

Innovationslabor Digitalisierung

Produktentwicklung mittels Design Thinking im Makerspace

Michael Mattern, Sebastian Bast, Kai Scherer, Klaus-Uwe Gollmer und Michael Wahl,
Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld

Makerspaces fördern Kreativität, kollaboratives Arbeiten und handwerkliches Können. Interessierte können dort Werkzeuge, Maschinen und Technologien nutzen, um eigene Projekte zu realisieren und dabei ihre technischen Fähigkeiten weiterzuentwickeln. Zudem bieten sie eine inspirierende Umgebung, in der Menschen mit verschiedenen Hintergründen und Fachkenntnissen zusammenkommen, um zu lernen, zu experimentieren und sich gegenseitig zu unterstützen. Im folgenden Artikel wird auf die Bedeutung, die Eigenschaften und die Ausstattung von Makerspaces eingegangen, insbesondere dem Innovationslabor Digitalisierung, welches an der Hochschule Trier interdisziplinäres Arbeiten fördert und als Schnittstelle zu den Fachlaboren dient. Zudem wird der Prozess des Prototypenbaus anhand mehrerer Anwendungsbeispiele beschrieben.

Makerspaces in Bildung, Forschung und Entwicklung

Makerspaces und FabLabs sind offene, kollaborative Werkstätten, in denen Menschen aus verschiedenen Fachrichtungen und mit unterschiedlichen Fähigkeiten gemeinsam an Problemlösungen arbeiten, Prototypen entwickeln, innovative Ideen auf Machbarkeit untersuchen und so voneinander lernen. Durch die verschiedenen Blickwinkel und Expertisen der Beteiligten werden diese Werkstätten zu Treibern innovativer Ideen und Projekte. Für die schnelle Umsetzung von Ideen (engl. Rapid Prototyping) stehen zahlreiche Maschinen und Fertigungsanlagen bereit. Zur Ausstattung gehören 3D-Drucker, Lasercutter, Fräsen, Elektronik-Werkzeuge, Messtechnik, Mikrocontroller mit Sensoren und Aktoren, sowie Computer mit Softwaresystemen für Computer Aided Design (CAD) und Augmented Reality. Auch traditionelle Handwerkzeuge zur Holz- und Metallverarbeitung, wie Bohrmaschinen und Sägen dürfen nicht fehlen. Ursprünglich aus der Maker-Szene stammend [1], sind solche Werkstätten heute in öffentlichen Einrichtungen und in Unternehmen zu finden. Vereinzelt existieren auch mobile Varianten, welche dazu dienen, Interessierte vor Ort oder auf Messen im Rahmen von Workshops zur technischen Umsetzung eigener Ideen

zu animieren und zu befähigen. Der "mobile Makerspace" (Bild 1) des Umwelt-Campus Birkenfeld fährt beispielsweise an Schulen, um dort Schülerinnen und Schülern die selbstständige und erfolgreiche Umsetzung eigener Projekte durch Workshops zu den Themen 3D-Druck und Konstruktion zu ermöglichen.

Das von der Carl-Zeiss-Stiftung geförderte Innovationslabor Digitalisierung (INNODIG) [2] ist ein Makerspace am Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier und aktiv in die Hochschullehre eingebunden. Der Makerspace wird interdisziplinär durch die Fachrichtungen Informatik, Verfahrenstechnik und Maschinenbau betrieben und ist eine Anlaufstelle innerhalb der Hochschule für Studierende, Firmen und Interessierte. Von der Herstellung leicht verständlicher oder abstrahierter Exponate und Demonstratoren bis hin zu komplexen Prototypen von Bioreaktoren [3], das Innovationslabor Digitalisierung und die angegliederten Fachlabore der Hochschule stellen hierzu alle notwendigen Werkzeuge und ein breit gefächertes Fachwissen bereit. Beispielsweise entstanden Modelle von Studierenden zur Veranschaulichung verschiedener Themengebiete aus dem Bereich der erneuerbaren Energien, für deren Herstellung das gesamte Spektrum des Labors zum Einsatz kam: Ad-

Innovation Laboratory Digitalization – Product Development Utilizing Design Thinking in a Makerspace

Makerspaces foster creativity, collaborative work and craftsmanship. Anyone interested can use tools, machines and technologies to realize their own projects and develop their technical skills in the process. They also provide an inspiring environment where people with different backgrounds and expertise come together to learn, experiment and support each other. The following article discusses the importance, features and equipment of makerspaces, in particular the Innovation Laboratory Digitalization, which promotes interdisciplinary work at the Trier University of Applied Sciences and serves as an interface to the specialized labs. In addition, the process of prototyping is described using several application examples.

Keywords:

makerspace, rapid prototyping, knowledge transfer, 3D printing

Michael Mattern, B. Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Umwelt-Campus Birkenfeld im Fachgebiet Entwicklung und Konstruktion und leitet das Innovationslabor Digitalisierung.

Sebastian Bast, M. Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Informatik am Institut für Softwaresysteme der Hochschule Trier, Standort Birkenfeld.

Dr.-Ing. Kai Scherer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Umwelt-Campus Birkenfeld im Fachgebiet Entwicklung und Konstruktion und koordiniert das Forschungsprojekt KI-GenF.

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Uwe Gollmer ist Professor am Umwelt-Campus Birkenfeld im Fachgebiet Angewandte Informatik, Maker und Gründer der IoT2-Werkstatt.

Prof. Dr.-Ing. Michael Wahl ist Professor am Umwelt-Campus Birkenfeld. Er leitet das Forschungsprojekt KI-GenF und vertritt die Forschungsgebiete Entwicklung und Konstruktion, 3D-Scan sowie die additive Fertigung.

m.wahl@umwelt-campus.de
www.umwelt-campus.de/mwahl/

Bild 1: Ausstellung des Mobilen Makerspace (links) und Mint-Mobil (rechts) des Umwelt-Campus Birkenfeld.



ressierbare Leuchtdioden (LED) mussten über Mikrocontroller passend zu Reglereingaben gesteuert, Holzgehäuse zugeschnitten und Kunststoffbauteile gedruckt werden. Die entwickelten Prototypen und Demonstratoren haben neben dem Lerneffekt auch die Aufgabe, Wissen aus der Hochschule in die Gesellschaft zu tragen und komplexe Bildungsinhalte leicht verständlich und spielerisch zu vermitteln. Zudem wird im INNODIG an Forschungsprojekten gearbeitet, in denen beispielsweise Fragestellungen zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der additiven Fertigung untersucht werden [4].

Makerspaces sind heute auch in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Industrie zu finden. Angesichts der zentralen Herausforderungen in der Fertigungstechnik [5] bieten sie ein gutes Umfeld zur Schulung und Weiterbildung von Mitarbeitenden. Individuelle Projekte machen Themen wie moderne Fertigungsverfahren, das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz anfassbar, verknüpfen Theorie und Praxis und wecken Begeisterung für neue Technologien. Zudem wird durch die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen in interdisziplinären Teams die Kreativität gefördert. Makerspaces können nicht nur zur Entwicklung von neuen Produkten genutzt werden, sondern auch zur Reparatur von bestehenden Produkten.

Möglichkeiten im Makerspace

Der 3D-Druck, auch als additive oder generative Fertigung bekannt, bietet bei der Umsetzung von Projektideen sehr viele Gestaltungsfreiheiten. 3D-Drucker erzeugen Bauteile unmittelbar aus einer 3D-Geometrie, die sowohl mittels professioneller CAD-Software als auch mit einfach zu erlernenden Programmen [6], den eigenen Vorstellungen entsprechend, erzeugt werden kann. Dabei steht ein breites Spektrum an Kunststoffmaterialien und Druckprozessen zur Verfügung, mit denen nicht nur Anschauungsmodelle, sondern auch mechanisch funktionelle Pro-

totypen erstellt werden können. Der 3D-Druck bietet die Möglichkeit, Prototypen von Einzelstücken oder Kleinserien kostengünstig herzustellen und iterativ zu verbessern. Durch den Einsatz von 3D-Druckern können komplexe Formen und Strukturen für eine Vielzahl von Anwendungen hergestellt werden. Deren Bedienung kann unter Anleitung vergleichsweise schnell erlernt werden, wohingegen traditionelle Fertigungsmethoden häufig eine mehrjährige Ausbildung benötigen.

Neben der additiven Fertigung ist die Elektronik ein weiterer Teilbereich des Makerspaces. Das elektrotechnische Verständnis ist eine essenzielle Fähigkeit, um eigene Schaltungsideen zu verwirklichen oder defekte Schaltkreise zu reparieren. Mithilfe von Simulationssoftware und Steckbrettern sind diese Projekte schnell aufgebaut und getestet, aber für einen dauerhaften Einsatz ungeeignet. Daher ist die Herstellung von eigenen Platinen ein weiterer Aspekt des Makerspaces. Traditionell werden die elektronischen Komponenten auf Lochrasterplatinen platziert und verlötet. Löten erfordert Geschicklichkeit und Erfahrung, um die Verbindungen korrekt herzustellen und die Komponenten vor Schäden zu schützen. Des Weiteren ist man bezüglich der Platzierung der Bauteile auf das vorgegebene Material beschränkt. Eine alternative Methode ist der Einsatz einer Fräse. Bei dieser kann das gewünschte Platinenlayout mittels Software nach Wunsch angefertigt werden. Leiterbahnen und Löt pads werden direkt in das Material der Kupferleiterplatte gefräst. Der eigene praktische Aufwand ist dabei auf das Löten der Bauteile und die Durchkontaktierungen der Platine begrenzt. Durch diese Möglichkeiten können kreative Ideen schnell umgesetzt und hochwertige Prototypen effizient hergestellt werden. Die Nutzung von Software ermöglicht es, Schaltpläne zu entwerfen und direkt an die Produktionsmaschinen zu übertragen. Dadurch verkürzt sich die Entwicklungszeit und es entsteht Raum für schnelles Testen, Iterieren und Verbessern der Projekte.

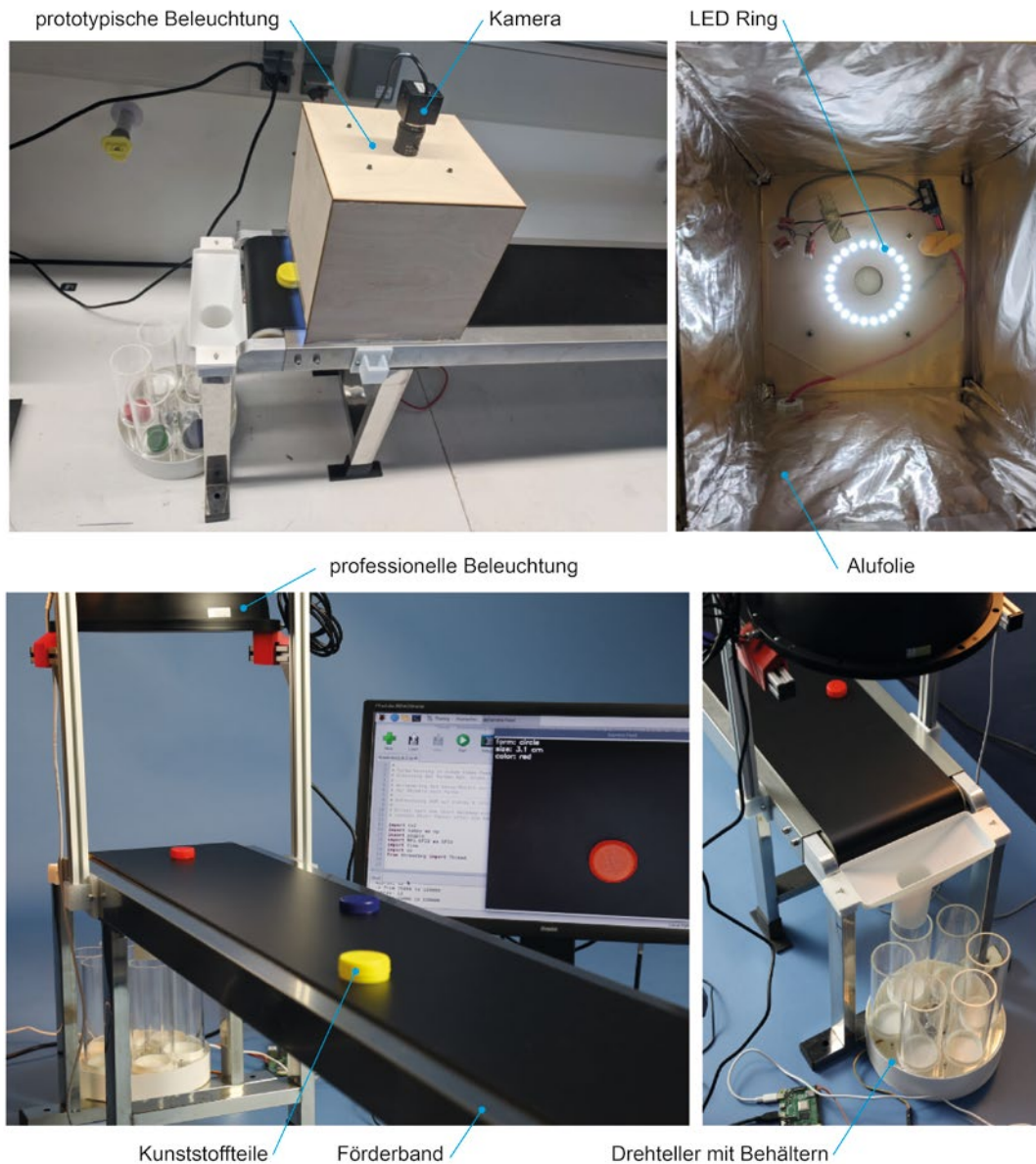


Bild 2: Schnelle prototypische Umsetzung der Beleuchtung für die Sortieranlage bestehend aus einem Holzkasten (oben links) sowie einer Verkleidung aus Alufolie und einem LED-Ring im Inneren (oben rechts). Sortiereinheit mit professioneller Lichtquelle (unten links) und einem über einen Einplatinencomputer gesteuerten Drehteller (unten rechts).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Einrichtung ist die Holzbearbeitung. Der Makerspace bietet Zugang zu einer Vielzahl von traditionellen Holzbearbeitungswerkzeugen und -maschinen wie Sägen, Fräsen, Bohr- und Schleifmaschinen, aber auch einem Lasercutter, welcher verwendet werden kann, um präzise Schnitte und Gravuren in einer Vielzahl von Materialien wie Holz, Kunststoff, Papier oder Stoff durchzuführen. Dies ermöglicht die schnelle und genaue Anfertigung von Prototypen, dekorativen Objekten, Beschilderungen, Schablonen und vielem mehr.

Für den ordnungsgemäßen Gebrauch aller Geräte werden Schulungen angeboten, um einen sicheren und zielführenden Umgang zu gewährleisten. Zudem sind stets Fachkräfte vor Ort, die ihr Wissen und Erfahrungen weitergeben. Um Ideen sofort in die Tat umsetzen zu können, stehen verschiedene Verbrauchsmaterialien zur Verfüg-

ung. Egal ob die Nutzenden Anfänger im jeweiligen Gebiet sind und die Grundlagen erlernen möchten oder erfahrene Personen von Fach, die ihre Fähigkeiten erweitern möchten, Makerspaces bieten dafür einen idealen Raum. Sollten die lokal vorhandenen Werkzeuge einmal nicht reichen, kann das Team auf weitere Fachlabore zugreifen. Metall- oder Harzdruck sowie Möglichkeiten zum 3D-Scan erweitern den Handlungsspielraum.

Anwendungsbeispiel: Sortiereinheit für das Kunststoffrecycling

Zum Recycling von Kunststoffen wurde im INNO-DIG der Prototyp einer Sortiereinheit im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit von Wissenschaftlern aus den Bereichen Informatik und Maschinenbau entwickelt. Diese Sortiereinheit ist speziell für das Sortieren von Kunststoffteilen im Recyclingprozess konzipiert. Das System kom-

Bild 3: KI-Malaise Falle.
Erstes einfaches CAD-
Modell (links),
prototypische Umsetzung
(Mitte) und praktische
Anwendung (rechts).



biniert Algorithmen der Bildverarbeitung mit mechanischen Komponenten, um eine effiziente Sortierung verschiedener Kunststoffteile zu ermöglichen.

Eine wichtige Komponente der Sortiereinheit ist eine hochauflösende Kamera, die die Kunststoffteile erfasst, während diese auf einem Förderband vorbeigeführt werden (Bild 2). Die Kamera nimmt kontinuierlich Bildmaterial auf, welches auf einen Einplatinencomputer [7] übertragen und automatisiert mit Bildverarbeitungsalgorithmen [8] analysiert wird. Dabei werden verschiedene Eigenschaften der Kunststoffteile erkannt, wie beispielsweise Form, Farbe und Größe. Das System kann diese Teile so automatisiert identifizieren und klassifizieren. Für die Aufzeichnung und Auswertung des Bildmaterials wird eine Beleuchtung benötigt, die konstante Lichtverhältnisse sicherstellt. Hierzu wurde ein eigener Prototyp (Bild 2, oben) entwickelt, der aus einem Holzgehäuse besteht, das zur Verstärkung der Lichtquelle mit Alufolie ausgekleidet ist. Mit dieser prototypischen Umsetzung konnten bereits gute Ergebnisse bei der Bildverarbeitung erzielt werden. Dieser Prototyp wurde im weiteren Projektverlauf durch eine professionelle Lichtquelle ersetzt (Bild 2, unten).

Der angeschlossene Einplatinencomputer steuert einen selbst entwickelten und im 3D-Druck gefertigten Drehteller, der die klassifizierten Kunststoffteile gemäß ihrer Kategorie in verschiedene Behälter einsortiert. Durch die Kombination von Techniken der Informatik und des Maschinenbaus konnte die prototypische Sortieranlage für die automatisierte und effiziente Sortierung von Kunststoffteilen technisch realisiert werden.

Anwendungsbeispiel: KI-Malaise Falle

Ein weiteres Beispiel ist die computergestützte Malaise Falle des Projektteams Interdisziplinärer

Umweltschutz, die durch das Einfangen und Zählen von flugaktiven Insekten der Biodiversitätsforschung dient. Die ursprüngliche Bauart besteht aus Fangnetzen und einem mit Alkohol gefüllten Gefäß, in das die Insekten fallen und danach verenden. Der Gefäßinhalt wird anschließend in Laboren untersucht, um Rückschlüsse auf die Artenvielfalt zu ziehen. Um die Insekten nicht töten zu müssen wurde im INNODIG ein alternativer Weg entwickelt.

Aufgrund der vorhandenen Möglichkeiten konnten Konzeption, Fertigung und Aufbau des ersten Prototyps in kurzer Zeit realisiert werden. Dabei wurde ein Tunnel aus Plexiglas gefertigt und mithilfe des Lasercutters zugeschnitten. Die notwendigen Adapter zwischen dem Tunnel und den Netzen wurden mit einem 3D-Drucker produziert und der benötigte Rahmen konnte mit den bereitstehenden Holzwerkzeugen erstellt werden. Nachdem dieser Prototyp von den Fachleuten für gut befunden wurde, folgte die weitere Entwicklung in Form einer Master-Abschlussarbeit. Diese verfolgt einen KI-basierten Ansatz, um die Insekten mit Hilfe von mehreren Kameras und modernen Bildverarbeitungs-Methoden zu identifizieren [9]. Bild 3 zeigt den Entwicklungsprozess des Prototyps. Bei diesem wird das mit Alkohol gefüllte Gefäß durch einen transparenten Tunnel ersetzt, welcher mit 120° zueinander versetzten Kameras überwacht wird. Diese Bauart ermöglicht das zuverlässige und automatisierte Bestimmen und Zählen der verschiedenen Arten, ohne dass dabei ein Insekt getötet werden muss.

Dieses Beispiel zeigt, dass neben der Bereitstellung der Werkzeuge und des Materials auch der soziale, interdisziplinäre Aspekt ein wichtiger Teil des Makerspaces ist, da hier Personen aus der Informatik und der Biodiversitätsforschung gemeinsam eine Lösung für ein bestehendes Problem entwickelt haben.

Literatur

- [1] Make Community LLC: Makerspaces, Fablabs und andere Orte der Maker-Community. URL: www.maker-faire.de/makerspaces, Abrufdatum 18.06.2023.
- [2] Umwelt-Campus Birkenfeld: Innovationslabor Digitalisierung (INNODIG). URL: www.innodig.umwelt-campus.de, Abrufdatum 12.06.2023.
- [3] Scherer, K.; Huwer, A.; Ulber, R.; Wahl, M.: Optimizing Luminous Transmittance of a Three-Dimensional-Printed Fixed Bed Photobioreactor. In: 3D printing and Additive Manufacturing. DOI: doi.org/10.1089/3dp.2022.0136.
- [4] Scherer, K.; Bast, S.; Murach, J.; Didas, S.; Dartmann, G.; Wahl, M.: Nachhaltige und intelligente additive Fertigung – Frühzeitige Erkennung von Produktionsfehlern im 3D-Druck durch Künstliche Intelligenz. In: Industrie 4.0 Management 39(2023), S. 56-59. DOI: doi.org/10.30844/IM_23-2_56-59.
- [5] KPMG International Limited: Zentrale Herausforderungen der Fertigungsindustrie. URL: <https://kpmg.com/de/de/home/themen/2022/10/zentrale-herausforderungen-der-fertigungsindustrie.html>, Abrufdatum 18.06.2023.
- [6] Autodesk Tinkercad. URL: www.tinkercad.com, Abrufdatum 18.07.2023.
- [7] Raspberry Pi Foundation: Raspberry Pi Modell 4 (4 GB RAM). URL: www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b, Abrufdatum 14.06.2023.

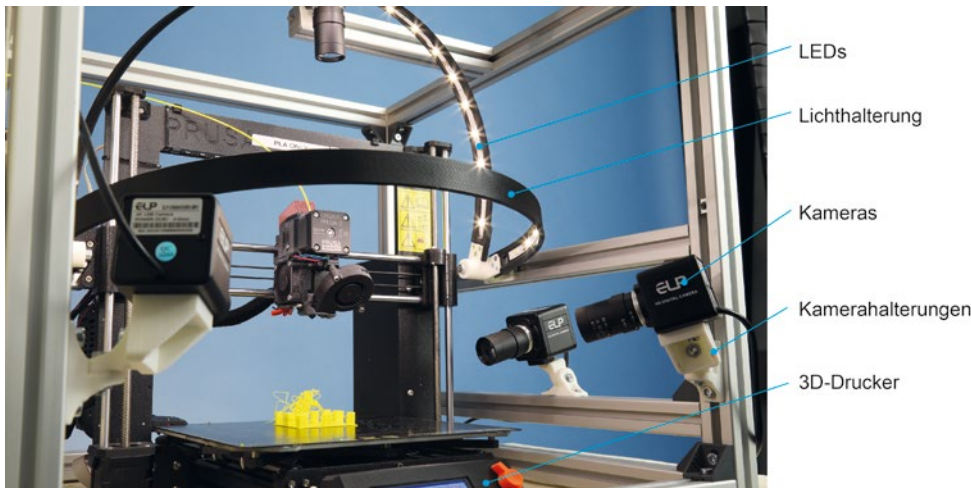


Bild 4: Beleuchtungseinheit im Komplettbau des Forschungsprojekts KI-GenF.

Anwendungsbeispiel: Beleuchtung zur 3D-Drucküberwachung

Ein weiteres Beispiel ist die Entwicklung einer Beleuchtungseinheit im Rahmen des Forschungsprojekts KI-GenF [10]. In diesem Projekt werden Produktionsprozesse der generativen Fertigung unter Zuhilfenahme von KI-Algorithmen hinsichtlich der Nachhaltigkeit optimiert. Eine Beispielanwendung ist die Echtzeitüberwachung von 3D-Druckern, um während des Drucks Fertigungsfehler automatisiert zu erkennen und schnell darauf zu reagieren. Hierbei wird das Ziel verfolgt, den Einsatz von Material, Zeit und Energie zu minimieren. Um den dafür notwendigen KI-Algorithmus zu trainieren, sind gut ausgeleuchtete Bilddaten erforderlich. Hierfür musste eine geeignete Beleuchtung entwickelt werden. Zunächst wurden verschiedene Modellskizzen angefertigt und diese als einfache Prototypen umgesetzt. Die beste Ausleuchtungsvariante wurde anschließend in einem CAD-Programm konstruiert. Das System besteht aus halbkreisförmigen Lichthalterungen, die zum Zentrum des Druckbetts ausgerichtet sind und sich um die Mittelachse rotieren lassen. Zur Reproduzierbarkeit der Lichteinstellung können die einzelnen Segmente mittels einer Verzahnung präzise ausgerichtet werden. Als Leuchtelement wurden zunächst adressierbare LEDs verwendet. Trotz unterschiedlicher Einstellung haben diese kein klares weißes Licht erzeugt und wurden aus diesem Grund in der finalen Version durch spezielle, weiße LEDs ersetzt. Bild 4 zeigt die finale Version der Beleuchtungseinheit.

Dieser Artikel zeigt, dass Makerspaces bereits heute ein wichtiger Baustein zur Förderung von Kreativität, Innovation und Zusammenarbeit sind. Im universitären Umfeld werden sie aktiv in der Lehre eingesetzt und von den Studierenden positiv wahrgenommen. Neben der persönlichen Entwicklung ist hier vor allem der soziale Aspekt und das Zugehörigkeitsgefühl der Stu-

dierenden hervorzuheben [11]. Projekt-, Studien- und Abschlussarbeiten können im Makerspace durchgeführt werden und stärken die praktische Erfahrung der Studierenden.

Durch den Zugang zu neuen Technologien und Werkzeugen bieten Makerspaces eine freie Umgebung, in der neben Studierenden auch Forschende ihre Ideen und Projekte in die Tat umsetzen. Die Einbindung von Forschungsprojekten in die interdisziplinäre Umgebung des Makerspaces bietet hierbei einen gestärkten Interessenaustausch der Projektbeteiligten und kann zu einer effektiveren Bearbeitung der Forschungsfragen beitragen. Makerspaces spielen auch weiterhin eine wichtige Rolle bei der Förderung von Teamarbeit und Problemlösungskompetenz, sowie bei der Lösung komplexer Fragestellungen.

Auch für Gründer und Unternehmer können Makerspaces einen einfachen Einstieg in neue Projekte und einen Einblick in neue Technologien [12] bieten. Insbesondere im Zusammenhang mit einer voranschreitenden Digitalisierung und der Industrie 4.0 [13] bietet ein Makerspace große Chancen für Unternehmen.

Aus gesellschaftlicher Sicht ist daher von großer Bedeutung, dass Hochschulen, Unternehmen und Kommunen diese kreativen Räume aktiv nutzen und weiterentwickeln, um den Anforderungen der digitalen Welt von morgen gerecht zu werden.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Effiziente, intelligente, generative Fertigung mit Recyclingkunststoffen durch KI-Optimierung (KI-GenF)“, das von der Carl-Zeiss-Stiftung im Förderprogramm CZS Transfer mit bis zu 1 Mio. € gefördert wird.

Schlüsselwörter:

Makerspace, Prototypenbau, Wissenstransfer, 3D-Druck

- [8] Open Source Computer Vision Library: OpenCV. URL: www.opencv.org. Abrufdatum 13.06.2023.
- [9] Steinberg, D.: Entwicklung eines Prototyps einer KI-basierten Malaisefalle zur nicht-lethalen Bestimmung der Insektenbiodiversität. Masterarbeit im Studiengang Angewandte Informatik. Trier 2022.
- [10] Carl-Zeiss-Stiftung: Effiziente, intelligente, generative Fertigung mit Recyclingkunststoffen durch KI-Optimierung (KI-GenF). URL: www.carl-zeiss-stiftung.de/themen-projekte/uebersicht-projekte/detail/ki-genf. Abrufdatum 13.07.2023.
- [11] Andrews, M. E.; Borrego, M.; Boklage A.: Self-efficacy and belonging: the impact of a university makerspace. In: International Journal of STEM Education 8 (2021). DOI: doi.org/10.1186/s40594-021-00285-0.
- [12] Hui J. S.; Gerber, E. M.: Developing Makerspaces as Sites of Entrepreneurship. In: Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing (2017), S. 2023-2038. DOI: doi.org/10.1145/2998181.2998264.
- [13] Ferro dos Santos, E.; Bennenworth P.: Makerspace for skills development in the industry 4.0 era. In: Brazilian Journal of Operations & Production Management 16 (2019), S. 303-315. DOI: doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n2a11.