:innen zur treibenden Kraft hinter der Interaktion. Das Stellen von anregenden Fragen ist eine einfache, aber wirkungsvolle Strategie: Es geht nicht nur darum, zu fragen „Verstehst du das?“, sondern Herausforderungen zu stellen, die die Teilnehmer:innen dazu zwingen, die Theorie mit ihren konkreten Erfahrungen zu verbinden. Die Frage, welche Technologie sie beispielsweise für den Prototyp eines Alltagsgegenstands verwenden würden, regt sie zu kritischem und persönlichem Denken an. Gamification kann ein spielerisches Element hinzufügen, das die Motivation stärkt: Abzeichen und Punkte, auch wenn sie nur symbolisch sind, schaffen ein Gefühl der Anerkennung und machen das individuelle Engagement sichtbar. Ebenso wichtig ist es, aktuelle Ressourcen zu teilen: Artikel, Videos und Tutorials erweitern nicht nur den Wissenshorizont, sondern zeigen den Teilnehmer:innen auch, dass der 3D-Druck ein lebendiges, sich ständig weiterentwickelndes Feld ist. Schließlich ermöglichen Arbeitsgruppen die Umwandlung des virtuellen Klassenzimmers in eine echte Gemeinschaft: Die Zusammenarbeit an einem Miniprojekt bedeutet, zu lernen, zu kommunizieren, Ideen zu verhandeln und unterschiedliche Visionen zu diskutieren. In dieser Dynamik sind die Tutor:innen keine Zuschauer:innen, sondern Moderator:innen: Sie ermutigen, moderieren und regen zum Austausch an. Auf diese Weise wird die Online-Interaktion viel mehr als nur eine Ergänzung, nämlich ein integraler Bestandteil des Ausbildungsprozesses.

#### *4.6. Inklusion und Unterstützung*

In einem Online-Kurs ist Inklusion kein nebensächlicher Aspekt, sondern das Herzstück des Ausbildungsprozesses. Die Tutor:innen müssen bedenken, dass alle Teilnehmer:innen unterschiedliche Vorkenntnisse, Erfahrungen und sogar Emotionen in Bezug auf Technologie mitbringen. Einige bewegen sich sicher zwischen Software und Drucker, während andere sich zum ersten Mal mit Angst und Unsicherheit daran wagen. Aus diesem Grund ist die verwendete Sprache entscheidend: Wenn Konzepte in einfachen Worten erklärt werden und unnötige Fachbegriffe vermieden werden, fühlen sich alle einbezogen und nicht zurückgelassen. Gleichzeitig bietet das Anbieten alternativer Materialien – eine Infografik für diejenigen, die visuelle Eindrücke bevorzugen, ein Video-Tutorial für diejenigen, die durch



Zuschauen lernen, ein vereinfachtes Glossar für diejenigen, die klare Bezugspunkte benötigen – die Möglichkeit, den Kurs an unterschiedliche Lernstile anzupassen. Inklusion beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Tools, sondern betrifft vor allem die Atmosphäre, die geschaffen wird. Die Tutor:innen haben die Aufgabe, einen sicheren Raum zu schaffen, in dem jede Frage als legitim willkommen ist und jeder Beitrag, auch der einfachste, wertgeschätzt wird. Ermutigung, respektvolles Feedback und die Anerkennung individueller Fortschritte sind wirksame Hebel, um das Selbstvertrauen der Auszubildenden zu stärken. Auf diese Weise fühlt sich niemand verurteilt oder ausgeschlossen, und die Gruppe selbst wird zu einer unterstützenden Lerngemeinschaft, die in der Lage ist, gemeinsam zu wachsen und jede Vielfalt zu nutzen.

#### *4.7. Operative Checkliste für Tutor:innen*

Am Ende jeder Lektion schlagen wir eine Checkliste vor: Dabei handelt es sich um ein praktisches Hilfsmittel, das die Tutor:innen während des gesamten Ausbildungskurses begleitet, eine Art Kompass, der ihnen hilft, die grundlegenden Schritte nicht aus den Augen zu verlieren. Wir verstehen sie als dynamische Unterstützung, die vor, während und nach jedem Modul konsultiert werden kann. Zu Beginn erinnert die Checkliste daran, sich gründlich mit den Inhalten vertraut zu machen und Feedback und Diskussion einzuplanen, um einen kohärenten und gut strukturierten Kurs zu organisieren. Während des Kurses hilft sie dabei, den Dialog aufrechtzuerhalten, praktische Aktivitäten vorzuschlagen und klares und motivierendes Feedback zu geben: Maßnahmen, die einfach erscheinen, aber Konsequenz und Aufmerksamkeit erfordern. Schließlich lädt die Checkliste in der Abschlussphase dazu ein, den Fortschritt zu überwachen, kritische Punkte zu melden und vor allem eine positive und integrative Atmosphäre zu fördern. Auf diese Weise eingesetzt, wird sie zu einer diskreten, aber effektiven Arbeitsbegleiterin: Sie sorgt dafür, dass nichts übersehen wird, hilft dabei, die Energie besser zu verwalten, und gibt den Tutor:innen das Selbstvertrauen, methodisch vorzugehen. Mit anderen Worten: Sie ist der rote Faden, der die organisatorische und die relationale Dimension miteinander verbindet und es ermöglicht, die Online-Erfahrung in einen Weg des gemeinsamen Wachstums zu verwandeln.



## 5. Operative Richtlinien

### *5.1. Modul 1: Einführung in den 3D-Druck*

#### *Kapitelziele*

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

1. zu verstehen, was 3D-Druck ist und wie er sich von der traditionellen Fertigung unterscheidet.
2. die wichtigsten historischen Meilensteine und Entwicklungen dieser Technologie kennenzulernen.
3. die wichtigsten 3D-Drucktechnologien (FDM, SLA, SLS, usw.) zu identifizieren.
4. die Vorteile und Grenzen des 3D-Drucks zu erkennen.
5. die Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen (Gesundheitswesen, Industrie, Handwerk, Mode, Architektur, usw.) zu entdecken.

#### *Einführung und Motivation*

- Beginnen Sie die Diskussion mit der Frage:
- „Was ist Ihr erstes Bild oder Ihre erste Idee, wenn Sie an 3D-Druck denken?“
- Stellen Sie einen Bezug zum Alltag der Teilnehmenden her (maßgeschneiderte Prothesen, Dekorationsgegenstände, 3D-gedruckte Häuser)
- Stellen Sie den 3D-Druck als transformative Technologie dar, nicht nur als technisches Werkzeug

#### *Erklärung der Schlüsselkonzepte*

- Unterschied zur traditionellen Fertigung: Verwenden Sie konkrete Beispiele (z.B. einen Stuhl, der aus Holz geschnitten wurde, im Vergleich zu einem 3D-gedruckten Stuhl)
- Historische Meilensteine: Schlagen Sie eine gemeinsame Online-Zeitleiste vor (Padlet, Miro oder Google Jamboard)
- Wichtigste Technologien: Zeigen Sie eine vereinfachte Infografik, die Prinzipien und Anwendungen zusammenfasst (FDM, SLA, SLS, usw.)

Tipp: Lassen Sie die Teilnehmer:innen eine Vergleichstabelle mit folgenden Angaben erstellen: Technologie / Prinzip / Anwendungsbeispiele



### *Aktive Lernaktivitäten*

- Gelenkte Diskussion: Bitten Sie die Teilnehmer:innen, eine Branche zu nennen, mit der sie vertraut sind, und darüber nachzudenken, wie der 3D-Druck diese verändern könnte.
- Mini-Recherche: Bitten Sie alle Teilnehmer:innen, ein Beispiel aus der Praxis (Nachrichtmeldung, Start-up, Unternehmen) zu suchen und es im Plenum vorzustellen.
- Kritische Analyse: Regen Sie zum Nachdenken über Vorteile und Einschränkungen an.

Beispiel für eine anregende Frage: „Wird der 3D-Druck Ihrer Meinung nach eher für die individuelle oder die Massenproduktion nützlich sein? Warum?“

### *Unterstützung und Klarstellung*

- Einige Auszubildende könnten durch die Fachbegriffe verwirrt sein. Die Tutor:innen sollten:
  - auf das Glossar des Moduls verweisen (CAD, G-Code, FDM, SLA, usw.),
  - kurze, vereinfachte Beispiele geben (z.B. „G-Code ist wie ein Rezept, das dem Drucker Schritt für Schritt sagt, was er tun soll“) und
  - den Auszubildenden helfen, zwischen professionellen Technologien (SLS, DMLS, EBM) und leichter zugänglichen Technologien (FDM, SLA) zu unterscheiden.

### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Bitten Sie die Teilnehmer:innen, ein einfaches Objekt zu zeichnen (entweder freihändig oder mit einer einfachen CAD-Software wie Tinkercad), das sie gerne drucken würden.
- Schlagen Sie eine Gruppenaufgabe vor: Stellen Sie sich ein Objekt vor, das mit herkömmlichen Methoden nicht hergestellt werden könnte.
- Fördern Sie den Austausch unter den Teilnehmer:innen und regen Sie Kommentare und Vorschläge zu den Projekten der anderen an.

### *Checkliste für Tutor:innen*

- Habe ich den 3D-Druck mit konkreten und motivierenden Beispielen vorgestellt?
- Habe ich das Verständnis für die historischen Entwicklungsstufen und Technologien gefördert?



- Habe ich praktische Aktivitäten und Diskussionen angeregt?
- Habe ich Zweifel hinsichtlich der Terminologie und der technischen Konzepte ausgeräumt?
- Habe ich die Teilnehmer:innen dazu angeleitet, über Vorteile, Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten nachzudenken?
- Habe ich den Abschlusstest als Vergleichsinstrument genutzt?

### *Abschlussquiz – Einführung in den 3D-Druck*

#### **Was unterscheidet den 3D-Druck von der traditionellen Fertigung?**

- A) Es werden kostengünstigere Materialien verwendet
- B) Es wird Material Schicht für Schicht hinzugefügt, anstatt es zu entfernen (**richtig**)
- C) Es können nur Kunststoffobjekte hergestellt werden
- D) Er ist immer schneller als herkömmliche Techniken

#### **In welchem Jahrzehnt tauchten die ersten 3D-Drucktechnologien auf?**

- A) In den 1960er Jahren
- B) In den 1970er Jahren
- C) In den 1980er Jahren (**richtig**)
- D) In den 1990er Jahren

#### **Welche der folgenden Technologien wird im Konsumgüterbereich am häufigsten eingesetzt?**

- A) SLS (Selective Laser Sintering)
- B) SLA (Stereolithografie)
- C) FDM (Fused Deposition Modeling) (**richtig**)
- D) DMLS (Direct Metal Laser Sintering)

#### **Was ist ein wesentlicher Vorteil des 3D-Drucks?**

- A) Schnelle Produktion großer Stückzahlen
- B) Erstellung komplexer und kundenspezifischer Geometrien (**richtig**)
- C) Keine Materialkosten
- D) Drucken ohne Strom



Co-funded by  
the European Union



**Was ist eine der größten Einschränkungen des aktuellen 3D-Drucks?**

- A) Keine Anpassungsmöglichkeiten
- B) Lange Produktionszeiten im Vergleich zur Massenproduktion (**richtig**)
- C) Es können keine funktionalen Objekte hergestellt werden
- D) Er ist immer teurer als die traditionelle Produktion

**Welcher Sektor hat bei der Herstellung maßgeschneiderter Prothesen stark vom 3D-Druck profitiert?**

- A) Mode
- B) Gesundheitswesen (**richtig**)
- C) Architektur
- D) Automobil

**Stereolithografie (SLA) verwendet:**

- A) Extrusion von Kunststofffilamenten
- B) Verschmelzung von Metallpulvern
- C) Durch einen UV-Laser ausgehärtetes Flüssigharz (**richtig**)
- D) Präzisionsmechanische Formen

**Welches der folgenden Materialien wird häufig beim FDM-Druck verwendet?**

- A) Edelstahl
- B) PLA und ABS (**richtig**)
- C) Flüssiges Epoxidharz
- D) Gesinterter Sand

**Welche Aussage trifft hinsichtlich der Auswirkungen des 3D-Drucks zu?**

- A) Er ist nur in spezialisierten Labors nützlich
- B) Er findet in vielen Industrie- und Kreativbranchen vielfältige Anwendung (**richtig**)
- C) Er hat noch keine konkreten Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis
- D) Er kann nur ästhetische, nicht funktionale Modelle herstellen



Co-funded by  
the European Union



**Welche Funktion hat die G-Code-Datei beim 3D-Druck?**

- A) Das Objekt in 3D zu entwerfen
- B) Die Bewegungen des Druckers und den Materialausstoß zu steuern (**richtig**)
- C) Projekte in der Cloud zu speichern
- D) Die Qualität des Materials vor dem Drucken zu überprüfen



## 5.2.Modul 2: 3D-Drucktechnologien

### Kapitelziele

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

1. die wichtigsten 3D-Drucktechnologien (FDM, SLA, SLS, DMLS, Binder Jetting, usw.) zu verstehen,
2. die Funktionsprinzipien der einzelnen Technologien zu erkennen,
3. die Vor- und Nachteile der verschiedenen Techniken unterscheiden,
4. die typischen Anwendungsbereiche der einzelnen Technologien zu identifizieren und
5. zu wissen, wie die am besten geeignete Technologie auf die Art des Materials und den Produktionskontext abgestimmt werden kann.

### Einführung und Motivation

- Beginnen Sie das Kapitel mit einer anregenden Frage: „Was ist Ihrer Meinung nach der Unterschied zwischen dem Drucken eines Kunststoffprototyps und einer Titanprothese?“
- Betonen Sie, dass die Vielfalt der Technologien der Schlüssel zur Anwendung des 3D-Drucks in sehr unterschiedlichen Bereichen ist.
- Zeigen Sie ein kurzes Video oder ein Vergleichsbild der Verfahren (FDM, SLA, SLS), um das Interesse zu wecken.

### Erklärung der Schlüsselkonzepte

- FDM (Fused Deposition Modeling): Extrusion von Kunststofffilamenten → Bildungsanwendungen, Rapid Prototyping
- SLA (Stereolithografie): durch UV-Laser verfestigtes Photopolymerharz → detaillierte Modelle, Zahnmedizin, Schmuck
- SLS (Selective Laser Sintering): Sintern von Pulvern → funktionale Prototypen, mechanische Komponenten
- DMLS/SLM (Direct Metal Laser Sintering / Selective Laser Melting): Metallpulver, die durch Laser verschmolzen werden → Luft- und Raumfahrt, Biomedizin
- Binder Jetting: Klebstoff auf Pulvern → Architekturmodelle, komplexe nichttragende Teile
- Vorteile und Einschränkungen der einzelnen Technologien (Kosten, Materialien, Geschwindigkeit, Präzision, Widerstandsfähigkeit)



Tipp: Erstellen Sie eine Vergleichstabelle, um diese mit den Teilnehmer:innen zu besprechen.

#### *Aktive Lernaktivitäten*

- Vergleichsübung: Teilen Sie die Teilnehmer:innen in Gruppen ein, von denen jede eine Technologie eingehend untersucht und deren Anwendungen und Einschränkungen vorstellt.
- Fallstudie: Stellen Sie eine Problemstellung vor („Ein Start-up möchte eine maßgeschneiderte Titanprothese herstellen. Welche Technologie würden Sie verwenden und warum?“).
- Zwischenquiz im virtuellen Klassenzimmer, um das Verständnis der Grundprinzipien zu überprüfen.

#### *Unterstützung und Klarstellung*

- Achten Sie auf Fachbegriffe (Sintern, Photopolymerisation, Extrusion)
- Verwenden Sie einfache Metaphern:
  - FDM = „eine computergesteuerte Heißklebepistole“
  - SLA = „ein Drucker, der Flüssigkeit mit Licht verfestigt“
- Erklären Sie die Unterschiede zwischen amateurhafter (z.B. kostengünstiges FDM) und industrieller Nutzung (SLS, DMLS)

#### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Bitten Sie die Auszubildenden, sich ein Objekt vorzustellen, das mit herkömmlichen Techniken nicht hergestellt werden kann, und darüber nachzudenken, welche 3D-Technologie dafür am besten geeignet wäre.
- Ermutigen Sie sie, CAD-Software zum Entwerfen eines Grundmodells zu verwenden und die ideale Drucktechnologie zu diskutieren.
- Heben Sie die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten hervor (von Mode bis Biomedizin).

#### *Checkliste für Tutor:innen*

- Habe ich die wichtigsten Technologien klar und verständlich vorgestellt?
- Habe ich die Teilnehmer:innen beim Vergleich der Vorteile und Einschränkungen angeleitet?
- Habe ich praktische Aktivitäten und Gruppenaktivitäten vorgeschlagen?
- Habe ich Fachbegriffe anhand einfacher Beispiele erläutert?



Co-funded by  
the European Union



- Habe ich kreatives Denken über die Einsatzmöglichkeiten der Technologien angeregt?
- Habe ich das Verständnis mit Fragen und einem Quiz überprüft?

*Abschlussquiz – 3D-Drucktechnologien*

**Welche 3D-Drucktechnologie wird auf Verbraucherebene am häufigsten verwendet?**

- A) SLA
- B) FDM (**richtig**)
- C) SLS
- D) Binder Jetting

**Bei der Stereolithografie (SLA) wird Folgendes verwendet:**

- A) Geschmolzenes Kunststofffilament
- B) Metallpulver
- C) UV-gehärtetes Photopolymerharz (**richtig**)
- D) Gesinterter Sand

**Selective Laser Sintering (SLS) funktioniert mit:**

- A) PLA-Filamenten
- B) Kunststoff- oder Nylonpulvern (**richtig**)
- C) Flüssigen Harzen
- D) Gips und Klebstoffen

**Welche Technologie wird zum Drucken hochfester Metallkomponenten verwendet?**

- A) SLA
- B) FDM
- C) DMLS/SLM (**richtig**)
- D) Binder Jetting

**Was ist der Hauptvorteil der SLA-Technologie?**

- A) Niedrige Kosten
- B) Hohe Präzision und feine Details (**richtig**)
- C) Produktionsgeschwindigkeit



Co-funded by  
the European Union



D) Verwendung von Metallen

**Ein:e Architekt:in, der:die ein maßstabsgetreues Modell drucken möchte, wird sich wahrscheinlich für Folgendes entscheiden:**

A) FDM

B) Binder Jetting (**richtig**)

C) DMLS

D) SLA

**Welcher Nachteil ist bei der FDM-Technologie häufig anzutreffen?**

A) Raue Oberflächen und die Notwendigkeit einer Nachbearbeitung (**richtig**)

B) Hohe Kosten für Maschinen

C) Zu schnelle Druckzeiten

D) Ausschließliche Verwendung von Metallen

**Was ist das Besondere an der Binder-Jetting-Technologie?**

A) Sie verwendet ein Bindemittel, um Pulver zu binden (**richtig**)

B) Sie extrudiert Filamente

C) Sie verfestigt Harze mit UV-Lasern

D) Sie schmilzt Metalle bei hohen Temperaturen

**Welche der folgenden Technologien eignet sich am besten für kostengünstiges Rapid Prototyping?**

A) SLS

B) SLA

C) FDM (**richtig**)

D) DMLS

**Was ist der wichtigste Faktor bei der Auswahl einer 3D-Drucktechnologie?**

A) Bevorzugte Farbe

B) Material und Endverwendung (**richtig**)

C) Verfügbarkeit von CAD-Software

D) Internetverbindung



### 5.3.Modul 3 – 3D-Druckgeräte

#### *Kapitelziele*

- Führen Sie die Teilnehmer:innen in die Kriterien für die Auswahl von 3D-Druckgeräten ein (Druckertypen, Funktionen, Kosten)
- Unterstützen Sie die Teilnehmer:innen dabei, sich mit den grundlegenden Bedienungsabläufen vertraut zu machen (Installation, Einlegen von Materialien, Kalibrierung und Starten eines Druckauftrags)
- Fördern Sie verantwortungsbewusstes Verhalten in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und ökologische Nachhaltigkeit
- Fördern Sie die Fähigkeit der Auszubildenden, Kosten, Kapitalrendite und Umweltauswirkungen bei der Nutzung von Technologie zu bewerten

#### *Einführung und Motivation*

- Stellen Sie die Geräte als das operative Herzstück des 3D-Drucks vor und betonen Sie, wie sich die richtige Wahl auf Qualität, Kosten und Nachhaltigkeit auswirkt.
- Motivieren Sie die Teilnehmer:innen, indem Sie betonen, wie wichtig es ist, vor dem Kauf eines Druckers ihre Designanforderungen (z.B. Größe, Materialien, Präzision) zu kennen.
- Heben Sie hervor, wie die Beherrschung von Betriebsabläufen und Sicherheitsvorkehrungen die die Teilnehmer:innen unabhängiger und professioneller macht.

#### *Erklärung der Schlüsselkonzepte*

- Auswahl des Druckers: Kriterien (Projektziele, Materialkompatibilität, technische Spezifikationen, Kosten, Skalierbarkeit)
- Druckerbetrieb: Einrichtung, Materialladung, Kalibrierung, Druckverwaltung, Nachbearbeitung
- Sicherheit und Umwelt: Verwendung von PSA (Handschuhe, Masken, Schutzbrillen), ausreichende Belüftung, Abfall- und Materialmanagement, Abfallreduzierung, Auswahl umweltverträglicher Materialien
- Vorschriften und Compliance: Kenntnis von Normen und Vorschriften (z.B. CE, ISO, REACH)

#### *Aktive Lernaktivitäten*

- Gelenkte Diskussion: Bitten Sie die Auszubildenden, Druckermodelle für ein reales Projekt zu vergleichen (z.B. Holzprototyp vs. mechanische Komponente).



- **Praktische Übung:** Führen Sie die Teilnehmer:innen durch eine Simulationsübung zur Einrichtung und Kalibrierung und heben Sie dabei wichtige Schritte hervor.
- **Kostenanalyse:** Schlagen Sie einen kleinen Business Case vor, um den ROI und die Betriebskosten eines Druckers zu berechnen.
- **Sicherheitsworkshop:** Analysieren Sie reale Unfallfälle und diskutieren Sie, wie diese verhindert werden können.

#### *Unterstützung und Klarstellung*

- Stellen Sie ausführliche Ressourcen zur Verfügung (Handbücher, Video-Tutorials, im Modul empfohlene Artikel).
- Klären Sie Zweifel hinsichtlich technologischer Unterschiede (FDM, SLA, SLS) anhand praktischer Beispiele.
- Erinnern Sie daran, immer die Handbücher der Hersteller:innen zu konsultieren, da die Verfahren von Modell zu Modell variieren.

#### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Ermutigen Sie die Teilnehmer:innen über die technische Funktionalität hinauszudenken: Wie können verschiedene Geräte neue Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen?
- Regen Sie Ideen für die Verwendung alternativer und nachhaltiger Materialien an.
- Schlagen Sie kreative Herausforderungen vor: z.B. das Entwerfen eines Objekts unter Optimierung des Material- und Energieverbrauchs.

#### *Checkliste für Tutor:innen*

- Habe ich das Thema vorgestellt und dabei die Bedeutung der Geräteauswahl hervorgehoben?
- Habe ich die wichtigsten Auswahlkriterien (Materialien, Präzision, Kosten, ROI) erläutert?
- Habe ich die Teilnehmer:innen durch eine Simulationsübung zur Einrichtung und Kalibrierung geführt?
- Habe ich Sicherheitsvorkehrungen und Umweltauswirkungen hervorgehoben?
- Habe ich Problemlösungsfähigkeiten und Kreativität gefördert?
- Habe ich überprüft, ob die Auszubildenden zwischen den wichtigsten Druckertypen und Materialien unterscheiden können?



*Abschlussquiz – 3D-Druckgeräte*

**Was ist der erste grundlegende Schritt bei der Auswahl eines 3D-Druckers?**

- A) Farbe des Filaments
- B) Definition der Projektziele (**richtig**)
- C) Niedrigster verfügbarer Preis
- D) Bekannteste Marke

**Welcher Parameter bestimmt die maximale Größe des druckbaren Objekts?**

- A) Druckgeschwindigkeit
- B) Aufbauvolumen (**richtig**)
- C) Auflösungsgenauigkeit
- D) Energieverbrauch

**Welches Material gilt als biologisch abbaubar und nachhaltig?**

- A) ABS
- B) PLA (**richtig**)
- C) Nylon
- D) Standardharz

**Warum ist es wichtig, das Druckbett zu nivellieren?**

- A) Um die Druckzeit zu verkürzen
- B) Um eine gute Haftung der ersten Schicht zu gewährleisten (**richtig**)
- C) Um den Drucker leiser zu machen
- D) Um die Farbe der Filamente zu verbessern

**Welche PSA wird für den Umgang mit flüssigen Harzen empfohlen?**

- A) Latexhandschuhe und Schutzbrille
- B) Nitrilhandschuhe und Schutzbrille (**richtig**)
- C) Nur Maske
- D) Keine, wenn die Umgebung gut belüftet ist



Co-funded by  
the European Union



**Was ist die Hauptfunktion des G-Codes?**

- A) Die Dichte des Materials zu definieren
- B) Dem Drucker Betriebsanweisungen zu geben (**richtig**)
- C) Die Druckfarbe auszuwählen
- D) Festlegen der Nachbearbeitungszeit

**Was ist das Hauptrisiko bei der Lagerung von Filamenten in einer feuchten Umgebung?**

- A) Farbverlust
- B) Bruch der Spule
- C) Aufnahme von Feuchtigkeit, die die Druckqualität beeinträchtigt (**richtig**)
- D) Erhöhung der Extrusionsgeschwindigkeit

**Was bedeutet ROI bei der Auswahl eines Druckers?**

- A) Kapitalrendite (**richtig**)
- B) Reduzierung der betrieblichen Auswirkungen
- C) Optimale Innovationsquote
- D) Industrielle Betriebsleistung

**Welche Maßnahme reduziert die Umweltauswirkungen des 3D-Drucks?**

- A) Immer mit 100% Stützen drucken
- B) Den Drucker nur am Ende der Woche ausschalten
- C) Verwendung von recycelten Filamenten und Materialrückgewinnungssystemen (**richtig**)
- D) Teurere Materialien verwenden, um Abfall zu reduzieren

**Welche europäische Einrichtung regelt die Sicherheit und Umweltverträglichkeit chemischer Stoffe?**

- A) UNESCO
- B) REACH (**richtig**)
- C) OSHA
- D) ISO



#### 5.4. Modul 4: Design für 3D-Druck und CAD-Modellierung

##### Kapitelziele

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

1. die Prinzipien des Designs für den 3D-Druck zu verstehen,
2. sich mit den Grundkonzepten der CAD-Modellierung vertraut zu machen,
3. die Kriterien für das Design für additive Fertigung (DfAM) zu erkennen,
4. Fähigkeiten im Umgang mit grundlegender CAD-Software (z.B. Tinkercad, Fusion 360, FreeCAD) zu entwickeln und
5. zu beurteilen, wie sich das Design auf die Qualität, die Kosten und die Nachhaltigkeit eines gedruckten Objekts auswirkt.

##### Einführung und Motivation

- Leiten Sie das Kapitel ein, indem Sie betonen, dass das Design der Ausgangspunkt für den 3D-Druck ist: Ohne ein gutes Modell werden Sie keine guten Ergebnisse erzielen.
- Motivieren Sie die Teilnehmer:innen, indem Sie betonen, dass CAD-Kenntnisse mittlerweile in vielen Bereichen (Ingenieurwesen, Mode, Kunst, Architektur) gefragt sind.
- Anregende Frage: „Haben Sie jemals an ein Objekt gedacht, das Sie gerne individuell anpassen oder verändern würden? Mit CAD und 3D-Druck wird dies möglich.“

##### Erklärung der Schlüsselkonzepte

- Designprinzipien für den 3D-Druck: Mindestdicken, kritische Winkel, Toleranzen, Notwendigkeit von Stützen
- CAD-Dateien und -Formate: STL, OBJ, STEP und ihre Eigenschaften
- Grundlegende CAD-Werkzeuge: Erstellung einfacher Formen, Extrusionen, Boole'sche Operationen
- DfAM (Design for Additive Manufacturing): Entwerfen unter Berücksichtigung der einzigartigen Eigenschaften des 3D-Drucks (Gewichtsreduzierung, komplexe Geometrien, Reduzierung der Anzahl der montierten Teile)
- Vom CAD zum Druck: Übergang durch Slicing und G-Code



Tipp: Präsentieren Sie eine Vergleichstabelle der am häufigsten verwendeten CAD-Software mit Vor- und Nachteilen.

#### *Aktive Lernaktivitäten*

- Praktische Übung: Anleitung der Auszubildenden bei der Erstellung eines einfachen Modells (z.B. Schlüsselring, Schraubenmutter, kleiner Behälter) mit kostenloser Online-CAD-Software.
- Gruppenaufgabe: Entwerfen Sie ein Objekt durch Optimierung der Stützen (z.B. Reduzierung des Materialverbrauchs ohne Beeinträchtigung der Funktionalität).
- Gruppenbesprechung: Bitten Sie die Teilnehmer:innen, ihre Modelle hochzuladen und deren Stärken/Schwächen zu diskutieren.
- Fallstudie: Analysieren Sie ein reales Objekt, das mit herkömmlichen Methoden nicht hergestellt werden könnte.

#### *Unterstützung und Klarstellung*

- Einige Teilnehmer:innen könnten Schwierigkeiten mit der CAD-Software haben: Die Tutor:innen sollten die Fachsprache vereinfachen und Schritt-für-Schritt-Beispiele zeigen.
- Betonen Sie die Unterschiede zwischen Software für Anfänger:innen (Tinkercad) und professioneller Software (Fusion 360, SolidWorks).
- Denken Sie daran, dass CAD eine Fähigkeit ist, die nach und nach erworben wird: Ermutigen Sie die Auszubildenden auch dann, wenn sie Fehler machen.

#### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Laden Sie die Teilnehmer:innen dazu ein, mit einem Gegenstand aus ihrem Alltag zu beginnen und darüber nachzudenken, wie sie ihn mithilfe von 3D-Druck verbessern können.
- Schlagen Sie vor, mit generativen Designs und organischen Formen zu experimentieren.
- Ermutigen Sie die Teilnehmer:innen, personalisierte Objekte (z.B. Gadgets, Accessoires, kleine Werkzeuge) zu entwerfen.

#### *Checkliste für Tutor:innen*

- Habe ich das Thema durch die Verknüpfung von Design und 3D-Druck vorgestellt?
- Habe ich die wichtigsten Konzepte der CAD-Modellierung und der Dateiformate erklärt?
- Habe ich praktische Übungen mit grundlegender CAD-Software durchgeführt?



Co-funded by  
the European Union



- Habe ich die Prinzipien von DfAM verdeutlicht?
- Habe ich zur gemeinsamen Überprüfung der Modelle angeregt?
- Habe ich kreative und personalisierte Aktivitäten vorgeschlagen?

*Abschlussquiz – Design für 3D-Druck und CAD-Modellierung*

**Was ist das gängigste Dateiformat für den 3D-Druck?**

- A) .PDF
- B) .STL (**richtig**)
- C) .DOCX
- D) .JPEG

**Wofür steht DfAM?**

- A) Design für additive Fertigung (**richtig**)
- B) Digitale Fertigung und Modellierung
- C) Entwurf für fortgeschrittene Modellierung
- D) Design für automatisierte Maschinen

**Was ist der Hauptvorteil der CAD-Modellierung für den 3D-Druck?**

- A) Sie ermöglicht das Drucken ohne Slicing
- B) Sie können damit bearbeitbare und genaue digitale Modelle erstellen (**richtig**)
- C) Die Druckzeit wird automatisch reduziert
- D) Sie macht Stützen überflüssig

**Welches Prinzip ist im 3D-Design grundlegend, um zerbrechliche Objekte zu vermeiden?**

- A) Verwenden Sie geeignete Mindestdicken (**richtig**)
- B) Vermeiden Sie immer gekrümmte Formen
- C) In Farbe drucken
- D) Nur metallische Materialien verwenden

**Welche Software gilt als für Anfänger:innen geeignet?**

- A) SolidWorks
- B) Tinkercad (**richtig**)



Co-funded by  
the European Union



C) Fusion 360

D) Catia

**Welche Funktion hat die STL-Datei?**

A) Speichern von 2D-Bildern

B) Beschreiben der 3D-Geometrie des Objekts (**richtig**)

C) Überprüfen Sie die Druckparameter

D) Datensicherheit verwalten

**Warum ist es wichtig, Überhangwinkel im 3D-Design zu berücksichtigen?**

A) Um die Farbe des Modells zu verbessern

B) Um den Bedarf an Stützen zu reduzieren (**richtig**)

C) Um das Laden von Dateien zu beschleunigen

D) Um die Belüftung des Druckers zu verbessern

**Was ist der Zwischenschritt zwischen CAD-Dateien und dem eigentlichen Druck?**

A) Konvertierung in G-Code durch Slicing (**richtig**)

B) Erstellung einer PDF-Datei

C) Direktes Drucken aus CAD

D) Speichern im DOCX-Format

**Welches Kriterium kann Kosten und Zeit beim 3D-Druck reduzieren?**

A) Erhöhung der geometrischen Komplexität

B) Verringerung der Füllungsichte (**richtig**)

C) Immer im Maßstab 1:1 drucken

D) Verwendung teurer Materialien

**Was ist ein Beispiel für eine generative Designanwendung?**

A) Erstellen identischer Modelle in Serie

B) Optimierte, organische Formen erzielen, die Gewicht und Materialverbrauch reduzieren (**richtig**)

C) Drucken von Dateien ohne Stützen

D) Immer in Metall produzieren



### *5.5.Modul 5: Erhalt des physischen Modells durch 3D-Druck-Dienstleister:innen*

#### *Kapitelziele*

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

- die Kriterien für die Auswahl von 3D-Druck-Dienstleister:innen zu verstehen, um
- die korrekte Vorbereitung der CAD-Dateien gemäß den technischen Anforderungen der Anbieter:innen sicherzustellen,
- die Phasen der Bewertung, Überprüfung und Verbesserung gedruckter Modelle zu verstehen,
- die Qualität und Funktionalität des gedruckten Modells zu bewerten und kritische Probleme zu erkennen und
- die Möglichkeiten zur Präsentation und Vermarktung gedruckter Modelle als innovative Werkzeuge zu erkunden.

#### *Einführung und Motivation*

- Erklären Sie den Teilnehmer:innen, dass es nicht immer notwendig ist, einen eigenen Drucker zu besitzen: Die Nutzung externer Dienstleister:innen kann effizienter und professioneller sein.
- Betonen Sie, dass die Zusammenarbeit mit Anbieter:innen eine gute Kommunikation, klare Spezifikationen und Bewertungsfähigkeiten erfordert.
- Motivieren Sie die Auszubildenden, indem Sie das Thema mit der Möglichkeit verbinden, eine digitale Idee in ein reales Objekt zu verwandeln, wodurch sich sowohl berufliche als auch kreative Szenarien eröffnen.

#### *Erklärung der Schlüsselkonzepte*

- Auswahl der Dienstleister:innen: verfügbare Technologien (FDM, SLA, SLS, DLP), angebotene Materialien, Qualität, Zeiten, Kosten, Unterstützung, Ruf
- Modellvorbereitung: richtige Formate (STL, OBJ, AMF), Dateivalidierung, Komplexitätsreduzierung, Ausrichtung, Vorschau, Testen
- Überprüfung und Verbesserung: Qualitätsanalyse (dimensionale, ästhetische, funktionale Aspekte), Designiterationen, Optimierung von Parametern und Materialien
- Marketing und Werbung: Verwendung gedruckter Modelle als Werbemittel, Beispiele aus der Praxis (Coca-Cola, Volkswagen)
- Herausforderungen und Einschränkungen: Kosten, Skalierbarkeit, Abhängigkeit vom Anbieter:innen, Lieferzeiten

#### *Aktive Lernaktivitäten*

- Praktische Übung: Simulieren Sie die Auswahl von Dienstleister:innen, indem Sie drei verschiedene hinsichtlich Kosten, Zeit und Qualität vergleichen



- CAD-Labor: Erstellen Sie eine Datei, die für den externen Druck bereit ist, und validieren Sie sie gemäß den Richtlinien
- Fallstudien aus der Praxis: Untersuchung von Marketingkampagnen, bei denen 3D-Modelle zum Einsatz kamen (z.B. Dior, Adidas, Volkswagen)
- Bewertungstest: Analysieren Sie ein gedrucktes Modell (Foto oder Prototyp) und diskutieren Sie dessen Stärken/Schwächen

### *Unterstützung und Klarstellung*

- Geben Sie den Teilnehmer:innen Anleitung zur Kommunikation mit Anbieter:innen und betonen Sie dabei, wie wichtig es ist, Materialien, Abmessungen und Zeitpläne genau anzugeben.
- Geben Sie Beispiele für detaillierte Angebote und helfen Sie bei deren Interpretation.
- Erläutern Sie, wie man zwischen akzeptablen Mängeln und schwerwiegenden Druckproblemen unterscheidet.

### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Laden Sie die Teilnehmer:innen dazu ein, über den Mehrwert gedruckter Modelle in verschiedenen Kontexten nachzudenken: Produktdesign, Rapid Prototyping, Merchandising
- Ermutigen Sie zur Entwicklung eines Werbekonzepts, das maßgeschneiderte 3D-Modelle nutzt
- Regen Sie zum Nachdenken über die Verbindung zwischen traditioneller Handwerkskunst und digitalen Technologien an

### *Checkliste für Tutor:innen*

- Ich habe das Thema vorgestellt und dabei die Bedeutung von 3D-Druck-Dienstleister:innen hervorgehoben.
- Ich habe die Kriterien für die Auswahl der Anbieter:innen erläutert.
- Ich habe die Auszubildenden bei der korrekten Vorbereitung von CAD-Dateien angeleitet.
- Ich habe die Phasen der Bewertung, Überprüfung und Verbesserung von Modellen veranschaulicht.
- Ich habe praktische Analyse- und Vergleichsaktivitäten vorgeschlagen.
- Ich habe zum Nachdenken über die kreative und werbewirksame Verwendung gedruckter Modelle angeregt.



*Abschlussquiz – Erhalt des physischen Modells durch 3D-Druck-Dienstleister:innen*

**Was ist der erste Schritt bei der Zusammenarbeit mit 3D-Druck-Dienstleister:innen?**

- A) Das gedruckte Modell testen
- B) Den:die richtige:n 3D-Druck-Dienstleister:in auswählen (**richtig**)
- C) Das Produkt vermarkten
- D) Das Design iterieren

**Welches Dateiformat wird von Anbieter:innen allgemein akzeptiert?**

- A) .PDF
- B) .DOCX
- C) .STL (**richtig**)
- D) .TXT

**Warum ist es wichtig, Muster vom Dienstleister:innen anzufordern?**

- A) Um die Druckgeschwindigkeit zu überprüfen
- B) Um die Qualität der Ausdrücke zu bewerten (**richtig**)
- C) Um die Softwarekompatibilität zu überprüfen
- D) Um die Versandkosten zu senken

**Was ist eines der wichtigsten Kriterien bei der Auswahl von Dienstleister:innen?**

- A) Anzahl der Mitarbeiter:innen
- B) Präsenz in sozialen Medien
- C) Art der verfügbaren Materialien (**richtig**)
- D) Farbe des Firmenlogos

**Was bedeutet es, eine CAD-Datei zu „validieren“?**

- A) In PDF konvertieren
- B) Sie auf Fehler überprüfen, die den Druck beeinträchtigen könnten (**richtig**)
- C) Texturen und Farben hinzufügen
- D) Wasserzeichen einfügen



**Welcher Test überprüft die Festigkeit eines gedruckten Modells?**

- A) Ästhetischer Test
- B) Zug- oder Drucktest (**richtig**)
- C) Ausrichtungstest
- D) Vorschau-Test

**Welchen Vorteil bietet die Verwendung von 3D-Modellen im Marketing?**

- A) Sofortige Massenproduktion
- B) Individualisierung und stärkere Kundenbindung (**richtig**)
- C) Automatische Senkung der Werbekosten
- D) Wegfall der Notwendigkeit von Prototypen

**Warum ist es sinnvoll, den Druckprozess zu wiederholen?**

- A) Um die Anzahl der gespeicherten Dateien zu erhöhen
- B) Um die Qualität und Funktionalität des Modells zu verbessern (**richtig**)
- C) Um die Komplexität der CAD-Software zu reduzieren
- D) Um in mehreren Farben zu drucken

**Was ist das Risiko, wenn man sich für zu günstige Dienstleister:innen entscheidet?**

- A) Zu schnelle Lieferung
- B) Kompromisse bei der Modellqualität (**richtig**)
- C) Aufschläge für den Transport
- D) Ausschließlich metallische Materialien

**Was ist die letzte Phase des Prozesses bei 3D-Druckanbieter:innen?**

- A) Überprüfung der CAD-Dateien
- B) Modelliteration
- C) Festigkeitsprüfung
- D) Präsentation und Vermarktung der Modelle (**richtig**)



## 5.6. Modul 6: Drucken eines 3D-Objekts

### Kapitelziele

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

- den gesamten Arbeitsablauf beim Drucken eines 3D-Objekts zu verstehen, von der Datei bis zum physischen Modell,
- sich mit den wichtigsten Parametern des Slicings und der Druckerkonfiguration vertraut zu machen,
- zu wissen, wie man die häufigsten Probleme beim Drucken verhindert und löst,
- die Qualität des Ergebnisses zu bewerten und eventuelle Mängel zu interpretieren und
- Selbstständigkeit bei der Umsetzung von Ideen in physische Prototypen zu entwickeln.

### Einführung und Motivation

- Erklären Sie, dass dieses Kapitel den praktischen und zentralen Moment des gesamten Kurses darstellt: die Umwandlung des digitalen Entwurfs in ein reales Objekt.
- Motivieren Sie die Teilnehmer:innen, indem Sie sie daran erinnern, dass sie mit dem 3D-Druck ihre Ideen mit eigenen Händen anfassen und so konkretisieren können.
- Verbinden Sie den Prozess mit dem Konzept des Rapid Prototyping und der Möglichkeit, Entwürfe zu testen und zu verbessern.

### Erklärung der Schlüsselkonzepte

- Von CAD zu G-Code: die Rolle von Slicing-Software (Cura, PrusaSlicer, Simplify3D)
- Wichtigste Druckparameter: Düsen- und Betttemperatur, Druckgeschwindigkeit, Schichthöhe, Füllung, Stützen, Bettadhäsion
- Starten des Drucks: Filament einlegen, Bett nivellieren, aufheizen, erste Testlinien
- Häufige Probleme: Verziehen, Unterextrusion, Schichtverschiebung, schlechte Haftung, Verstopfung
- Qualitätskontrolle: Überprüfung von Abmessungen, Oberflächen, Festigkeit, Finish
- Nachbearbeitung: Entfernen der Stützen, Schleifen, Lackieren, Spezialbehandlungen

### Aktive Lernaktivitäten

- Slicing-Simulation: Leiten Sie die Teilnehmer:innen an, Parameter zu ändern (z.B. Füllung 20% vs. 80%) und Unterschiede zu beobachten.
- Praktische Übung: Drucken Sie ein kleines Testobjekt (z.B. Kalibrierungswürfel) und besprechen Sie die Ergebnisse.
- Problemlösung: Analysieren Sie Fehler in realen Drucken und bitten Sie die Auszubildenden, mögliche Ursachen und Lösungen zu identifizieren.



- Nachbearbeitungs-Workshop: Zeigen Sie, wie ein gedrucktes Modell fertiggestellt wird.

#### *Unterstützung und Erläuterungen*

- Stellen Sie Kurzanleitungen zu den Slicing-Parametern mit numerischen Beispielen für gängige Einstellungen (PLA, ABS, PETG) bereit
- Bieten Sie Video-Ressourcen zur Fehlerbehebung für die häufigsten Probleme an
- Erläutern Sie die Unterschiede zwischen den Materialien (PLA ist einfacher, ABS ist komplexer, aber widerstandsfähiger)
- Erinnern Sie die Auszubildenden an die Bedeutung der grundlegenden Wartung (Reinigung der Düse, Austausch des Filaments, Pflege des Druckbetts)

#### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Bitten Sie die Teilnehmer:innen, einen Gegenstand zu entwerfen und zu drucken, der im Alltag nützlich ist.
- Ermutigen Sie sie, mit verschiedenen Parametern zu experimentieren, um zu sehen, wie sich das Ergebnis verändert.
- Schlagen Sie vor, kleine Sammlungen personalisierter Objekte (Gadgets, Accessoires, Werkzeuge) zu erstellen.
- Fördern Sie kritisches Denken: Wie kann ein gedrucktes Objekt in Bezug auf Ästhetik und Funktionalität verbessert werden?

#### *Checkliste für Tutor:innen*

- Ich habe die Bedeutung des Druckens als zentrale Phase des Prozesses vorgestellt.
- Ich habe die Schlüsselkonzepte CAD → Slicing → Drucken → Nachbearbeitung erklärt.
- Ich habe praktische Übungen zum Slicing und Drucken angeleitet.
- Ich habe häufige Probleme und deren Lösungen besprochen.
- Ich habe kreative Design- und Druckaktivitäten vorgeschlagen.
- Ich habe überprüft, ob die Auszubildenden wissen, wie man die Qualität des gedruckten Modells bewertet.

#### *Abschlussquiz – Drucken eines 3D-Objekts*

##### **Welche Software konvertiert CAD-Dateien in G-Code?**

- A) Photoshop
- B) Cura (**richtig**)
- C) Excel
- D) AutoCAD



Co-funded by  
the European Union



**Welcher Parameter beeinflusst die innere Festigkeit des Objekts?**

- A) Farbe des Filaments
- B) Füllung (Füllprozentatz) (**richtig**)
- C) Schichthöhe
- D) Druckgeschwindigkeit

**Warum ist es wichtig, das Druckbett zu nivellieren?**

- A) Um die Druckzeit zu verkürzen
- B) Um eine gute Haftung der ersten Schicht zu gewährleisten (**richtig**)
- C) Um die Lüftergeschwindigkeit zu verbessern
- D) Um den Filamentverbrauch zu reduzieren

**Wie wird der Defekt „Warping“ bezeichnet?**

- A) Die Düse verstopft
- B) Die Schichten lösen sich an den Rändern und heben sich vom Bett ab (**richtig**)
- C) Der Druck ist zu einer Seite geneigt
- D) Das Filament verändert seine Farbe

**Welches Material gilt als am einfachsten zu drucken?**

- A) ABS
- B) Nylon
- C) PLA (**richtig**)
- D) PETG

**Welcher Parameter steuert die visuelle Qualität der Details?**

- A) Schichthöhe (**richtig**)
- B) Füllung
- C) Lüftergeschwindigkeit
- D) Spulendurchmesser



Co-funded by  
the European Union



**Was bedeutet der Begriff „Unterextrusion“?**

- A) Überlastung des Druckermotors
- B) Unzureichende Menge an extrudiertem Material (**richtig**)
- C) Druckbett zu heiß
- D) Fehlende Stützen

**Was sollte am Ende eines Drucks mit Stützen getan werden?**

- A) Als Dekoration stehen lassen
- B) Sie während der Nachbearbeitung vorsichtig entfernen (**richtig**)
- C) Sie ohne Aufsicht in Wasser auflösen
- D) Sie für einen weiteren Druck wiederverwenden

**Welcher Parameter hat den größten Einfluss auf die Druckzeiten?**

- A) Druckgeschwindigkeit (**richtig**)
- B) Düsentemperatur
- C) Materialfarbe
- D) Art des Slicers

**Welche Tätigkeit gehört zur Nachbearbeitung?**

- A) Schneiden
- B) Entfernen und Glätten der Stützstrukturen (**richtig**)
- C) Bettnivellierung
- D) Filament einlegen



### *5.7.Modul 7: 3D-Druck und das Handwerk der Holzbearbeitung*

#### *Kapitelziele*

Die Tutor:innen sollen die Teilnehmer:innen dabei unterstützen,

- zu verstehen, wie der 3D-Druck den Holzhandwerkssektor innovativ verändern kann,
- Fälle und Beispiele für die Integration traditioneller und additiver Techniken zu analysieren,
- sich über Holzwerkstoffe für den 3D-Druck und deren Eigenschaften zu informieren,
- die Chancen und Herausforderungen bei der Anwendung des 3D-Drucks im Handwerk zu erkennen und
- zum Nachdenken über die Vermischung von altem Wissen und neuen Technologien anzuregen.

#### *Einführung und Motivation*

- Präsentieren Sie den 3D-Druck als ergänzendes Werkzeug zur Holzbearbeitung, nicht als Ersatz.
- Motivieren Sie die Teilnehmer:innen, indem Sie ihnen zeigen, wie Technologie dazu beitragen kann, traditionelles Know-how zu bewahren und es gleichzeitig mit neuen Möglichkeiten zu bereichern.
- Anregende Frage: „Wie würden Sie sich eine Handwerkswerkstatt vorstellen, in der sowohl Meißel als auch 3D-Drucker zum Einsatz kommen?“

#### *Erklärung der Schlüsselkonzepte*

- Holzbasierte Materialien für den 3D-Druck: Mit Holzfasern angereicherte PLA-Filamente, ästhetische und mechanische Eigenschaften
- Konkrete Anwendungsbeispiele: Möbelprototypen, dekorative Komponenten, maßgeschneiderte Designobjekte, Restaurierung und Reproduktion fehlender Teile
- Synergie zwischen Tradition und Innovation: Einsatz von 3D-Druck zur Erstellung von Modellen, Vorlagen und Werkzeugen zur Unterstützung von Handwerker:innen
- Chancen: umfangreiche Individualisierung, schnelle Prototypenerstellung, Kostensenkung
- Kritische Punkte: im Vergleich zu Massivholz begrenzte Festigkeit, Notwendigkeit von Nachbehandlungen, Kosten für spezielle Materialien

#### *Aktive Lernaktivitäten*

- Fallstudie: Analyse von Beispielen für Unternehmen, die 3D-Druck und Handwerkskunst integrieren (z.B. Lampendesign, maßgeschneiderte Möbel).
- Praktische Übung: Entwerfen Sie ein kleines Dekorationsobjekt in CAD (z.B. Intarsie, Griff) und stellen Sie eine Hypothese zur Herstellung mit Holzfilamenten auf.



- Geführte Diskussion: Vor- und Nachteile des Einsatzes von 3D-Druck in der Werkstatt.
- Vergleichende Werkstatt: Zeigen Sie ein traditionelles Holzobjekt und ein mit holzähnlichem Material in 3D gedrucktes Objekt und diskutieren Sie Unterschiede und Potenziale.

### *Unterstützung und Klarstellung*

- Stellen Sie den Teilnehmer:innen visuelle Beispiele für Filamente und Objekte vor, die aus Holz-PLA gedruckt wurden.
- Machen Sie deutlich, dass Holz-PLA-Verbundwerkstoffe kein Ersatz für Massivholz sind, sondern für Prototypen, Design und kreative Produktion wertvoll sind.
- Unterstützen Sie die Auszubildenden bei der Verwendung von Fachbegriffen (z.B. Dichte, Oberflächenbehandlung, Nachbearbeitung durch Schleifen und Lackieren).

### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Laden Sie die Teilnehmer:innen dazu ein, sich neue handgefertigte Produkte vorzustellen, die Holz und 3D-Druck kombinieren (z.B. ein Möbelstück mit gedruckten Einsätzen).
- Schlagen Sie die Entwicklung individueller Designlinien vor, die die Texturen und Maserungen nutzen, die mit Filamenten auf Holzbasis simuliert werden können.
- Regen Sie zum Nachdenken über das Thema Nachhaltigkeit an, indem die Verwertung von Holzabfällen, die zu Filamenten verarbeitet werden, berücksichtigt wird.

### *Checkliste für Tutor:innen*

- Habe ich das Thema durch die Verknüpfung von Handwerkskunst und Innovation vorgestellt?
- Habe ich holzbasierte Materialien und ihre Anwendungen in der Praxis erklärt?
- Habe ich praktische Übungen und vergleichende Diskussionen angeleitet?
- Habe ich die Grenzen und Möglichkeiten des 3D-Drucks in der Holzindustrie verdeutlicht?
- Habe ich Kreativität und Reflexion über Nachhaltigkeit angeregt?

### *Abschlussquiz – 3D-Druck und das Handwerk der Holzbearbeitung*

**Welches Material wird üblicherweise verwendet, um Holz im 3D-Druck zu simulieren?**

- A) ABS
- B) PLA mit Holzfasern (**richtig**)
- C) Nylon
- D) PETG



**Was ist eine typische Anwendung des 3D-Drucks in der Holzindustrie?**

- A) Herstellung von Massivplatten
- B) Herstellung von Dekorelementen und Prototypen (**richtig**)
- C) Automatisches Sägen von Holz
- D) Künstliche Trocknung

**Welchen Vorteil bietet der 3D-Druck für Holzarbeiter:innen?**

- A) Er reduziert den Einsatz traditioneller Handwerkzeuge
- B) Er ermöglicht eine schnelle Prototypenerstellung und individuelle Anpassung (**richtig**)
- C) Er macht Oberflächenbehandlungen überflüssig
- D) Er garantiert stets eine höhere Festigkeit als Massivholz

**Was ist ein kritischer Punkt bei Filamenten auf Holzbasis?**

- A) Sie sind immer günstiger als Standard-PLA
- B) Sie erfordern keine Kalibrierung
- C) Sie haben im Vergleich zu Massivholz eine begrenzte Festigkeit (**richtig**)
- D) Sie sind nicht mit FDM-Druckern kompatibel

**In welchem Zusammenhang kann der 3D-Druck die Holzrestaurierung unterstützen?**

- A) Bei der industriellen Massenproduktion
- B) Bei der Reproduktion fehlender Teile von Möbeln oder Dekorationen (**richtig**)
- C) Beim Austausch von Dielen
- D) Beim Sägen von Baumstämmen

**Welche Behandlung kann die Ästhetik eines aus holzbasiertem PLA gedruckten Objekts verbessern?**

- A) Schleifen und Lackieren (**richtig**)
- B) Schnelles Erhitzen
- C) Eintauchen in Wasser
- D) Polieren mit aggressiven Lösungsmitteln



Co-funded by  
the European Union



**Was versteht man unter Tradition-Innovation-Synergie im Holzsektor?**

- A) Vollständiger Ersatz manueller Techniken
- B) Einsatz von 3D-gedruckten Modellen und Werkzeugen als Ergänzung zur Handwerkskunst **(richtig)**
- C) Wegfall der Entwurfsphase
- D) Ausschließlich digitale Produktion

**Welche ästhetische Eigenschaft kann ein Filament mit Holzfasern bieten?**

- A) Transparenz
- B) Holzähnliche Textur und Maserung **(richtig)**
- C) Metalleffekt
- D) Glasartiger Glanz

**Welche Möglichkeiten bietet der 3D-Druck einer Werkstatt?**

- A) Reduzierung der manuellen Arbeit der Handwerker:innen
- B) Erweiterung des Angebots an maßgeschneiderten und innovativen Produkten **(richtig)**
- C) Standardisierung von Produkten in großem Maßstab
- D) Vollständiger Ersatz traditioneller Techniken

**Welcher Aspekt der Nachhaltigkeit kann sich aus der Verwendung von Filamenten auf Holzbasis ergeben?**

- A) Keiner, sie sind immer synthetisch
- B) Rückgewinnung und Wiederverwendung von Holzabfällen, die zu Druckmaterial verarbeitet werden **(richtig)**
- C) Verkürzung der Lebensdauer von Gegenständen
- D) Erhöhte Produktion von Kunststoffabfällen



## 5.8. Modul 8: Entwerfen eines Holzobjekts mit Hilfe des 3D-Drucks

### Kapitelziele

- Das Potenzial der Integration traditioneller Holzverarbeitung mit 3D-Druck verstehen,
- Unterstützung der Auszubildenden beim digitalen Entwurf eines Holzobjekts mit 3D-gedruckten Komponenten,
- die Auszubildenden in der Verwendung von CAD-Software und Slicern anleiten, um das Design in ein druckbares Modell umzuwandeln,
- Förderung des Erlernens von Nachbearbeitungstechniken und der Integration von Holzteilen und gedruckten Komponenten und
- die Kreativität und Innovationskraft der Teilnehmer:innen bei der Kombination von Ästhetik, Funktionalität und Tradition anregen.

### Einführung und Motivation

- Stellen Sie das Kapitel als Schnittstelle zwischen Theorie und kreativer Praxis vor: Die Teilnehmer:innen haben die Möglichkeit, ein originelles Objekt zu entwerfen.
- Betonen Sie, dass der 3D-Druck die Tischlerei nicht ersetzt, sondern bereichert, indem er eine schnelle Prototypenerstellung, Individualisierung und neue Ästhetik ermöglicht.
- Ermutigen Sie die Teilnehmer:innen dieses Kapitel als „Kreativitäts-Fitnessstudio“ zu betrachten, in dem sie ohne Angst vor Fehlern experimentieren können.

### Erklärung der Schlüsselkonzepte

- Integration von Holz und 3D-Druck: Veranschaulichen Sie konkrete Beispiele für Objekte, die gedruckte Elemente mit traditionellen Komponenten kombinieren
- Designfaktoren: Abmessungen, Druckbeschränkungen, Verbindungen zwischen Holz und gedruckten Teilen, Materialauswahl (PLA-Holzfüllung)
- Verwendung von CAD und Slicing: Zeigen Sie, wie ein digitales Modell durch G-Code physisch wird
- Nachbearbeitung: Bedeutung von Schleifen, Lackieren, Färben und Montage
- Nachhaltigkeit: Verwendung von recycelten oder holzbasierten Filamenten und ein umweltfreundlicher Ansatz beim Design

### Aktive Lernaktivitäten

- Bieten Sie einen praktischen Workshop an: Alle Teilnehmer:innen wählen einen kleinen Holzgegenstand (z.B. Schlüsselanhänger, Ständer, Werkzeug) aus, die sie mit 3D-gedruckten Details verzieren möchten.
- Lassen Sie die Auszubildenden den Übergang von Skizzen auf Papier → CAD-Modell → STL-Datei → Slicing üben.



- Organisieren Sie gemeinsame Sitzungen, in denen die Auszubildenden die Verbindungen zwischen Holz und Kunststoff diskutieren und kreative Lösungen vergleichen.
- Bieten Sie Möglichkeiten zur gegenseitigen Bewertung: Die Teilnehmer:innen präsentieren ihre Konzepte und erhalten Feedback von ihren Klassenkameraden.

#### *Unterstützung und Klarstellung*

- Seien Sie darauf vorbereitet, die Unterschiede zwischen verschiedenen CAD-Programmen (Tinkercad, Fusion 360, Meshmixer) zu erklären
- Helfen Sie bei der Lösung häufiger Druckprobleme: Überhänge, Brückenbildung, Haftung der ersten Schicht, ungenaue Lochmaße
- Bieten Sie praktische Beispiele für Designanpassungen, um die technischen Einschränkungen von FDM-Druckern zu überwinden
- Stellen Sie Links zu kostenlosen CAD-Bibliotheken und Open-Source-Slicern (z.B. Cura, Slic3r) zur Verfügung

#### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Ermutigen Sie die Teilnehmer:innen zu „hybridem Denken“: Was kann Holz besser und was kann der 3D-Druck besser?
- Schlagen Sie vor, verschiedene Oberflächenbehandlungen auszuprobieren (Lackieren, Färben, Einbetten von Elementen).
- Fördern Sie die Nutzung lokaler Makerspaces und FabLabs als Orte der Inspiration und Zusammenarbeit.
- Ermutigen Sie zur Personalisierung: ein Objekt, das für eine:n Freund:in, ein Familienmitglied oder zur Lösung eines praktischen Problems entworfen wurde.

#### *Checkliste für Tutor:innen*

- Präsentieren Sie die Bedeutung der Synergie zwischen Holz und 3D-Druck
- Vergewissern Sie sich, dass alle Teilnehmer:innen wissen, wie man ein grundlegendes CAD-Modell erstellt
- Stellen Sie sicher, dass die Teilnehmer:innen die Designregeln für die Druckbarkeit verstanden haben
- Fördern Sie Diskussionen und Austausch über Projekte
- Überwachen Sie die Verwendung der Slicing-Software und die Vorbereitung der G-Code-Dateien
- Bewerten Sie die Originalität und Durchführbarkeit der entwickelten Projekte



*Abschlussquiz – Entwerfen eines Holzobjekts mit Hilfe des 3D-Drucks*

**Was ist der Hauptvorteil der Integration von Holzbearbeitung und 3D-Druck?**

- A) Geringere Kosten für die Tischlerei
- B) Höhere Präzision und kreative Möglichkeiten (**richtig**)
- C) Wegfall traditioneller Verfahren
- D) Kürzere Produktlebensdauer

**Welche Software eignet sich für Anfänger im Bereich CAD-Modellierung?**

- A) Fusion 360
- B) Tinkercad (**richtig**)
- C) AutoCAD
- D) SolidWorks

**Was stellt die STL-Datei in einem 3D-Projekt dar?**

- A) Eine Bilddatei
- B) Das für den Druck übersetzte digitale Modell (**richtig**)
- C) Die Malvorlage
- D) Die Montageanleitung

**Warum ist die „erste Schicht“ beim 3D-Druck so wichtig?**

- A) Sie bestimmt die Festigkeit des Teils
- B) Sie gewährleistet die Haftung und Stabilität des Modells (**richtig**)
- C) Sie reduziert die Druckzeit
- D) Sie verbessert die Farbgebung des Teils

**Welche Eigenschaft zeichnet mit Holz gefüllte PLA-Filamente aus?**

- A) Sie bestehen vollständig aus Holz
- B) Sie enthalten Holzpulver oder Fasern, die mit PLA gemischt sind (**richtig**)
- C) Sie sind transparent
- D) Sie sind flexibler als Nylon



Co-funded by  
the European Union



**Was versteht man unter „Bridging“ im 3D-Druck?**

- A) Eine Maltechnik
- B) Ein freitragender Abschnitt ohne Stütze (**richtig**)
- C) Eine Art von Filament
- D) Ein Softwarefehler

**Welche Technik verbessert das Aussehen von gedruckten Holzteilen?**

- A) Schnelles Abkühlen
- B) Schleifen und Lackieren (**richtig**)
- C) Erhöhen der Druckgeschwindigkeit
- D) Vermeidung der Verwendung von CAD

**Was ist der Hauptvorteil einer Zusammenarbeit mit einem FabLab?**

- A) Zugang zu fortschrittlichen Werkzeugen und Unterstützung durch die Community (**richtig**)
- B) Verkürzte Lieferzeiten
- C) Größere Isolation von anderen Herstellern
- D) Wegfall von CAD

**Warum erfordern Projekte mit gemischten Holz- und 3D-Druckteilen eine Planung?**

- A) Um Kosten zu senken
- B) Um die Kompatibilität zwischen den Materialien sicherzustellen (**richtig**)
- C) Um die Verwendung von Filamenten zu vereinfachen
- D) Die Anzahl der Komponenten begrenzen

**Was bedeutet DfAM?**

- A) Design für additive Fertigung (**richtig**)
- B) Design für automatisierte Bearbeitung
- C) Entwurf für fortgeschrittene Modellierung
- D) Digitale Fertigung und Fräsen



## 5.9. Modul 9: Fallstudien zur Holzverarbeitung

### Kapitelziele

- Verstehen, wie der 3D-Druck verschiedene holzverarbeitende Branchen (Möbel, Bauwesen, Restaurierung, Handwerk) verändert,
- Analysieren realer Fallstudien, um Innovationen, Vorteile und Grenzen zu diskutieren,
- Förderung des kritischen Denkens der Auszubildenden beim Vergleich traditioneller Verfahren und 3D-Anwendungen und
- Förderung der Reflexion über die Auswirkungen der Technologie in Bezug auf Nachhaltigkeit, Kosten und Kreativität.

### Einführung und Motivation

- Erklären Sie zunächst, dass Fallstudien praktische Hilfsmittel sind: Es handelt sich nicht nur um Theorie, sondern um reale Beispiele, die zeigen, wie der 3D-Druck bereits jetzt die Fertigungsbranche verändert.
- Betonen Sie, dass die Teilnehmer:innen die Informationen dieses Kapitels mit den in den vorangegangenen Kapiteln erlernten Fähigkeiten verknüpfen müssen.

### Erklärung der Schlüsselkonzepte

- Stellen Sie die wichtigsten Fälle vor und betonen Sie dabei:
  - Nachhaltigkeit (Verwendung von Holzpulver, Produktionsabfälle),
  - Innovation (kostengünstiger Wohnraum und intelligente Ziegelsteine),
  - Restaurierung (Holzskulpturen mit fehlenden Teilen),
  - Design und Möbel (Lampen, komplexe Tischlerarbeiten).
- Leiten Sie die Teilnehmer:innen bei einer vergleichenden Analyse der Vorteile und Grenzen jedes einzelnen Falls an.

### Aktive Lernaktivitäten

- Geführte Diskussion: Teilen Sie die Teilnehmer:innen in Gruppen ein, weisen Sie jeder Gruppe einen Fall zu und bitten Sie sie, eine kurze Präsentation der Vor- und Nachteile vorzubereiten.
- Konzeptkarte: Erstellen Sie gemeinsam eine Karte, die die verschiedenen Fallstudien mit den Themen Nachhaltigkeit, Kreativität und Kosten verknüpft.
- Problemlösung: Bitten Sie die Teilnehmer:innen, sich einen neuen Sektor vorzustellen, in dem 3D-Druck in Holz angewendet werden kann.



### *Unterstützung und Klarstellung*

- Helfen Sie dabei, zwischen dem, was bereits auf dem Markt erhältlich ist (z.B. PassivDom-Häuser), und dem, was sich noch in der Experimentierphase befindet (z.B. Lignin-Zellulose-Tinte), zu unterscheiden.
- Beantworten Sie praktische Fragen zu Kosten, Skalierbarkeit und verwendeten Materialien.

### *Tipps zur Förderung der Kreativität*

- Fordern Sie die Teilnehmer:innen auf, eine Verbindung zwischen Vergangenheit und Zukunft herzustellen: Wie können bestimmte Handwerkstechniken mit Hilfe des 3D-Drucks wiederbelebt werden?
- Ermutigen Sie sie, in Bezug auf Nachhaltigkeit zu denken: Welche alternativen Materialien könnten neben Holz verwendet werden?

### *Checkliste für Tutor:innen*

- Präsentieren Sie Fallstudien auf klare und vergleichende Weise
- Beziehen Sie die Auszubildenden aktiv mit offenen Fragen ein
- Fördern Sie Gruppenarbeit und Brainstorming
- Betonen Sie die Verbindungen zwischen traditioneller Handwerkskunst und digitaler Innovation
- Schließen Sie mit einer Gruppendiskussion über die inspirierendsten Fälle ab

### *Abschlussquiz – Fallstudien zur Holzverarbeitung*

**Welche Universität hat eine Tinte auf Lignin- und Zellulosebasis für den Druck von Holzstrukturen entwickelt?**

- A) Harvard
- B) Rice University (**richtig**)
- C) Boston University
- D) MIT

**Wie viele Stunden dauert es, ein Haus von etwa 40m<sup>2</sup> mit der PassivDom-Technologie zu drucken?**

- A) 4
- B) 36
- C) 16
- D) 8 (**richtig**)



Co-funded by  
the European Union



**In welcher Gemeinde wurde eine Holzskulptur mit Hilfe von 3D-gedruckten Teilen restauriert?**

- A) Villar San Costanzo (**richtig**)
- B) Villar Perosa
- C) Villar San Andrew
- D) Villar San Pietro

**Der 3D-Druck in der Bauindustrie ermöglicht:**

- A) Keine Kostensenkung
- B) Massenanpassung und geringere Umweltbelastung (**richtig**)
- C) Nur Kunststoffkonstruktionen
- D) Nur Prototypen, keine Häuser

**Welches italienische Unternehmen hat als erstes einen Drucker eingesetzt, der Holzpulver verwendet?**

- A) Sviluppo Basilicata
- B) Kite Bricks
- C) Trentino Sviluppo SPA (**richtig**)
- D) Godesk

**Das Projekt „Emerging Object“ zeigt, dass Objekte gedruckt werden können in:**

- A) Nur Metallen
- B) Nur Kunststoffen
- C) Innovative Materialien wie Holz, Salz, Papier (**richtig**)
- D) Keiner der oben genannten

**Was ist der Hauptvorteil von 3D-gedruckten Holzverbindungen?**

- A) Der Verzicht auf Naturholz
- B) Vereinfachung komplexer Geometrien und Kostensenkung (**richtig**)
- C) Verlängerung der Produktionszeiten
- D) Notwendigkeit von Nägeln und Schrauben



Co-funded by  
the European Union



**Welches Start-up bot 3D-gedruckte mobile und autarke Häuser an?**

- A) Apis Cor
- B) PassivDom (**richtig**)
- C) Dus Architects
- D) Kite Bricks

**Warum ist der Einsatz von 3D-Druck bei Restaurierungsarbeiten wichtig?**

- A) Er ersetzt die Handwerker:innen vollständig
- B) Er ermöglicht reversible Ergänzungen und digitale Dokumentation (**richtig**)
- C) Er ist nicht mit künstlerischen Materialien kompatibel
- D) Er ist für Museen und Konservatoren zu teuer

**Welches Konzept beschreibt die Auswirkungen von Fallstudien im Holzsektor am besten?**

- A) Verringerung der handwerklichen Kreativität
- B) Verschmelzung von Tradition und Innovation (**richtig**)
- C) Ausschluss kleiner Handwerker:innen
- D) Nur Prototypen, keine realen Anwendungen



Co-funded by  
the European Union

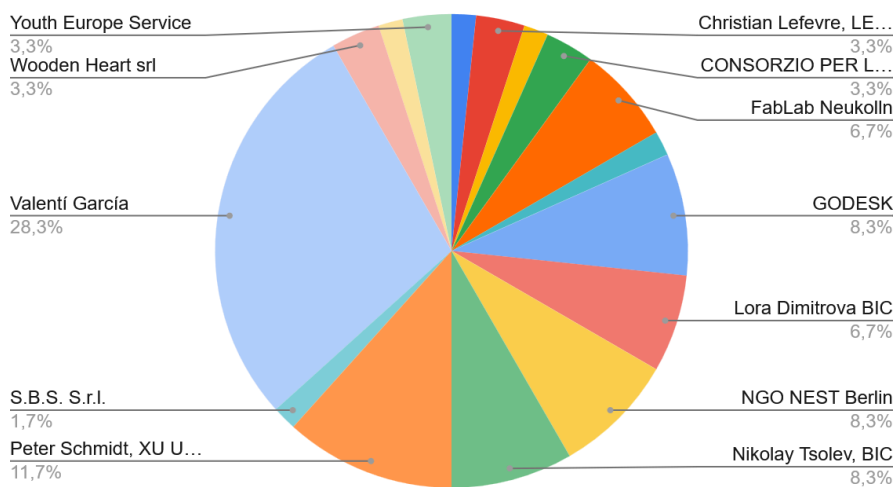


## 6. Umfrage unter den Teilnehmer:innen des Mentor:innenprogramms

Nach der Teilnahme am Mentor:innenprogramm wurden die Teilnehmer:innen gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, um die Qualität des Programms zu bewerten.

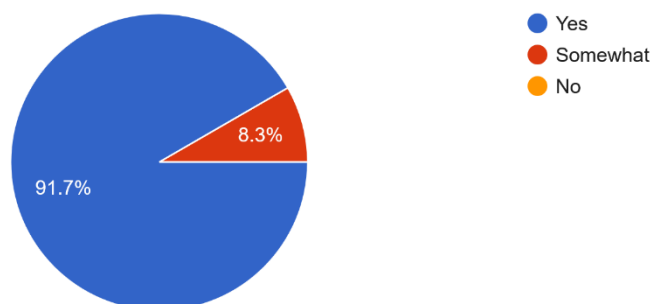
Anzahl der Befragten: 60

### Hosting organization



### 1. Were the learning objectives clearly defined and met?

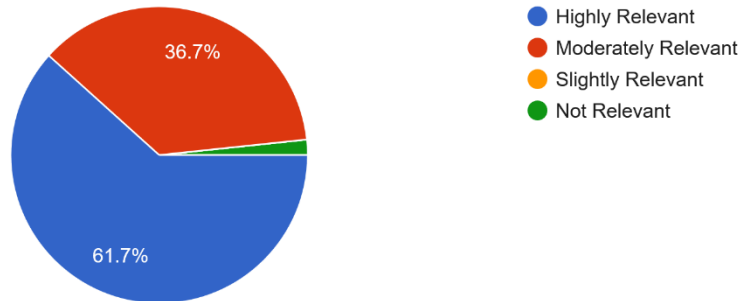
60 responses





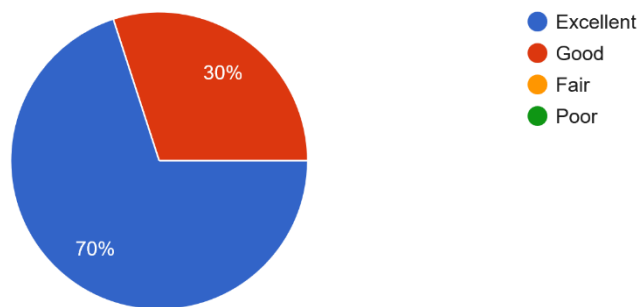
2. How relevant were the skills and knowledge gained to your professional development?

60 responses



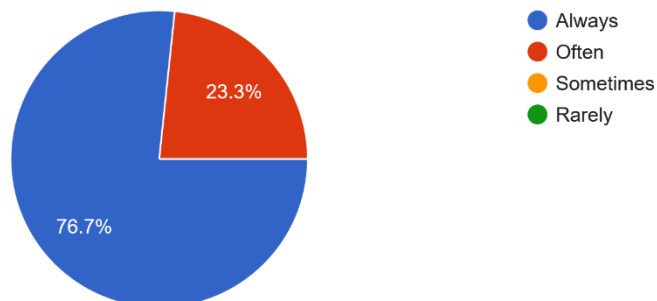
1. Rate the quality of interaction with your mentor

60 responses



2. Did your mentor provide adequate support and guidance?

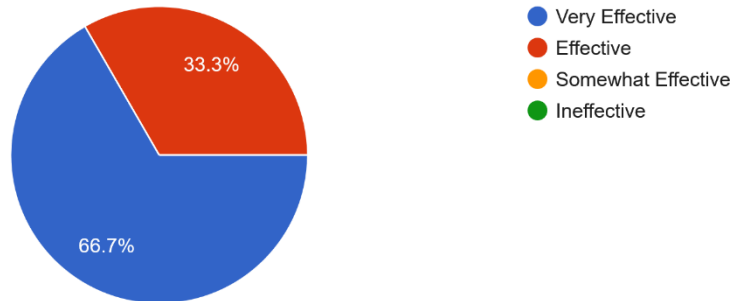
60 responses





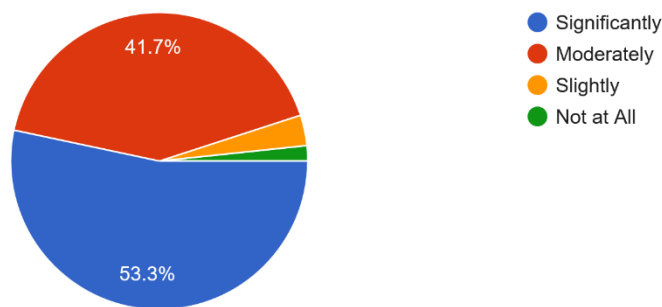
3. How effective was the communication between you and your mentor?

60 responses



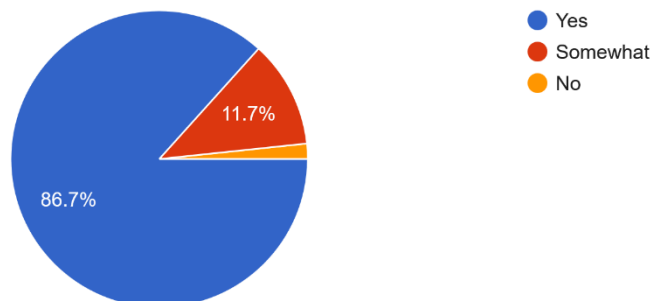
1. To what extent has the programme enhanced your skills in 3D printing and digital modeling?

60 responses



2. Do you feel more prepared to adapt to technological advancements in your field?

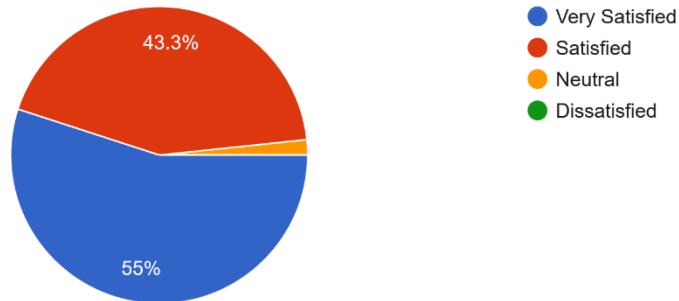
60 responses





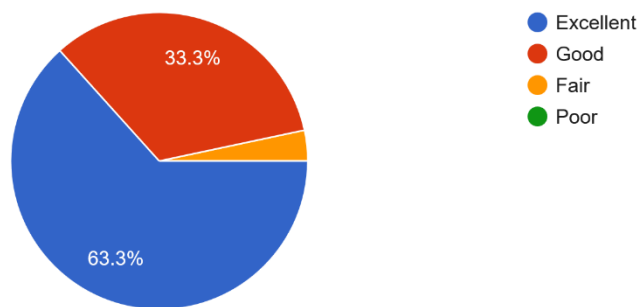
1. How satisfied were you with the duration and scheduling of the programme?

60 responses



2. How would you rate the support from the hosting organization?

60 responses





## 7. Empfehlungen der Teilnehmer:innen

Die Umstellung auf ein Online-Format bietet große Chancen, erfordert aber auch methodische Anpassungen, um ein hohes Lernniveau und Engagement aufrechtzuerhalten. Das erhaltene Feedback liefert zahlreiche nützliche Ideen zur Verbesserung der Fernunterrichtserfahrung. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Vorschläge zusammengefasst und in operative Leitlinien für die Entwicklung und Verwaltung des CRAFT3D-Onlinekurses umgesetzt.

### *7.1. Bessere Strukturierung von Zeit und Dauer*

Eines der häufigsten Feedbacks nach dem Mentor:innenprogramm betrifft das Zeitmanagement. Viele Auszubildende äußerten den Wunsch nach mehr verfügbaren Tagen oder einem besser strukturierten Zeitplan. Online bedeutet dies:

- Planung kürzerer synchroner Sitzungen, die über mehrere Tage verteilt sind, um Marathonstunden vor dem Bildschirm zu vermeiden
- Erstellung eines übersichtlichen und leicht zugänglichen Kalenders mit festen Zeiten für Webinare, Mentoring-Sitzungen und Abgabetermine für Aufgaben
- Integration strukturierter Pausen und Gelegenheiten für freie Diskussionen, um die Konzentration aufrechtzuerhalten

### *7.2. Stärkung des individuellen Mentorings*

Das personalisierte Mentoring wurde als der größte Mehrwert des Programms identifiziert. Für einen Online-Kurs noch wichtiger:

- Verfügbarkeit der Tutor:innen für Einzelunterrichtsstunden, die über einen gemeinsamen Kalender gebucht werden können
- Mindestens zwei obligatorische Check-ins (in der Mitte und am Ende des Kurses) anbieten, um sicherzustellen, dass alle Teilnehmer:innen gezieltes Feedback erhalten
- Verwenden von Plattformen mit Bildschirmfreigabe und Echtzeit-3D-Dateiüberprüfung, um direkte Interaktion zu simulieren

### *7.3. Verbesserung der Interaktion und Zusammenarbeit*

Eines der Risiken des Online-Lernens ist die Isolation. Die Kommentare zeigen, wie nützlich die Zusammenarbeit und der Austausch von Feedback waren. Einige praktische Lösungen:

- Bildung kleiner Arbeitsgruppen zu Beginn des Kurses, um eine kontinuierliche Zusammenarbeit zu fördern



- Nutzung virtueller Räume („Breakout-Räume“) für praktische Aktivitäten oder kurze Diskussionen in Untergruppen
- Organisation strukturierter Peer-Review-Sitzungen: Alle Teilnehmer:innen laden ihr Projekt auf eine gemeinsame Plattform hoch und erhalten Feedback von mindestens zwei Kommiliton:innen sowie von den Tutor:innen

#### *7.4. Ziele und Fortschritte klar kommunizieren*

Um die Motivation online aufrechtzuerhalten, ist es wichtig, die erzielten Ergebnisse sichtbar zu machen:

- Legen Sie wöchentliche Lernziele fest und kommunizieren Sie diese klar
- Führen Sie Meilenstein-Systeme mit Abzeichen oder Zwischenzertifikaten ein, die den Fortschritt sichtbar machen
- Bieten Sie am Ende des Kurses personalisierte Berichte an, die die Stärken und Verbesserungsmöglichkeiten der Teilnehmer:innen zusammenfassen

#### *7.5. Unterstützung der Anpassung an digitale Tools*

Einige Teilnehmer:innen haben Schwierigkeiten beim Erlernen neuer Tools und Arbeitsabläufe gemeldet, betrachten diese jedoch als Wachstumschancen. Für das Online-Lernen ist es entscheidend,

- eine erste technische Einführungssitzung durchzuführen, in der die Auszubildenden mit der Plattform, der Software und den Tools für die Zusammenarbeit vertraut gemacht werden und
- einen schnellen Helpdesk (auch per Chat) einzurichten, um technische Probleme zu lösen, ohne den Lernprozess zu unterbrechen.

#### *7.6. Fokus auf Kommunikation und kontinuierliche Unterstützung*

Ein wiederkehrendes Feedback betrifft das Gefühl, dass einige Anfragen nicht gehört wurden. Dieses Risiko steigt im Online-Bereich. Empfehlungen:

- Einrichten eines offiziellen Kanals für Fragen und Anfragen ein (z.B. ein spezielles Forum oder einen E-Mail-Posteingang, der wöchentlich verwaltet wird)
- Einhalten klarer Antwortzeiten (z.B. maximal 48 Stunden)
- Einplanen einer Feedback-Sitzung in der Mitte des Kurses, damit Korrekturen schon während der Laufzeit und nicht erst am Ende erfolgen können



Co-funded by  
the European Union



### *7.7. Tipps zur schnellen Umsetzung*

Empfehlungen, damit Feedback sofort in konkrete Maßnahmen umgesetzt werden kann:

1. Erstellen 5 zusätzlicher Video-Tutorials zu wichtigen Softwareprogrammen (Modellierung, Slicing, Rendering)
2. Einrichten eines Online-Kalenders, um individuelle Mentoring-Sitzungen zu buchen
3. Einführung eines Diskussionsforums mit thematischen Bereichen (Software, Design, technische Fragen)
4. Einführen digitaler Abzeichen für das Erreichen wöchentlicher Meilensteine
5. Erstellen eines digitalen Willkommenspakets mit technischen Anweisungen, nützlichen Links und praktischen Tipps für die Organisation des Heimstudiums



## 8. Kontrolle, Bewertung und Zertifizierung

### *8.1.Fortschrittsverfolgung*

- *Manuelle Anwesenheitslisten* – Vorgesetzte in den beteiligten Unternehmen können Anwesenheitslisten führen, um das Engagement der Auszubildenden zu überwachen
- *Direkte Beobachtungen* – Regelmäßige Bewertungen durch Mentor:innen oder Vorgesetzte ermöglichen es, die Leistung der Auszubildenden zu beurteilen und sofortiges Feedback zu geben
- *Fern- und hybride Teilnahme* – Planen Sie regelmäßige Videokonferenzen, um Fortschritte zu besprechen, Herausforderungen anzugehen und Ziele festzulegen

### *8.2.Feedback-Sitzungen zwischen Mentor:innen und Auszubildenden*

- Organisieren Sie regelmäßige Feedback-Sitzungen, entweder persönlich oder virtuell, um eine offene Kommunikation zu fördern und Bedenken, Fragen oder Vorschläge umgehend anzusprechen

### *8.3.Abschließende Bewertung*

Die Tutor:innen füllen einen Fragebogen aus, in dem sie die erworbenen Fähigkeiten, die Herausforderungen und die allgemeine Wirksamkeit sowie die Dauer des Mentor:innenprogramms zusammenfassen. Dieses Feedback wird gesammelt und in einem Dokument zusammengefasst, in dem die Schlussfolgerungen und Empfehlungen aller Organisationen hervorgehoben werden.

#### *CRAFT3D-Mentor:innenprogramm – Bewertungsformular für Mentor:innen*

Ihr Feedback ist für uns von unschätzbarem Wert, um die Mentoring-Erfahrung zu verbessern. Bitte nehmen Sie sich einen Moment Zeit, um über Ihre 30-tägige Erfahrung als Tutor:in im Rahmen des CRAFT3D-Mentor:innenprogramms nachzudenken und die folgenden Fragen ehrlich zu beantworten.

#### **Informationen zu den Mentor:innen:**

- Name Mentor:in: \_\_\_\_\_
- Name Auszubildende:r: \_\_\_\_\_
- Gastgeberorganisation: \_\_\_\_\_
- Programmdauer: \_\_\_\_\_
- Datum der Bewertung: \_\_\_\_\_



### Abschnitt 1: Programmstruktur und -inhalt

1. Waren die Lernziele klar definiert und wurden sie erreicht?
  - Ja
  - Teilweise
  - Nein
  
2. Waren die Lernziele klar definiert?
  - Ja
  - Teilweise
  - Nein
  
3. Wie relevant war der Programminhalt für die Lernerfahrung der Auszubildenden?
  - Sehr relevant
  - Mäßig relevant
  - Etwas relevant
  - Nicht relevant
  
4. Waren die bereitgestellten Ressourcen und Materialien ausreichend, um Ihre Rolle als Mentor:in zu unterstützen?
  - Vollständig ausreichend
  - Größtenteils angemessen
  - Unzureichend

### Abschnitt 2: Engagement der Auszubildenden

1. Wie aktiv hat sich der:die Auszubildende während des Programms engagiert?
  - Sehr aktiv
  - Mäßig
  - Weniger aktiv
  - Überhaupt nicht
  
2. Hat der:die Auszubildende Interesse und Eigeninitiative beim Lernen gezeigt?
  - Immer
  - Oft
  - Manchmal
  - Selten
  
3. War die anfängliche Vorbereitung des:der Auszubildenden für das Programm angemessen?
  - Sehr angemessen
  - Ausreichend
  - Weniger angemessen
  - Unzureichend



### Abschnitt 3: Kommunikation und Unterstützung

1. Wie effektiv war die Kommunikation mit dem:der Auszubildenden?
  - Sehr effektiv
  - Effektiv
  - Weniger effektiv
2. Haben Sie während der Mentoring-Phase ausreichende Unterstützung vom CRAFT3D-Projektteam erhalten?
  - Immer
  - Oft
  - Selten
  - Nie

### Abschnitt 4: Ergebnisse und Auswirkungen

1. Glauben Sie, dass der:die Auszubildende praktische Fähigkeiten im Bereich 3D-Druck und digitale Modellierung erworben hat?
  - In hohem Maße
  - Mäßig
  - Weniger
  - Überhaupt nicht
2. Hat die Mentoring-Erfahrung Ihrem Unternehmen einen Mehrwert gebracht?
  - Erheblich
  - Mäßig
  - Weniger
  - Überhaupt nicht

### Abschnitt 5: Weitere Kommentare und Vorschläge (optional)

1. Haben Sie Vorschläge oder Feedback zur Verbesserung künftiger Ausgaben des Mentor:innenprogramms?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



*Bestätigung des Mutual Learning Agreements (MLA) – Tutor:in/Gastgeberorganisation*

Ich bestätige im Namen der Gastgeberorganisation, dass zwischen unserer Organisation und den am CRAFT3D-Mentor:innenprogramm teilnehmenden Auszubildenden ein **Mutual Learning Agreement (MLA)** geschlossen wurde.

Ich bestätige, dass diese Vereinbarung die gemeinsamen Lernziele, Rollen und Verantwortlichkeiten festlegt, einschließlich der 30-tägigen Phase des Work-Based Learnings (WBL), der Zusammenarbeit und des kontinuierlichen Feedbacks.

Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihre Erkenntnisse. Ihr Feedback ist für uns von entscheidender Bedeutung, um das CRAFT3D-Mentor:innenprogramm weiter zu verbessern.

*Bewertungsformular für Teilnehmer:innen des CRAFT3D-Mentor:innenprogramms*

Ihr Feedback ist für uns von unschätzbarem Wert, um die Mentoring-Erfahrung zu verbessern. Bitte nehmen Sie sich einen Moment Zeit, um über Ihre 30-tägige Erfahrung nachzudenken und die folgenden Fragen ehrlich zu beantworten.

Informationen zum:zur Auszubildenden:

- Name: \_\_\_\_\_
- Name \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ Organisation \_\_\_\_\_ Mentor:in: \_\_\_\_\_
- Programmdauer: \_\_\_\_\_
- Datum \_\_\_\_\_ der \_\_\_\_\_ Bewertung: \_\_\_\_\_

**Abschnitt 1: Programmstruktur und -inhalt**

1. Waren die Lernziele klar definiert und wurden sie erreicht?
  - Ja
  - Teilweise
  - Nein
2. Wie relevant waren die erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse für Ihre berufliche Entwicklung?
  - Sehr relevant
  - Mäßig relevant
  - Etwas relevant
  - Nicht relevant

**Abschnitt 2: Beziehung zwischen Mentor:in und Auszubildendem:r**

1. Bewerten Sie die Qualität der Interaktion mit dem:der Mentor:in:
  - Ausgezeichnet
  - Gut



**Co-funded by  
the European Union**



- Befriedigend
  - Schlecht
2. Hat Ihr:e Mentor:in Sie angemessen unterstützt und beraten?
- Immer
  - Oft
  - Manchmal
  - Selten
3. Wie effektiv war die Kommunikation zwischen Ihnen und dem:der Mentor:in?
- Sehr effektiv
  - Effektiv
  - Weniger effektiv
  - Ineffektiv

### **Abschnitt 3: Persönliche und berufliche Entwicklung**

1. Inwieweit hat das Programm Ihre Fähigkeiten im Bereich 3D-Druck und digitale Modellierung verbessert?
- Deutlich
  - Mäßig
  - Weniger
  - Überhaupt nicht
2. Fühlen Sie sich besser darauf vorbereitet, sich an technologische Fortschritte in Ihrem Bereich anzupassen?
- Ja
  - Teilweise
  - Nein

### **Abschnitt 4: Programm-Logistik**

1. Wie zufrieden waren Sie mit der Dauer und dem Zeitplan des Programms?
- Sehr zufrieden
  - Zufrieden
  - Neutral
  - Unzufrieden
2. Wie würden Sie die Unterstützung durch die Gastgeberorganisation bewerten?
- Ausgezeichnet
  - Gut
  - Befriedigend
  - Schlecht



### Abschnitt 5: Gesamterfahrung und Vorschläge

1. Bitte reflektieren Sie Ihre Erfahrungen mit dem CRAFT3D-Mentor:innenprogramm, indem Sie die wertvollsten Aspekte, etwaige Herausforderungen, Verbesserungsvorschläge und zusätzliche Rückmeldungen oder Kommentare, die Sie mitteilen möchten, diskutieren:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### *8.4.Abschlussklärung – MOOC-Kurse (CRAFT3D-Projekt)*

- Ich bestätige, dass ich die im Rahmen des CRAFT3D-Projekts angebotenen MOOC-Kurse erfolgreich abgeschlossen habe.
- Ich bestätige, dass ich nun bereit bin, dieses Wissen durch das Mentor:innenprogramm und die Erfahrung im Rahmen des Work-Based Learnings (WBL) praktisch anzuwenden.

Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihre Erkenntnisse. Ihr Feedback ist für uns von entscheidender Bedeutung, um das CRAFT3D-Mentor:innenprogramm weiter zu verbessern.

### Zertifizierung

- *Teilnahme* – Die Auszubildenden müssen sich voll und ganz an allen geplanten Aktivitäten beteiligen, egal ob vor Ort oder aus der Ferne.
- *Ausfüllen von Bewertungen* – Alle erforderlichen Bewertungen und Feedback-Formulare müssen eingereicht werden.
- *Erreichen der Lernziele* – Die Auszubildenden sollten Kenntnisse in den Kernkompetenzen des Programms nachweisen.

Unterschrift TEILNEHMER:IN

---

Unterschrift

MENTOR:IN

---



**Co-funded by  
the European Union**



Dieses Projekt wurde durch das Erasmus+-Programm der Europäischen Union finanziert. Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung der darin enthaltenen Inhalte dar, die ausschließlich die Ansichten der Autoren widerspiegeln, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.