

# **TITEL**

Untersuchung der Brimsupport-Struktur im FDM-Druck  
für Einsteiger-Drucker im Modellbau-Bereich

## **EXPOSÉ – PRAXISPROJEKT**

ausgearbeitet von

Nino Malgadey

im Studiengang

**MEDIENINFORMATIK**

Prüfer/in: XXX

Technische Hochschule Köln

Gummersbach, im Oktober 2025

**Adressen:** Nino Malgadey  
Am Sandber 28  
51643 Gummersbach  
nino\_maurice.malgadey@smail.th-koeln.de

XXX  
Technische Hochschule Köln  
Institut für Informatik  
Steinmüllerallee 1  
51643 Gummersbach  
XXX

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung / Ausgangslage und Motivation</b>        | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Zielsetzung</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Forschungsfragen</b>                                | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>Methodisches Vorgehen</b>                           | <b>6</b>  |
| 4.0.1    | Versuchsaufbau . . . . .                               | 6         |
| 4.0.2    | Versuchsparameter und Design . . . . .                 | 6         |
| 4.0.3    | Datenerhebung und Bewertung . . . . .                  | 7         |
| 4.0.4    | Auswertung und Dokumentation . . . . .                 | 7         |
| <b>5</b> | <b>Relevanz und erwarteter Nutzen</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>6</b> | <b>Zeitplan</b>  | <b>9</b>  |
| <b>7</b> | <b>Ressourcen / Equipment</b>                          | <b>10</b> |
| 7.0.1    | Hardware . . . . .                                     | 10        |
| 7.0.2    | Materialien . . . . .                                  | 10        |
| 7.0.3    | Software . . . . .                                     | 10        |
| 7.0.4    | Ressourcenplanung . . . . .                            | 11        |
| <b>8</b> | <b>Risiken, Grenzen und ethische Aspekte</b>           | <b>12</b> |
| 8.0.1    | Risiken und Grenzen . . . . .                          | 12        |
| 8.0.2    | Ethische Aspekte . . . . .                             | 12        |
| 8.0.3    | Zusammenfassung . . . . .                              | 13        |
| <b>9</b> | <b>Erwartete Artefakte</b>                             | <b>14</b> |
| 9.0.1    | Physische Artefakte . . . . .                          | 14        |
| 9.0.2    | Digitale Artefakte . . . . .                           | 14        |
| 9.0.3    | Konzeptionelle und dokumentarische Artefakte . . . . . | 14        |
| 9.0.4    | Zusammenfassung . . . . .                              | 15        |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis</b>                           | <b>16</b> |
|          | <b>Tabellenverzeichnis</b>                             | <b>17</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                            | <b>18</b> |

# Kurzfassung

Das Fused-Deposition-Modeling-Verfahren (FDM) ist ein Verfahren der additiven Fertigung, bei dem thermoplastisches Filament schichtweise aufgetragen und verfestigt wird. Es wird unter anderem im Bereich des Modellbaus und von Einsteiger-3D-Drucksystemen eingesetzt.

In diesem Projekt wird untersucht, in welchem Umfang Brim-Support-Strukturen die Detailgenauigkeit, Maßhaltigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von FDM-gedruckten Objekten beeinflussen. Der Schwerpunkt liegt auf detailreichen Anwendungen wie Miniaturen, Modellbauteilen und mehrteiligen 3D-Skulpturen.

Untersucht wird der Unterschied zwischen Brim-Support-Strukturen und Standard- sowie organischen Support-Typen hinsichtlich Haftung, Druckqualität und Nachbearbeitungsaufwand. Die Versuche erfolgen unter Bedingungen, die sich an den typischen Rahmenbedingungen von Einsteiger- und Hobbyanwendungen orientieren. Hierfür werden ein Bambu Lab A1 Mini sowie ergänzend ein Prusa MK3 mit E3D-Revo-Upgradekit verwendet.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines strukturierten Workflows, der eine geordnete und reproduzierbare Vorgehensweise zur Nutzung von Brim-Support-Strukturen bietet. Dieser Workflow soll es ermöglichen, Brim-Supports sowohl bei vorgesupporteten Modellen als auch bei eigenständig supporteten Modellen effizient einzusetzen. Langfristig soll das Projekt eine Grundlage für eine Integration entsprechender Funktionen in gängige Open-Source-Software wie Blender oder OrcaSlicer schaffen, um Anwendern eine einfache und nachvollziehbare Implementierung zu ermöglichen.

# 1 Einleitung / Ausgangslage und Motivation

Das *Fused-Deposition-Modeling-Verfahren (FDM)* ist ein Verfahren der additiven Fertigung, bei dem ein thermoplastisches Filament schichtweise aufgetragen und verfestigt wird. Durch diesen Aufbauprozess lassen sich komplexe Geometrien vergleichsweise kostengünstig herstellen, was FDM insbesondere im Hobby-, Modellbau- und Einsteigerbereich beliebt macht Kristiawan u. a. (2021); Agarwala u. a. (2021).

Eine zentrale Herausforderung des FDM-Drucks besteht in der Haftung zwischen der ersten Schicht und dem Druckbett. Unzureichende Haftung kann zu Verzug (Warping) oder zum Ablösen des Bauteils während des Druckvorgangs führen. Zur Verbesserung der Haftung wird häufig eine sogenannte *Brim-Struktur* eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine zusätzliche, flache Schicht aus ein bis mehreren Linien, die das Bauteil an der Basis umgibt und die Kontaktfläche zum Druckbett vergrößert Facfox (2023). Brims gelten als einfache Maßnahme zur Verbesserung der Druckstabilität und benötigen weniger Material als beispielsweise Raft-Strukturen JLC3DP (2023).

Neben den Vorteilen der verbesserten Haftung können Brim-Strukturen jedoch auch Auswirkungen auf die Detailqualität und die Nachbearbeitung feiner Bauteile haben. Dies betrifft insbesondere mehrteilige 3D-Modelle, Miniaturen oder Skulpturen, bei denen hohe Präzision und saubere Kanten gefordert sind. Unterschiede im Material, in der Brim-Breite oder in der Linienanzahl können sichtbare Spuren hinterlassen oder die Maßhaltigkeit beeinflussen Dey u. Yodo (2020).

Die Motivation für dieses Projekt ergibt sich aus der eigenen praktischen Erfahrung im 3D-Druck von mehrteiligen Modellen, bei denen Brim-Strukturen regelmäßig eingesetzt werden, um die Haftung zu verbessern. Dabei zeigte sich, dass diese Strukturen sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf das Druckergebnis haben können. Aus diesem Grund soll im Rahmen des Projekts systematisch untersucht werden, in welchem Umfang Brim-Support-Strukturen die Druckqualität und den Detailgrad von FDM-Drucken beeinflussen.

Darüber hinaus soll auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse ein strukturierter Workflow entwickelt werden, der eine geordnete Vorgehensweise für den Einsatz von Brim-Support-Strukturen bietet. Dieser Workflow soll sowohl bei vorgesupporteten Modellen als auch bei eigenständig supporteten Modellen anwendbar sein. Langfristig wird angestrebt, diesen Ansatz als Grundlage für eine Integration in Open-Source-Software wie *Blender* oder *OrcaSlicer* zu nutzen, um Brim-Strukturen systematischer und nachvollziehbarer einsetzen zu können.

## 2 Zielsetzung

Ziel dieses Projekts ist es, den Einfluss von *Brim-Support-Strukturen* auf die *Detailgenauigkeit*, *Maßhaltigkeit* und *Oberflächenqualität* von FDM-gedruckten Objekten systematisch zu untersuchen. Dabei soll ermittelt werden, in welchem Umfang unterschiedliche Brim-Parameter (z. B. Linienanzahl, Breite, Material und Drucktemperatur) die Druckqualität bei detailreichen Objekten wie Miniaturen, Modellbauteilen oder mehrteiligen Skulpturen beeinflussen Kristiawan u. a. (2021); Agarwala u. a. (2021); Dey u. Yodo (2020).

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Vergleich zwischen Brim-Support-Strukturen und herkömmlichen *Standard-* sowie *organischen Support-Typen*. Ziel ist es, die jeweiligen Vor- und Nachteile hinsichtlich Haftung, Stabilität, Materialverbrauch und Nachbearbeitungsaufwand zu identifizieren Facfox (2023); JLC3DP (2023).

Auf Grundlage der experimentellen Ergebnisse soll ein *strukturierter Workflow* entwickelt werden, der eine geordnete und reproduzierbare Vorgehensweise für den Einsatz von Brim-Support-Strukturen bietet. Dieser Workflow soll sowohl bei *vorgesupporteten Modellen* als auch bei *eigenständig supporteten Modellen* anwendbar sein und Anwenderinnen und Anwendern als Orientierung für die praktische Umsetzung dienen.

Langfristig soll das Projekt damit die Grundlage für eine mögliche *Software-Integration* entsprechender Funktionen in Open-Source-Anwendungen wie *Blender* oder *OrcaSlicer* schaffen. Dadurch könnten Brim-Strukturen künftig automatisiert oder teilautomatisiert im Slicer-Workflow eingesetzt werden, um die Druckqualität bei Einsteiger- und Modellbauanwendungen gezielt zu verbessern.

### 3 Forschungsfragen

Ausgehend von der beschriebenen Zielsetzung ergeben sich für das Projekt die folgenden zentralen Forschungsfragen:

1. In welchem Umfang beeinflussen *Brim-Support-Strukturen* die *Detailgenauigkeit* und *Oberflächenqualität* von FDM-gedruckten Objekten?
2. Welche Unterschiede bestehen zwischen *Brim*-, *Standard*- und *organischen Support-Strukturen* in Bezug auf Haftung, Maßhaltigkeit und Nachbearbeitungsaufwand Facfox (2023); JLC3DP (2023)?
3. Welche Parameterkombinationen (z. B. Linienanzahl, Breite, Material, Temperatur) führen zu reproduzierbar guten Druckergebnissen bei filigranen Objekten wie Miniaturen oder Skulpturen Kristiawan u. a. (2021); Dey u. Yodo (2020)?
4. Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse zwischen unterschiedlichen Drucksystemen, insbesondere zwischen Einsteigergeräten (z. B. *Bambu Lab A1 Mini*) und Semi-Profi-Druckern (z. B. *Prusa MK3 mit E3D Revo*) Agarwala u. a. (2021)?
5. Wie kann auf Basis der Untersuchung ein *strukturierter Workflow* entwickelt werden, der den Einsatz von Brim-Support-Strukturen in praktischen Druckprozessen standardisiert und als Grundlage für eine mögliche Software-Integration dient?

Diese Fragen bilden den Leitfaden für die experimentelle Untersuchung und dienen als Grundlage für die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse.

## 4 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen orientiert sich an einem experimentellen Ansatz, bei dem der Einfluss verschiedener *Brim-Support-Parameter* auf die Druckqualität systematisch untersucht wird. Der Fokus liegt dabei auf Faktoren, die für Einsteiger- und Modellbauanwendungen besonders relevant sind, wie etwa Linienanzahl, Breite, Materialtyp und Drucktemperatur Kristiawan u. a. (2021); Dey u. Yodo (2020).

### 4.0.1 Versuchsaufbau

Die Druckversuche werden mit zwei unterschiedlichen FDM-Drucksystemen durchgeführt: einem *Bambu Lab A1 Mini* und einem *Prusa MK3* mit *E3D Revo-Upgradekit*. Diese Geräte wurden ausgewählt, da sie repräsentativ für den Einsteiger- und Semi-Profi-Bereich stehen und eine gute Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Drucksystemen ermöglichen.

Als Druckmaterialien kommen standardisierte Filamente wie *PLA* und *PETG* zum Einsatz, da diese typischerweise von Einsteigern verwendet werden und sich durch unterschiedliche Haftungs- und Schrumpfverhalten auszeichnen Agarwala u. a. (2021). Die Druckobjekte umfassen sowohl *Miniaturen mit filigranen Details* als auch *mehrteilige Modellbau- oder Skulpturenelemente*. Ergänzend werden *Kalibrierobjekte* eingesetzt, um Maßhaltigkeit und Oberflächenqualität vergleichend zu bewerten.

### 4.0.2 Versuchsparameter und Design

Die Untersuchung erfolgt auf Grundlage eines faktoriellen Versuchsplans, bei dem die wichtigsten Parameter systematisch variiert werden. Zu den unabhängigen Variablen zählen:

- Brim-Linienanzahl (z. B. 2, 4, 6, 8)
- Brim-Breite (z. B. 2 mm, 4 mm, 8 mm)
- Materialtyp (PLA)
- Druckbett- und Düsentemperatur (z. B.  $\pm 5$  °C Variation)
- Support-Typ (Brim, Standard, organisch)

Jede Parameterkombination wird mehrfach gedruckt, um reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten. Für jede Druckserie werden Haftung, Maßhaltigkeit, Oberflächenqualität und Nachbearbeitungsaufwand dokumentiert.



### 4.0.3 Datenerhebung und Bewertung

Die Bewertung der Druckergebnisse erfolgt anhand quantitativer und qualitativer Kriterien. Zu den quantitativen Messgrößen zählen:

- Maßabweichungen in X-, Y- und Z-Richtung (Messschieber oder optische Vermessung)
- Auftreten von Warping oder Ablösungen
- Druckzeit und Materialverbrauch

Ergänzend wird eine qualitative Beurteilung vorgenommen, die visuelle Merkmale wie Kantenschärfe, Detailtreue und Oberflächenfehler berücksichtigt Dey u. Yodo (2020). Die Ergebnisse werden statistisch ausgewertet, um signifikante Unterschiede zwischen den Parametern zu identifizieren.

### 4.0.4 Auswertung und Dokumentation

Die gesammelten Daten werden in tabellarischer Form erfasst und anschließend mit geeigneten Auswertungsverfahren (z. B. Varianzanalyse oder Mittelwertvergleich) untersucht. Bilder und Mikroskopaufnahmen dienen der visuellen Dokumentation der Druckqualität. Auf Grundlage dieser Ergebnisse werden Handlungsempfehlungen formuliert und in einem Workflow zusammengeführt, der die Brim-Nutzung in unterschiedlichen Anwendungsszenarien beschreibt.

Der Workflow soll abschließend in seiner Anwendbarkeit evaluiert und hinsichtlich einer möglichen Integration in Open-Source-Slicer wie *OrcaSlicer* oder Modellierungssoftware wie *Blender* bewertet werden. Dadurch soll eine praxisnahe und reproduzierbare Vorgehensweise geschaffen werden, die Anwenderinnen und Anwender bei der effektiven Nutzung von Brim-Support-Strukturen unterstützt.

## 5 Relevanz und erwarteter Nutzen

Das Projekt besitzt sowohl wissenschaftliche als auch anwendungsorientierte Relevanz im Bereich der additiven Fertigung. Während der 3D-Druck im Fused-Deposition-Modeling-Verfahren (FDM) weit verbreitet ist, bestehen weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der optimalen Nutzung von Support- und Haftstrukturen, insbesondere im Zusammenhang mit filigranen Objekten Kristiawan u. a. (2021); Agarwala u. a. (2021). Bisherige Untersuchungen konzentrieren sich vor allem auf mechanische Eigenschaften und Prozessoptimierung, während der Einfluss spezifischer Supportformen wie der *Brim-Struktur* auf die Detailqualität weniger systematisch untersucht wurde Dey u. Yodo (2020).

Durch die experimentelle Analyse und den Vergleich verschiedener Brim-Parameter leistet dieses Projekt einen Beitrag zum besseren Verständnis der Zusammenhänge zwischen Haftungsstrategien, Druckqualität und Nachbearbeitungsaufwand. Die gewonnenen Erkenntnisse können sowohl für Forschung als auch Praxis genutzt werden – etwa zur Entwicklung effizienterer Druckprofile oder zur Verbesserung bestehender Slicer-Algorithmen.

Für Einsteiger und Hobbyanwender liegt der Nutzen des Projekts in der Entwicklung eines klar strukturierten Workflows, der eine reproduzierbare Vorgehensweise beim Einsatz von Brim-Support-Strukturen ermöglicht. Dadurch kann die Fehlerrate bei feinen oder mehrteiligen Druckobjekten reduziert und die allgemeine Druckqualität verbessert werden Facfox (2023); JLC3DP (2023).

Langfristig besteht zudem ein potenzieller Mehrwert für die Softwareentwicklung: Die Ergebnisse könnten als Grundlage für die Integration eines automatisierten Brim-Workflows in Open-Source-Slicer wie *OrcaSlicer* oder in Modellierungsumgebungen wie *Blender* dienen. Eine solche Implementierung würde Anwenderinnen und Anwendern eine nachvollziehbare, datenbasierte Entscheidungshilfe bieten und somit zu einer Standardisierung von Haftungs- und Supportstrategien im FDM-Bereich beitragen.

## 6 Zeitplan

Das Projekt ist auf einen Zeitraum von etwa vier Monaten ausgelegt und soll voraussichtlich **Ende November** beginnen und bis **März** abgeschlossen sein. Der Zeitplan gliedert sich in mehrere Phasen, die aufeinander aufbauen und sowohl die theoretische Vorbereitung als auch die experimentelle Durchführung und Auswertung umfassen.

| Zeitraum                       | Arbeitsschritte und Inhalte   |
|--------------------------------|---|
| Ende November – Mitte Dezember | Literaturrecherche zu FDM, Brim- und Support-Strukturen; Einarbeitung in theoretische Grundlagen und Dokumentation relevanter Quellen. Festlegung der Versuchsparameter und Erstellung eines detaillierten Versuchsplans. |
| Mitte Dezember – Anfang Januar | Vorbereitung des Versuchsaufbaus, Kalibrierung der Drucksysteme ( <i>Bambu Lab A1 Mini</i> und <i>Prusa MK3</i> ). Testdrucke zur Validierung der gewählten Parameter.  |
| Januar                         | Durchführung der Hauptversuchsreihen mit Variation der Brim-Parameter (Linienanzahl, Breite, Material, Temperatur). Erhebung und Dokumentation der Messdaten (Haftung, Maßhaltigkeit, Detailqualität).                    |
| Ende Januar – Mitte Februar    | Auswertung der erhobenen Daten, qualitative und quantitative Analyse. Vergleich der Ergebnisse zwischen Drucksystemen und Support-Typen.  |
| Mitte Februar – Anfang März    | Entwicklung und Dokumentation des strukturierten Workflows. Ableitung praxisorientierter Empfehlungen und Bewertung einer möglichen Software-Integration in <i>Blender</i> oder <i>OrcaSlicer</i> .                       |
| März                           | Abschlussphase: Zusammenführung der Ergebnisse, Endredaktion und Erstellung des Abschlussdokuments. Vorbereitung der Präsentation oder Verteidigung des Projekts.   |

Tabelle 6.1: Geplanter Zeitrahmen für das Projekt zur Untersuchung von Brim-Support-Strukturen im FDM-Druck.

Der Zeitplan berücksichtigt sowohl Pufferzeiten für unvorhergesehene Verzögerungen (z. B. Fehldrucke oder technische Probleme) als auch ausreichend Zeit für die Auswertung und Aufbereitung der Ergebnisse.

## 7 Ressourcen / Equipment

Für die Durchführung des Projekts werden sowohl technische Geräte als auch Software- und Verbrauchsmaterialien benötigt. Der Ressourceneinsatz orientiert sich an typischen Anforderungen für experimentelle Untersuchungen im Bereich des Fused-Deposition-Modeling (FDM).

### 7.0.1 Hardware

- **3D-Drucker:**

- *Bambu Lab A1 Mini* – als Einstiegsgerät für praxisnahe Testbedingungen.
- *Prusa MK3* mit *E3D Revo-Upgradekit* – als Vergleichssystem mit erweiterter Düsen- und Temperaturkontrolle.

- **Mess- und Prüfmittel:**

- Digitaler Messschieber zur Erfassung von Maßhaltigkeit.
- Präzisionswaage zur Ermittlung des Materialverbrauchs.
- Dokumentationskamera oder Mikroskopaufsatz für Detailaufnahmen der Oberflächenqualität.

- **Sonstiges Zubehör:**

- Heizbett mit justierbarer Temperatursteuerung.
- Werkzeuge zur Nachbearbeitung (z. B. Spachtel, Pinzetten, Schleifmittel).
- Kalibrierhilfen und Druckbett-Reinigungsmaterialien.

### 7.0.2 Materialien

- **Filamente:** PLA und PETG in standardisierten Farben zur besseren Sichtbarkeit von Oberflächenfehlern.
- **Haftmittel:** Druckbettkleber, PEI-Platte oder Klebestift zur standardisierten Haftungsbedingung.
- **Testobjekte:** Miniaturen und 3D-Skulpturen (vorgesupportet und eigenständig supportet) sowie Kalibrierobjekte zur Vergleichsmessung.

### 7.0.3 Software

- **Slicer:** *OrcaSlicer* (Open Source) für die Erstellung und Anpassung der Brim-Parameter.

- **3D-Modellierungssoftware:** *Blender* zur Bearbeitung und Vorbereitung der Druckobjekte.
- **Dokumentation und Analyse:** Tabellenkalkulationssoftware (z. B. *LibreOffice Calc* oder *Microsoft Excel*) sowie Bildauswertungswerkzeuge zur Analyse von Oberflächenstrukturen.
- **Statistische Auswertung:** Python (Bibliotheken: *NumPy*, *pandas*, *matplotlib*) oder *R* für Datenanalyse und grafische Darstellung.

#### 7.0.4 Ressourcenplanung

Alle genannten Geräte und Materialien sind im Rahmen des Projekts verfügbar oder können durch vorhandene Laborausstattung bereitgestellt werden. Für Software und Auswertungstools werden ausschließlich frei verfügbare oder Open-Source-Lösungen verwendet, um die Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

## 8 Risiken, Grenzen und ethische Aspekte

### 8.0.1 Risiken und Grenzen

Trotz sorgfältiger Planung bestehen bei der Durchführung des Projekts verschiedene potenzielle Risiken und Grenzen, die berücksichtigt werden müssen:

- **Technische Risiken:** Fehldrucke, Materialschwankungen oder unzureichende Kalibrierung der Drucker können zu Messabweichungen führen. Schwankungen in der Raumtemperatur oder in der Filamentqualität könnten die Ergebnisse zusätzlich beeinflussen und müssen daher kontrolliert dokumentiert werden Kristiawan u. a. (2021).
- **Methodische Grenzen:** Die Untersuchung beschränkt sich auf eine ausgewählte Anzahl von Parametern (z. B. Linienanzahl, Breite, Temperatur) und auf zwei Drucksysteme. Daher können die Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf andere Geräte, Materialien oder Drucktechnologien übertragen werden Dey u. Yodo (2020).
- **Zeitliche Einschränkungen:** Der verfügbare Projektzeitraum (Ende November bis März) begrenzt die Anzahl möglicher Wiederholungen und Variationen. Eine vollständige statistische Absicherung aller Parameterkombinationen kann daher nur in ausgewählten Fällen erfolgen.
- **Subjektive Beurteilung:** Qualitative Bewertungen, etwa der Oberflächenqualität oder Detailtreue, enthalten einen subjektiven Anteil. Um diesen zu minimieren, werden standardisierte Kriterien und fotografische Dokumentation eingesetzt.

### 8.0.2 Ethische Aspekte

Das Projekt unterliegt keinen direkten ethischen Risiken im Sinne von Datenschutz, Umwelteinflüssen oder Auswirkungen auf Personen. Trotzdem werden grundlegende wissenschaftliche und ethische Prinzipien beachtet:

- **Datenintegrität:** Alle Messergebnisse werden unverändert dokumentiert und transparent ausgewertet. Etwaige Ausreißer oder Messfehler werden nachvollziehbar angegeben und nicht nachträglich entfernt.
- **Urheberrecht:** Bei der Verwendung von 3D-Modellen wird darauf geachtet, ausschließlich selbst erstellte oder lizenzfreie Modelle (z. B. unter Creative Commons) zu nutzen. Quellen und Ersteller werden in der Dokumentation entsprechend genannt.

- **Nachhaltigkeit:** Der Materialverbrauch wird auf das notwendige Minimum beschränkt. Fehl- oder Testdrucke werden, sofern möglich, recycelt oder für Kalibrierzwecke wiederverwendet.

### 8.0.3 Zusammenfassung

Die genannten Risiken und Grenzen werden im Rahmen der Projektplanung berücksichtigt und durch präventive Maßnahmen (z. B. Kalibrierkontrollen, Wiederholungsdrucke, standardisierte Dokumentation) reduziert. Ethische Grundsätze wie Transparenz, Nachvollziehbarkeit und verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen bilden die Grundlage der gesamten Arbeit.

## 9 Erwartete Artefakte

Im Verlauf des Projekts werden verschiedene Artefakte entstehen, die sowohl die experimentellen Ergebnisse als auch die entwickelten Arbeitsabläufe dokumentieren. Diese Artefakte lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen: physische Druckergebnisse, digitale Datensätze und dokumentarische bzw. konzeptionelle Ergebnisse.

### 9.0.1 Physische Artefakte

- **Testdrucke und Vergleichsobjekte:** Eine Reihe von Miniaturen, Modellteilen und Kalibrierobjekten, die mit unterschiedlichen Brim- und Support-Einstellungen gedruckt wurden. Diese Drucke dienen als Grundlage für die Bewertung von Haftung, Maßhaltigkeit und Detailqualität.
- **Referenzmodelle:** Ausgewählte Druckobjekte, die die jeweils besten und schlechtesten Parameterkombinationen darstellen, werden als Referenzbeispiele archiviert. Sie können zur visuellen Demonstration der Ergebnisse oder für Folgestudien herangezogen werden.

### 9.0.2 Digitale Artefakte

- **Datensätze und Messprotokolle:** Tabellarische Aufzeichnungen der Messwerte (z. B. Maßabweichungen, Materialverbrauch, Haftungsergebnisse) sowie begleitende Bilddokumentationen der Druckoberflächen. Diese Daten werden in strukturierter Form gespeichert und dienen als Grundlage für statistische Auswertungen und Reproduzierbarkeit.
- **Analyse- und Auswertungsskripte:** Python-basierte Auswertungsdateien (*pandas*, *matplotlib*) zur automatisierten Berechnung und Visualisierung von Kennwerten. Diese Skripte ermöglichen eine spätere Wiederverwendung oder Erweiterung im Rahmen weiterer Untersuchungen.

### 9.0.3 Konzeptionelle und dokumentarische Artefakte

- **Workflow-Dokumentation:** Eine schriftliche und grafische Darstellung des entwickelten Workflows, die den gesamten Ablauf von der Vorbereitung über den Druck bis zur Nachbearbeitung beschreibt. Diese Dokumentation bildet die zentrale Ergebnisdarstellung des Projekts.
- **Optimiertes Slicer-Profil:** Ein konfiguriertes *OrcaSlicer*-Profil mit optimierten Brim-Parametern (z. B. Linienanzahl, Breite, Temperatur). Das Profil soll als reproduzierbare Grundlage für Einsteiger dienen und kann als Beispiel für eine mögliche Software-Integration genutzt werden.



- **Abschlussbericht:** Eine zusammenfassende Projektarbeit mit Dokumentation der Vorgehensweise, Ergebnisse, Auswertungen und Schlussfolgerungen. Der Bericht dient zugleich als Grundlage für eine spätere Veröffentlichung oder Erweiterung des Projekts.

### 9.0.4 Zusammenfassung

Die erwarteten Artefakte ermöglichen eine umfassende Bewertung der Brim-Support-Strukturen sowohl auf praktischer als auch auf analytischer Ebene. Sie schaffen damit eine Grundlage für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf zukünftige Anwendungen und potenzielle Software-Integrationen im Bereich der additiven Fertigung.

# **Abbildungsverzeichnis**

# Tabellenverzeichnis

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 6.1 | Geplanter Zeitrahmen für das Projekt zur Untersuchung von Brim-Support-Strukturen im FDM-Druck. . . . . | 9 |
|-----|---|---|

# Literaturverzeichnis

- [Agarwala u. a. 2021] AGARWALA, Mukesh K. ; JAMISON, Roger D. ; MARCUS, Harvey L. ; AL. et: Fused filament fabrication: A comprehensive review. In: *Journal of Composite Materials* 55 (2021), Nr. 9, 1359–1389. <http://dx.doi.org/10.1177/0892705720970629>. – DOI 10.1177/0892705720970629. – Accessed 15 October 2025
- [Dey u. Yodo 2020] DEY, Arijit ; YODO, Tetsuya: A Systematic Survey of Fused Filament Fabrication: Process Parameters, Materials, and Characterization. In: *Additive Manufacturing* 34 (2020), 101285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2020.101285>. – DOI 10.1016/j.addma.2020.101285. – Accessed 15 October 2025
- [Facfox 2023] FACFOX: *3D Printing Brim: When Should You Use It?* <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-brim-when-should-you-use-it>. Version: Juni 2023. – Accessed 15 October 2025
- [JLC3DP 2023] JLC3DP: *3D Printing Brims, Skirts, and Rafts: How to Use Them.* <https://jlc3dp.com/blog/3d-printing-brims-skirts-and-rafts-how-to-use-them>. Version: Juli 2023. – Accessed 15 October 2025
- [Kristiawan u. a. 2021] KRISTIAWAN, Ruben B. ; IMADUDDIN, Fitriani ; ARIAWAN, Dody ; UBAIDILLAH ; ARIFIN, Zainal: A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. In: *Heliyon* 7 (2021), Nr. 4, e06750. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06750>. – DOI 10.1016/j.heliyon.2021.e06750. – Accessed 15 October 2025

# Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben.

Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Gummersbach, 16. Oktober 2025

Nino Malgadey