Oliver Mauroner
Sabine Best
David Zakoth

Makerspaces als Treiber offener Innovationsprozesse

Konzepte, Methoden und Instrumente für die Umsetzung eines branchenspezifischen Makerspaces

LICHTWERKSTATT | JENA
OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Oliver Mauroner
Sabine Best
David Zakoth

Makerspaces als Treiber offener Innovationsprozesse

Konzepte, Methoden und Instrumente für die Umsetzung eines branchenspezifischen Makerspaces

LICHTWERKSTATT | JENA
OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

▲ Die »Lichtwerkstatt Jena« bietet Maker:innen nicht nur den freien Zugang zu modernen Rapid Prototyping- und Hightech-Werkzeugen, sondern auch das nötige Know-how zur Entwicklung und Realisierung eigener Ideen. Gleichzeitig sieht sich der Makerspace als Vermittler zwischen Maker-Community und Unternehmen bzw. Forschungsinstitutionen, um gemeinsam an realen Lösungskonzepten zu arbeiten. ©C.Worsch

NORA KIRSTEN
Geschäftsführerin

OptoNet e.V.
Photoniknetzwerk Thüringen

Liebe Leserinnen und Leser,

die Photonikindustrie im Freistaat Thüringen ist eine dynamische Hightechbranche mit rund 200 Akteuren in Industrie und Forschung, mehr als 16.000 Mitarbeiter:innen und kontinuierlich steigenden Umsätzen. Dank der hohen Forschungsintensität besetzen die Firmen oft eine Spitzenposition oder sogar die Technologieführerschaft in ihrem Marktsegment. Um diese Stellung zu halten und auszubauen investieren die Unternehmen rund 12% ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung – verglichen mit anderen Branchen ein außerordentlich hoher Anteil. Dennoch ist der internationale Wettbewerbsdruck vor allem für die kleinen und mittelständischen Unternehmen anhaltend hoch. Der sich verschärfende Fachkräftemangel und die aktuellen Ressourcenengpässe stellen viele Unternehmen täglich vor zusätzliche Herausforderungen.

Bislang haben die Unternehmen ihre Innovationsaufgaben oft in der eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung gebündelt, in der die anspruchsvollen Innovationsaufgaben meist ausschließlich von internen Mitarbeiter:innen bearbeitet werden. So bleibt geistiges Eigentum zuverlässig unter Kontrolle und langfristige Wettbewerbsvorteile werden gesichert. Doch die Anforderungen an das Innovationsmanagement ändern sich. Komplexität und Dynamik von Innovationen beschleunigen sich kontinuierlich. Unternehmen müssen neue Wege finden, Innovationen schnell, kundennah und effektiv zu entwickeln und umzusetzen.

Open Innovation kann hier eine Lösung sein. Damit gemeint ist die Öffnung der eigenen Innovationsprozesse und die Nutzung von Wissen, Kreativität und Technologien von außerhalb der Unternehmensgrenzen. Externe Partner können Teil der Entwicklung neuer Ideen, Produkte und Dienstleistungen werden. Hier setzt die Lichtwerkstatt Jena an – ein Makerspace, der auf die spezifischen Interessen der Photonikbranche ausgerichtet ist. Seit 2017 existiert die offene Werkstatt als Kreativ- und Innovationslabor. Unternehmen erhalten hier Zugang zu einer kreativen Community sowie die Möglichkeit, Open Innovation in einem geschützten Raum zu erproben. Innovationsprozesse von Unternehmen werden gezielt geöffnet, um neue Formen der Zusammenarbeit auszuprobieren und gewohnte Denkmuster zu durchbrechen.

Wie ein branchenspezifischer Makerspace gegründet, organisiert und mit Leben gefüllt werden kann, zeigt das vorliegende White Paper. Anhand von Erfahrungen und beispielhaften Projekten geben die Autor:innen einen reflektierten Blick darauf, welche Chancen aber auch Herausforderungen in der Professionalisierung eines Makerspaces liegen. Das White Paper richtet sich an interessierte Vertreter:innen aus Unternehmen, Forschung, Bildung und Politik, die experimentierfreudig sind und an die Zukunftsfähigkeit alternativer Herangehensweisen zur Innovationsförderung glauben. Ich wünsche Ihnen bei der Lektüre viel Freude, neue Erkenntnisse und Inspirationen.

Ihre

Die Lichtwerkstatt Jena ist ein Makerspace am Abbe Center of Photonics der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Seit 2017 existiert die offene Werkstatt als Kreativ- und Innovationslabor speziell für Photonikanwendungen. Ausgestattet ist der Makerspace mit modernen Low- und Hightech-Werkzeugen und ermöglicht es kreativen Menschen, die eigenen Ideen in marktreife Innovationen zu verwandeln. Unternehmen erhalten Zugang zu einer kreativen Community aus Student:innen, Doktorand:innen, Forscher:innen und Tüftler:innen sowie die Möglichkeit, Open Innovation in einem geschützten Raum zu erproben. Dabei werden die individuellen Innovationsprozesse von Unternehmen gezielt geöffnet, um neue Formen der Zusammenarbeit auszuprobieren und herkömmliche Denkmuster zu durchbrechen. Die Lichtwerkstatt Jena bietet allen einen Raum, um zusammen zu experimentieren, Erfahrungen auszutauschen und neue Mitstreiter:innen für gemeinsame Projekte zu finden.

Projektpartner

Lichtwerkstatt: Open Photonik
Innovationsprozesse in der Licht-Region Jena
2017 – 2020

Lichtwerkstatt Pro: Open Photonik
– offene Innovationsprozesse in der Photonik
2020 – 2023

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Physikalisch-Astronomische Fakultät - Institut für Angewandte Physik
Prof. Dr. Thomas Pertsch (Projektkoordination)

Hochschule Mainz
Fachbereich Wirtschaft
Prof. Dr. Oliver Mauroner

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF) Jena
Dr. Falk Eilenberger

Lastronics GmbH Jena
Dr. Ragnar Bödefeld

Unterstützung

Die Lichtwerkstatt Jena wird im Rahmen der Fördermaßnahmen »Open Photonik – offene Innovationsprozesse in der Photonik« und »Open Photonik Pro« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert. Der Projektträger ist das VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf.

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Herzlichen Dank gilt all jenen, die das Projekt »Lichtwerkstatt« ins Leben gerufen, mit großem Engagement unterstützt und so das vorliegende White Paper ermöglicht haben. Im Besonderen seien Prof. Dr. Thomas Pertsch, Dr. Christian Helgert, Dr. Reinhard Geiss und Johannes Kretzschmar für die erfolgreiche, stets inspirierende und wertschätzende Zusammenarbeit erwähnt.

Geleitwort ... 3
Lichtwerkstatt Jena im Überblick ... 4
Inhaltsverzeichnis ... 5
Executive Summary ... 6
Maker Movement und Open Innovation ... 8
Maker Movement ... 8
Open Innovation ... 10
Open Innovation Strategien ... 10
Open Innovation Formate ... 11
Lichtwerkstatt Jena – Open Photonics Makerspace ... 12
Entstehung und Etablierung ... 12
Branchenspezifischer Makerspace als Konzept der Lichtwerkstatt ... 12
Entwicklung der Lichtwerkstatt: Strategie und Meilensteine ... 14
Zielgruppen und Aufbau der Community ... 16
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 18
Ausstattung und Infrastruktur ... 19
Optik- und Photonikspezifische Ausstattung ... 19
Projektspezifische Ausstattung ... 20
Impulsgebende Ausstattung ... 21
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 22
Veranstaltungen ... 23
Entwicklung des Veranstaltungsangebots ... 23
Open Innovation Veranstaltungsformate ... 24
Funktionen der Veranstaltungen ... 25
Veranstaltungen der Lichtwerkstatt ... 26
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 27
Beratung und Mentoring ... 28
Unterstützungsbereiche der Lichtwerkstatt ... 28
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 30
Kommunikation und Vernetzung ... 31
Entwicklung der Kommunikationsstrategie ... 31
Vernetzung und Kooperationen ... 34
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 35
Qualitätsmanagement & Forschung ... 36
Maßnahmen der Qualitätssicherung ... 36
Forschungserkenntnisse zu Makerspaces und Open Innovation ... 38
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 39
Roadmap zur Öffnung von Innovationsprozessen ... 40
Open Innovation in der Photonik ... 40
Makerspaces als Quelle von Innovationen ... 40
Roadmap zur Öffnung: Step by Step ... 41
Strategie ... 42
HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS ... 43
Best Practices aus der Lichtwerkstatt Jena als Ideen- und Prototypenlabor ... 44
Quellenverzeichnis ... 49
Impressum ... 50

Kundenanforderungen und die Erfordernisse der internationalen Märkte verändern sich kontinuierlich. Ebenso entwickeln Unternehmen ihre Innovationsprozesse stetig weiter. Sie versuchen, ihre Innovationsperformance zu steigern und schlagen dabei die unterschiedlichsten Pfade ein. Ein Ansatz ist es, die Rahmenbedingungen für Kreativität, Lernen und Innovation zu verbessern. Fehlertoleranz, Offenheit und Vertrauen gehen einher mit der Förderung engagierter Mitarbeiter:innen. Ein weiterer Ansatz ist es, nicht nur unternehmensintern nach Ideen für neue Lösungen zu schauen, sondern nach Inspirationen und Impulsen, die außerhalb der Unternehmensgrenzen liegen. Unter dem Stichwort »Open Innovation« werden immer neue Akteure in betriebliche Innovationsprozesse einbezogen, nicht nur Kund:innen und Partnerunternehmen sondern auch technikbegeisterte Laien und »ganz normale« Bürger:innen. Dies stellt Unternehmen vor ganz neue Herausforderungen hinsichtlich der Motivation, der Kompensation und des Schutzes von Betriebsgeheimnissen. Und es werden Räume benötigt, um das Zusammenkommen der Akteure und das gemeinsame Innovieren zu ermöglichen.

Die Lichtwerkstatt Jena ist ein solcher physischer und zugleich virtueller Ort, an dem Unternehmen mit verschiedensten anderen Akteuren in Kontakt kommen können, um gemeinsam an Innovationsprojekten zu arbeiten. Die Lichtwerkstatt agiert wie eine Art Plattform, die Studierende, Forschende, Start-ups, interessierte Bürger:innen und etablierte Unternehmen zusammenbringt. Deutschlandweit ist die Lichtwerkstatt Jena einer der ersten branchenspezifischen Makerspaces, der ganz auf die Bedürfnisse der Photonik zugeschnitten ist. Dies bedeutet, dass in der Lichtwerkstatt ganz spezielles Equipment und exzellentes Know-how verfügbar sind, um an Fragestellungen rund um Optik, Sensorik und Licht im Allgemeinen zu arbeiten.

In den letzten Jahren konnten in der Lichtwerkstatt zahlreiche Erfahrungen gesammelt werden, wie ein branchenspezifischer Makerspace als Ideen- und Prototypenlabor funktionieren und einen wertvollen Beitrag zu den Innovationsprozessen einer Region beisteuern kann. Diese Aspekte – die Erfolgsfaktoren eines branchenspezifischen Makerspace – werden im vorliegenden Report thematisiert.

Ausschlaggebend für den Erfolg der Lichtwerkstatt ist der Aufbau und die Pflege einer lebhaften Community. Jeder Makerspace lebt von einer Gemeinschaft aktiv tätiger und regional ansässiger Menschen, die Spaß daran haben sich einzubringen. Gleichzeitig gehören die Unternehmen und Forschungseinrichtungen vor Ort zum relevanten Kreis der Akteure, von denen der Makerspace als vertrauenswürdiger Partner wahrgenommen wird. Dieses Vertrauen benötigt Zeit, ist aber für die Zusammenarbeit im industriellen Umfeld unbedingt erforderlich.

Wie jeder Makerspace punktet auch die Lichtwerkstatt mit der verfügbaren Ausstattung an Geräten und Werkzeugen zum Experimentieren und Prototypen. Welche Geräte dies im Einzelnen waren, sind und noch sein werden, lässt sich nicht immer im Vorfeld abschätzen, sodass eine gewisse Flexibilität und Nutzerorientierung sehr hilfreich sind. Neben Infrastruktur und

Ausstattung ist es vor allem das breite Angebot an Präsenz- und Online-Workshops, das sich sowohl an Profis richtet als auch an Laien. Gerade für Personen mit geringer Anbindung an die akademische Welt, kann ein Makerspace niederschwellige Angebote bereithalten, um Barrieren abzubauen. Ein Makerspace ist kein Selbstläufer, der nach der erstmaligen Ausstattung ganz von alleine funktioniert. Es bedarf des kontinuierlichen Bespielens mit Veranstaltungen und neuen Formaten, wie etwa Hackathons, Challenges oder Innovation Camps. Das Beispiel der Lichtwerkstatt Jena zeigt, wie ein Makerspace zu einem wertvollen Baustein eines regionalen Innovationsökosystems werden kann. Ausschlaggebend dafür ist eine Fokussierung auf die eigenen Kernkompetenzen – das Experimentieren, das Prototypen und den Ideenaustausch – sowie eine möglichst offene Zusammenarbeit mit Partnern, um Ressourcen zu schonen und Doppelstrukturen zu vermeiden.

Im vorliegenden Report werden einige Beispiele aufgezeigt, wie die Lichtwerkstatt – auch Dank der Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) – zu einer Inspirationsquelle von neuen, unkonventionellen Ideen werden konnte und dadurch betriebliche Innovationsprozesse unterstützt. Unternehmen profitieren etwa vom Zugang zu Rapid Prototyping-Verfahren, um Ideen schnell umzusetzen und zu testen und um abzuschätzen, in welche Richtung die Weiterentwicklung erfolgen könnte. Schließlich ist die Lichtwerkstatt selbst zum Forschungsgegenstand geworden und die projektbegleitende wissenschaftliche Auseinandersetzung führte zu neuen Erkenntnissen an der Schnittstelle von »Open Innovation« und »Maker Movement«.

▼◢ Maker:innen im Austausch über Rapid Prototyping-Technologien und Verfahren bei Veranstaltungen der Lichtwerkstatt Jena.

Maker Movement und Open Innovation

Die Lichtwerkstatt unterstützt Unternehmen dabei, die eigenen Innovationsprozesse für Kund:innen, interessierte Laien und andere externe Akteure zu öffnen. Gleichzeitig fördert der Makerspace das Interesse der Menschen, neue Technologien auszuprobieren und aktiv an technologischen Entwicklungen zu partizipieren. Kernidee der Lichtwerkstatt ist die Verknüpfung von Maker Movement und Open Innovation.

Maker Movement

Die Maker-Bewegung (engl. Maker Movement) ist eine global voranschreitende Entwicklung, die aus der Hacker- und Do-it-Yourself-Bewegung hervorgeht. Maker:innen sind Menschen, die etwas machen, neue Dinge ausprobieren und eigene Ideen entwickeln und umsetzen. Ihre Leidenschaft ist es, die eigenen Lebens-, Produkt- und Arbeitswelten selbst zu gestalten und nicht zwangsläufig auf vorgefertigte Lösungen zurückzugreifen. An vielen Unternehmen, Hochschulen und Instituten wurden und werden Orte errichtet, um dieses kreative Potenzial im Alltag zu fördern und zu nutzen. Diese offenen Werkstätten sind grundsätzlich für jeden zugänglich und werden als »Makerspace«, »FabLab« oder »Hackerspace« bezeichnet. Es sind Orte des kollektiven »Machens« und »Experimentierens«, die einen gemeinschaftlichen Zugang zu Technologien und Wissen für eine möglichst breite Gruppe von interessierten Personen gewähren.[1]

Der demokratisierte Zugang zu Technologien wie 3D-Druck, Lasercutting oder Microcontrollern bietet den Nutzer:innen von Makerspaces – den sogenannten Maker:innen – vielfältige Möglichkeiten eigene Ideen zu verwirklichen. Dabei steht für Maker:innen im Vordergrund, ihre Ideen und ihr Wissen mit Gleichgesinnten auszutauschen, um ganz persönliche Bedürfnisse zu befriedigen, individuelle Probleme zu lösen oder schlicht und einfach um Neues zu lernen und dabei eine gute Zeit zu haben. Es geht um vernetztes Denken und einen offenen Austausch von Ideen, Wissen und Technologien, um auf diese Weise die bestmöglichen Ergebnisse zu erzielen – ähnlich wie in Open-Access-Gemeinschaften und den frühen Computerclubs. Nicht zuletzt deshalb spielt der Open-Source-Gedanke in Makerspaces eine große Rolle.[2] Gleichwohl werden von einem guten Teil der Makerprojekte durchaus kommerzielle Interessen verfolgt und Innovationen geschaffen. Dies wird dadurch forciert, dass Makerspaces vielfältige Möglichkeiten bieten, eigene Ideen prototypisch oder sogar als Kleinserie umzusetzen.[3]

Weltweit existieren inzwischen über 2.000 Makerspaces, Hackerspaces und FabLabs.[4] Zu finden sind Makerspaces in den unterschiedlichsten Formen und Facetten: Sie können frei organisiert als Verein oder in Schulen,

1 Gershenfeld, 2005; Anderson, 2012; Hatch, 2014; für eine tiefergreifende Diskussion siehe Troxler, 2010; Maxigas, 2012; Moilanen, 2012; van Holm, 2014.

2 Mauroner, 2017.

3 Aldrich, 2014; Gershenfeld, 2005; Ramsauer & Friessnig, 2016.

4 https://www.fablabs.io/labs; https://wiki.hackerspaces.org/List_of_ALL_Hacker_Spaces

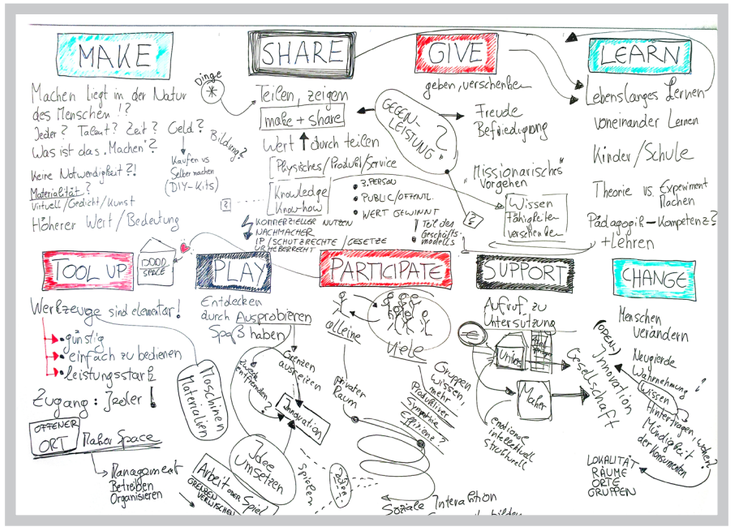
5 Willett, 2016; Farritor, 2017; Rieken et al., 2019; Zakoth et al., 2019; Halbinger, 2020.

6 Halbinger, 2020; Zakoth et al., 2019.

7 Chesbrough & Brunswicker, 2014.

8 Mauroner & Konrad, 2016, S. 24.

PRINZIPIEN DES MAKER MOVEMENTS[8]



Bibliotheken, Universitäten, Unternehmen oder Forschungseinrichtungen verankert sein.[5] Grundsätzlich lässt sich zwischen bottom-up und top-down Makerspaces unterscheiden. Bottom-up Makerspaces entstehen meist aus einer existierenden Community heraus im Zuge einer Graswurzelbewegung. Die Initiative geht dabei von den Maker:innen selbst aus. Top-down Makerspaces werden aktiv durch politische oder unternehmerische Entscheidungen ins Leben gerufen, ohne dass eine zuvor organisierte Community einbezogen wird. Der Makerspace »Lichtwerkstatt« lässt sich der Kategorie der top-down Initiativen zuordnen, da er an einer Universität durch eine Institutsentscheidung entstanden ist. Zudem weist die Lichtwerkstatt durch den Fokus auf photonische Technologien einige Besonderheiten auf. Unabhängig von der Art der Entstehung ist die Kultur in der Lichtwerkstatt wie in den meisten anderen Makerspaces durch Experimentieren, gemeinsames Lernen und das Teilen von Wissen geprägt.

Die Verbreitung dieser modernen offenen Werkstätten bietet vielen Menschen die Möglichkeit, eigene Ideen zu entwickeln und sich mit neuen Technologien zu beschäftigen. Auch wenn Maker:innen nicht vornehmlich kommerziell motiviert, sondern vom Wunsch nach Selbsterfüllung getrieben sind, entstanden in Makerspaces bereits eine Vielzahl innovativer Prototypen, marktreifer Produkte und erfolgreicher Unternehmen. Makerspaces bieten also die Chance auf Innovationen.[6] Dieses Potenzial wird mehr und mehr von Unternehmen erkannt. Sie entwickeln Wege, dieses Potenzial zu fördern und in die eigenen Innovationsprozesse zu integrieren. Makerspaces stellen für Unternehmen eine Möglichkeit dar, Ideen außerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen und -denkmuster zu generieren. Damit bieten sie einen zusätzlichen Weg, externes Wissen zu nutzen und ergänzen bestehende Formen der Forschungskonsortien, informellen Netzwerken oder Allianzen.[7]

Open Innovation

Immer kürzere Produktlebenszyklen und eine voranschreitende Digitalisierung führen in vielen Branchen zu einem erhöhten Wettbewerbsdruck. Dadurch wird die Innovationsfähigkeit von Unternehmen zu einem überlebenswichtigen Faktor. Unternehmen stehen vor der Herausforderung Innovationen nicht nur effektiv, kundennah und schnell, sondern auch unter erheblichen Unsicherheiten zu entwickeln. Dabei stoßen sie rasch an Grenzen, wenn sie ausschließlich auf intern verfügbare Ressourcen setzen. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind Engpässe an finanziellen, personellen und technologischen Ressourcen große Hemmnisse bei der Entwicklung neuer Produkte und Services.

Um auf die genannten Herausforderungen zu reagieren öffnen immer mehr Unternehmen ihre Innovationsprozesse und integrieren externe Faktoren in ihre eigenen Innovationsvorhaben, wie etwa unternehmensfremdes Wissen oder neue Technologien und Talente. Dieser Paradigmenwechsel von geschlossenen (»closed«) hin zu offenen (»open«) Innovationsprozessen wird gemeinhin als »Open Innovation« bezeichnet.[9] Open Innovation kann die Innovationskraft positiv beeinflussen, die Marktakzeptanz steigern und zu kürzeren Entwicklungs- und Markteinführungszeiten führen.[10]

Open Innovation Strategien

Die Vorteile von Open Innovation liegen neben der Chance auf einen beschleunigten Markteintritt (time-to-market) auch in einer Steigerung der Marktakzeptanz (fit-to-market) sowie bei einer gemeinschaftlichen Entwicklung in der Reduzierung der Forschungs- und Entwicklungskosten pro beteiligtem Akteur (cost-to-market).[11] Abhängig von der Richtung des Wissensflusses wird bei Open Innovation Prozessen zwischen drei grundlegenden Strategien unterschieden: Sofern externes Wissen von außen in den Innovationsprozess integriert wird, liegt eine »Inbound« bzw. »Outside-in« Strategie vor. Ideen gelangen von außerhalb des Unternehmens in dessen Innovationsprozess und werden von diesem Unternehmen vermarktet. Dies kann beispielsweise durch die Integration von Nutzern:innen geschehen. »Outbound« bzw. »Inside-out« Strategien hingegen sehen vor, dass Wissen an externe Institutionen weitergegeben und auch von diesen vermarktet wird. Dies kann beispielsweise über Lizenzen oder Patente geschehen. Wird die Entwicklung und Vermarktung gemeinsam mit Partnern wie Universitäten, Forschungsinstituten oder Akteuren aus anderen Industrien umgesetzt, liegt eine »Coupled« Strategie vor (z.B. Joint Ventures).[12] Für Unternehmen bietet die Zusammenarbeit mit Makerspaces vielversprechende Perspektiven hinsichtlich der drei grundlegenden Strategien. Kooperationen mit Makern und anderen Unternehmen sind sowohl im »Inbound« als auch im »Outbound« und »Coupled« Modus möglich. Wertvoll sind diese gemeinschaftlichen Ansätze vor allem dann, wenn es sich um komplexe Probleme handelt, die nicht unbedingt einen eindeutigen Lösungsweg aufweisen.[13]

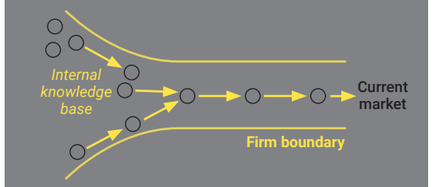
[9] Chesbrough, 2003.
[10] Enkel et al., 2009.
[11] Piller et al., 2017.
[12] Chesbrough & Crowther, 2006; Enkel et al., 2009; Gassmann & Enkel, 2004; West & Bogers, 2014.
[13] Beltagui et al., 2021.
[14] Halbinger, 2018
[15] Zakoth & Mauroner, 2020.
[16] Briscoe & Mulligan, 2014.
[17] Zakoth & Mauroner, 2020.

OPEN INNOVATION is a »distributed innovation process based on purposively managed knowledge flows across organizational boundaries«. (Chesbrough & Bogers, 2014, S.17).

Paradigmen der Innovation
Chesbrough, 2003, S. xxii, xxv

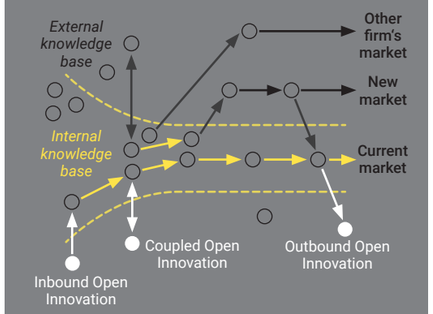
Closed Innovation Paradigma

Innovationen werden in einem in sich abgeschlossenen Unternehmensumfeld entwickelt – von der Ideenentwicklung bis zur Vermarktung.



Open Innovation Paradigma

Innovationen entstehen durch das Zusammenspiel interner und externer Akteure. Unternehmensgrenzen spielen allgemein eine untergeordnete Rolle.



Die Zusammenarbeit mit Makerspaces bietet sehr vielversprechende und zugleich risikoarme Möglichkeiten, die unternehmensinternen Innovationsprozesse zu öffnen. Dies gilt vor allem, weil die Nutzer:innen von Makerspaces als besonders kreativ und innovativ gelten.[14] Dadurch können neue Innovationsimpulse generiert werden und bisher ungenutzte Marktchancen identifiziert werden. Dabei bietet sich die Möglichkeit, Innovations- und Vorlaufprojekte vorab zu definieren und diese ganz punktuell für eine Kooperation zu öffnen. Die Wahl entsprechender Formate kann dem häufig genannten Risiko entgegenwirken, dass bei der Verfolgung von Open Innovation Strategien ein unkontrollierter Verlust von geistigem Eigentum erfolgen könnte.[15]

Open Innovation Formate

Eine Kooperation kann beispielsweise durch gemeinsam organisierte Open Innovation Formate erfolgen, wie z.B. Hackathons bei denen die Maker Community in einem definierten Rahmen an ganz konkreten Aufgabenstellungen arbeitet. Hackathons sind zeitlich begrenzte Events bei welchen typischerweise innerhalb von 12 bis 48 Stunden an realen Problemstellungen gearbeitet wird. Dabei kann eine Technologie (z.B. Verbesserung der Datenkommunikation unter Einsatz von Photonik) oder ein gesellschaftsrelevantes Thema (z.B. Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehrs) im Mittelpunkt stehen.[16]

Neben der Möglichkeit neue kreative Ideen zu generieren, sehen Unternehmen in der offenen Zusammenarbeit mit Makerspaces auch das Potenzial die eigene Marke in einem kreativen Umfeld zu platzieren sowie gemeinsame Innovationsevents wie beispielsweise Hackathons als Möglichkeit zum Recruiting zu nutzen.[17] Insbesondere dieser Aspekt gewinnt vor dem Hintergrund eines sich zuspitzenden Fachkräftemangels an Relevanz. Kooperationen mit Makerspaces sind eine Chance, geeignete Mitarbeiter:innen während eines Innovationsevents oder über länger anhaltende Kooperationen zu beobachten und anzusprechen.

Gegenwärtig treiben immer mehr Unternehmen die Kooperation mit Makerspaces voran und viele Bildungseinrichtungen initiieren eigene Makerspaces. Dementsprechend lässt sich eine Professionalisierung und Differenzierung von Makerspaces feststellen. Das Spektrum reicht von graswurzelartigen Bastelwerkstätten bis hin zu technologiespezifischen Innovationslaboren mit High-Tech-Equipment. Sämtliche Ausprägungen haben ihre Berechtigung, wenngleich sie unterschiedliche Zielgruppen anvisieren. Gerade von jenen Makerspaces mit speziellen Technologieprofilen sind Innovationsimpulse auf ganze Branchen und Sektoren zu erwarten. Sie gestalten die Kooperation zwischen Industrie, Wissenschaft und Maker-Community ganz neu, um den Innovationsgeist zu fördern und letztlich erfolgreiche Produkte auf den Markt zu bringen oder neues Wissen in die Gesellschaft zu tragen.

Lichtwerkstatt Jena – Open Photonics Makerspace

Die Lichtwerkstatt ist deutschlandweit einer der ersten branchenspezifischen Makerspaces, der ganz speziell auf die Bedürfnisse der Photonik zugeschnitten ist. Dies spiegelt sich in seiner Entstehungsgeschichte, seiner inhaltlichen Ausrichtung sowie in der technologischen Ausstattung und den adressierten Zielgruppen wider.

Entstehung und Etablierung

Die Lichtwerkstatt entstand im Jahr 2017 als einer der ersten Makerspaces Deutschlands, der speziell auf die Bedürfnisse der Hightech-Industrie Photonik ausgerichtet ist. Initiatoren waren das Abbe Center of Photonics der Friedrich-Schiller-Universität Jena, die Hochschule Mainz sowie das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik. Seit 2020 ist zudem die Lastronics GmbH fester Projektpartner der Lichtwerkstatt Jena.

Branchenspezifischer Makerspace als Konzept der Lichtwerkstatt

Ausgangspunkt der Lichtwerkstatt war die 2014 erfolgte Bekanntmachung der Fördermaßnahme »Open Photonik – offene Innovationsprozesse in der Photonik« durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, die 2019 um die Maßnahme »Open Photonik Pro« ergänzt wurde. Die beiden Fördermaßnahmen zielten ganz konkret darauf ab, den etablierten Innovationsprozessen in der Photonikbranche neue Impulse zu verleihen und neue Formen der Zusammenarbeit von Wirtschaft, Wissenschaft und Bürger:innen zu ermöglichen. Insbesondere die letzte Ausschreibung legte den Schwerpunkt auf die Vernetzung der Maker- und Gründerszene mit der Wissenschaft und Wirtschaft, um Innovationszyklen zu verkürzen und neue Innovationspfade zu beschreiten.

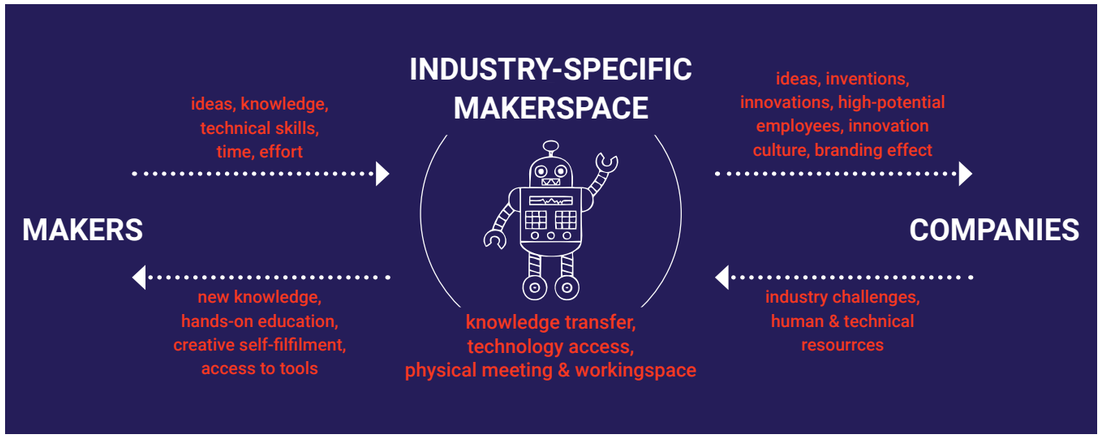
Die Photonik stellt dafür eine geeignetes »Versuchsfeld« dar, da es sich einerseits um eine Hochtechnologie mit hoher Innovationsdynamik handelt, die andererseits im täglichen Leben der Menschen zu spüren ist, beispielsweise durch 3D-Kameras, Assistenzsysteme und optische Sensoren in Alltagsprodukten. Unter Photonik wird ganz allgemein die Kontrolle, Manipulation und Nutzung von Licht für verschiedenste Anwendungen in den unterschiedlichsten Technologiefeldern verstanden, wie der Informations- und Kommunikationstechnik, der Luft- und Raumfahrttechnik, der Sensorik, der Medizin- und Biotechnologie oder dem Gerätebau. Die Photonik kann daher ganz klar als Enablertechnologie bezeichnet werden, da Innovationen in diesem Bereich erhebliche Auswirkungen auf viele andere Industriezweige haben – Laser, Mikrooptik, Metamaterialien und Quantenoptik sind nur einige Beispiele.[18]

Die Photonikbranche ist durch viele mittelständische Unternehmen und eine überdurchschnittlich hohe Forschungsintensität gekennzeichnet. Die F&E-Quote der großen Unternehmen liegt bei rund 11 Prozent, der KMUs sogar bei rund 15 Prozent.[19] Diese starke Innovationsneigung unterstreicht den Bedarf nach neuen und offenen Prozessen, um zu originellen Ideen zu kommen. Gleichzeitig führen die hohe Dynamik und der intensive Wettbewerb dazu, dass Unternehmen sehr restriktiv mit Ideen und Wissen umgehen und der Schutz geistigen Eigentums einen hohen Stellenwert genießt.

Vor dem Hintergrund dieser besonderen Branchenspezifika wurde mit der Lichtwerkstatt ein regionaler Innovationsintermediär geschaffen, der Studierende, Forschende, etablierte Industrieunternehmen sowie Start-ups und interessierte Bürger:innen zusammenbringt. Der Makerspace Lichtwerkstatt ist als Ideen- und Prototypenlabor im Bereich der Photonik positioniert und grenzt sich dadurch bewusst von weiteren lokalen Maker-Initiativen, wie dem Krautspace[20], dem Abantu Kulturlabor[21] oder dem Makerspace an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena[22] ab.

- **IDEE**
  Eine Idee bezeichnet einen gedanklichen Entwurf, der spontan oder zielgerichtet entsteht. Er kann sich kontinuierlich weiterentwickeln und zu einer Erfindung, Innovation oder sonstigen Schöpfung führen.
- **INVENTION**
  Als Invention wird die Erfindung im Sinne der erstmaligen technischen Umsetzung verstanden.
- **INNOVATION**
  Von einer Innovation wird erst gesprochen, wenn die wirtschaftliche Verwertung einer Erfindung eingetreten ist – also wenn die Erfindung in den Wirtschaftskreislauf eingeführt wird.

KONZEPT DER LICHTWERKSTATT[23]



Die Lichtwerkstatt unterstützt vor allem Projekte in der Frühentwicklungsphase, die einerseits einen Bezug zu Licht und Optik haben und andererseits einen Bedarf an kreativem Input. Voraussetzung ist die Bereitschaft, Innovations- und Kreativprozesse für die Maker-Community zu öffnen. Durch die geografische Lage inmitten des Forschungscampus Beutenberg[24] bietet der Makerspace für Forscher:innen einen unkomplizierten Zugang zu Rapid Prototyping Technologien für die Umsetzung von Ideen. Der Beutenberg Campus besteht aus einer Ansammlung von Forschungsinstituten, Technologie- und Gründungszentren und birgt ein großes Innovationspotential.

18 Willner et al., 2012.
19 Photonics21, 2020.
20 https://kraut.space
21 https://kulturlabor-jena.space
22 https://www.eah-jena.de
23 Zakoth & Mauroner, 2020.
24 https://www.beutenberg.de

LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

Entwicklung der Lichtwerkstatt: Strategie und Meilensteine

Die Lichtwerkstatt stellt eine top-down-Initiative dar. Sie baut zwar auf einer lebendigen Photonikszene in Jena und Umgebung auf, wurde aber nicht wie viele andere Makerspaces aus einer bereits bestehenden Maker-Community heraus gegründet. Hauptinitiator war die ortsansässige Universität – also keine lokale Graswurzelinitiative.

Bei derartigen top-down Makerspaces stellt der Aufbau und die Einbindung einer aktiven Community eine der größten und zugleich erfolgskritischen Herausforderungen dar. Im Kontext der Lichtwerkstatt wurden zur Realisierung verschiedene strategische Ziele formuliert, taktische Entscheidungen getroffen und umgesetzt.

Konzeptionierung und Ausstattung

Ziele

- Aufbau der Makerspace Infrastruktur.
- Konzeptionierung des Kommunikations- und Veranstaltungskonzepts.

Umsetzung

- Makerspace-Tour (USA, D), Konferenzen und Best-Practices.
- Begleitforschung: Befragung von Maker:innen und Unternehmen.
- Abklärung des Geschäftsmodells.

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Durch die fachspezifische Ausrichtung und die High-Tech-Ausstattung im Bereich Photonik kann der Makerspace nicht den Offenheitscharakter wie andere Makerspaces haben.
- Trotz Photonikfokus wünschen sich die Zielgruppen eine breite Makerspace Grundausstattung.

Lösungsansatz

- Steuerung des Zugangs über Veranstaltungen als erster Kontaktpunkt für interessierte Maker:innen.
- Aufbau der Grundausstattung.
- Teurere Geräte werden nach Abwägung projektspezifisch angeschafft.

2017

Bekanntmachung durch den BMBF
Eröffnung des Makerspaces
Begleitforschung bei der »Laser World of Photonics 2017« in München
Start von Mentoring, Beratung und Coaching
Start von Publikationen und Konferenzbeiträgen
Erste Forschungsprojekte mit Hochschulen
Erster Hackathon
Start regelmäßiger Ausstellungen
Start regelmäßiger Vorträge

Maker-Community und Sichtbarkeit

Ziele

- Aufbau der Maker-Community und Erhöhung der Sichtbarkeit.
- Beginn Bewerbung Folgefinanzierung.

Umsetzung

- Identifikation der Veranstaltungsbedarfe der Zielgruppen.
- Veranstaltungen zu den Technologien im Makerspace.
- Ausbau der Social Media Aktivitäten.
- Suche nach Ausschreibungen und Abklärung eines Geschäftsmodells.

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Der Aufbau der Maker-Community stellt eine große Herausforderung bei bottom-up-Initiativen dar.
- Ein auf Mitgliederbeiträgen basierendes Modell wäre zum aktuellen Zeitpunkt nicht kostendeckend möglich.

Lösungsansatz

- Zielgruppengerechte Veranstaltungen ermöglichen es den Makerspace bekannt zu machen.
- Einreichung Skizze für Folgefinanzierung über öffentliche Fördermittel (Open Photonik Pro).

2018

Start Workshopleitung externer Veranstaltungen
Quantitative Studie zu Maker-Motiven
Ausbau der Kommunikationsstrategie
Entwicklung ausdifferenzierter Veranstaltungen
Start regelmäßiger Lehrveranstaltungen
Intensivierung der Netzwerke & Kooperationen
Start regelmäßiger Workshops
Gewinner des »Special Price Hot-Stuff Awards« des Leistungszentrum Photonik
Start regelmäßiger OpenLabs

Industriekontakte und Kontinuität

Ziele

- Stärkere Integration der Industrie.
- Sicherung der Folgefinanzierung.

Umsetzung

- Entwicklung und Durchführung eines Formats zur stärkeren Industrieeinbindung (Innovation Camp).

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Einbindung der Industrie zeitaufwändig, da Aspekte wie IP-Schutz geklärt werden müssen.
- Identifikation und Formulierung von geeigneten Challenges herausfordernd, da Fachabteilungen eingebunden werden müssen, die starke Zeitengpässe aufweisen.

Lösungsansatz

- Bereitstellung von Mustervorlagen für die Industrie zur Orientierung bei der Formulierung von Challenges.
- Workshops mit Unternehmen zur Formulierung von Challenges.
- Einreichung Vollantrag zur Folgefinanzierung über öffentliche Fördermittel (Open Photonik Pro).

2019

Projekttreffen VDI
Intensivierung von Coaching der Projekte
Aktive Teilnahme an Laser World of Photonics
Ausrichten der Photonik-Akademie 2019
Erstes Innovation Camp
Erster Makeathon (Photonics Days)
Studie zu Innovationsprozessen in Makerspaces

Neue Impulse und Digitalisierung

Ziele

- Ausbau der Industriekontakte.
- Vorantreiben der offenen Innovationsprojekte im Makerspace.

Umsetzung

- Identifizierung von und Erstgespräche mit weiteren Industriepartnern.
- Aufbau eines Linkedin Profils zur gezielteren Ansprache von Unternehmen.
- Projektplanung der Innovationsprojekte.

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Durch die Corona-Pandemie konnten nur wenige bzw. keine Veranstaltungen vor Ort stattfinden.
- Herausforderung, das Community-Gefühl über die Pandemie hinweg zu erhalten bzw. zu steigern.

Lösungsansatz

- Digitalisierung von Workshops und Hackathons.
- Digitale Vernetzung der Maker:innen durch Organisation von Veranstaltungen zum gemeinsamen Projektaustausch.

2020

Projekt neovital gewinnt Edward Optics Award
Mithilfe virtueller Hackathon #JenaVsVirus
Start regelmäßiger virtueller Workshops
Hybride Projektvorträge
Start von »Lichtwerkstatt Pro«
Erster virtueller Makeathon (Photonics Days)
Aussteller bei Eröffnung »Digital Teaching Lab«
Gewinner vom »Hot-Stuff Award« des Leistungszentrum Photonik
Auftakttreffen »Lichtwerkstatt Pro«

Einbindung offener Innovationsprojekte

Ziele

- Vorantreiben der Makerspace-Projekte.
- Digitaler Zugang zum Makerspace.
- Verankerung in der Lehre.

Umsetzung

- Digitalisieren der Räumlichkeiten und Erweiterung der digitalen Veranstaltungen.
- Entwicklung und Umsetzung des Moduls »Innovation Methods in Photonics«, in dem der Makerspace eine zentrale Rolle spielt und die Industrie langfristig eingebunden werden kann.

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Digitale Transformation des eher auf physischen Austausch ausgerichteten Makerspace.
- Integration und Belebung der Maker-Community ohne Präsenz vor Ort.

Lösungsansatz

- Kompentenzaufbau in AR/VR durch Kooperationen mit Expert:innen.
- Entwicklung von Experimentierkits für Zuhause.

2021

Virtuelles Projekttreffen »Open Photonics Pro«
Virtuelles »Photonics Software Bootcamp«
Unterstützung bei der Lehrveranstaltung der FSU
Start der Reihe »Gründen in Jena – Zu Gast bei…«
Zweiter virtueller Makeathon (Photonics Days)
Platz 1 und 2 vom »Hot-Stuff Award« des Leistungszentrum Photonik

Etablierung in der Maker- & Gründerszene

Ziele

- Erste Anlaufstelle für Maker:innen und Gründer:innen im Raum Jena bei der technischen Unterstützung ihrer Ideen.
- Etablierung der Lichtwerkstatt als Koordinator für Open-Innovation-Projekte mit Maker:innen bei regionalen Unternehmen der Photonikindustrie.

Umsetzung

- Einbeziehen der Photonikindustrie in Projekte der Lichtwerkstatt, z.B. durch gemeinsame Workshops, Projektpräsentationen, Technologieaustausch.
- Kontinuierliche Vernetzung mit bestehenden und neuen Akteuren der Maker- und Gründerszene.

Erkenntnisse und Herausforderungen

- Vernetzung ist kein Selbstläufer, es gilt kontinuierlich neue Partner zu suchen und bestehende zu binden.

Lösungsansatz

- Analyse der Entwicklungen der Maker- und Gründerszene sowie bei Unternehmen in der Region.
- Sensibilisierung für Potenziale von Makerspaces durch offene Formate.

2022

Statusmeeting VDI »Open Photonics Pro«
Aussteller bei der »Laser World of Photonics 2022« und »Maker Faire 2022«
Unterstützung bei der Lehrveranstaltung der FSU »Innovation Methods in Photonics« (IMiP)
Auszeichnung »FSU Lehrpreis 2021« für IMiP
Durchführung des Workshops »Open Innovation in der Photonik – Neue Innovationspfade erproben!« mit OptoNet e.V.
Makeathon im Rahmen der Photonics Days

LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

Zielgruppen und Aufbau der Community

Für den erfolgreichen Aufbau einer Community rund um den Makerspace sind eine klare Definition der Zielgruppen und daraus abgeleitete, zielgerichtete Kommunikationsmaßnahmen besonders förderlich. Für die Lichtwerkstatt standen von Beginn an drei Zielgruppen im Fokus: Maker:innen, Unternehmen sowie Forschung und Wissenschaft. Die verstärkte Einbeziehung von Unternehmen und deren Bedürfnissen ist auf die besondere Ausrichtung der Lichtwerkstatt als industrie- und branchenspezifischer Makerspace zurückzuführen. Hauptmotivation war stets, das kreative Potenzial der Maker:innen zu erschließen und mit den Innovationspfaden der Photonik zu verknüpfen.

▶ Fraunhofer IOF als Challenge-Geber mit Nachwuchswissenschaftler:innen beim »Innovation Camp 2019«.

▶▶ Start-Up »openUC2« beim Workshop im Rahmen des »Innovation Camp 2019«. ©CWorsch

ZIELGRUPPEN DER LICHTWERKSTATT

MAKER:INNEN

Profis von heute

Selbstständige und Mitarbeiter:innen, Forscher:innen und Akademiker:innen

Leistungsangebot
- Zugang zu High-end Geräten
- Möglichkeit des Ideentests ohne Erfolgsdruck
- Basic und Profi Veranstaltungsformate

Ansprache
- Vorstellung der Lichtwerkstatt bei Unternehmen
- Kooperationen mit anderen Makerspaces

Profis von morgen

Student:innen und Doktorand:innen fächerübergreifend

Leistungsangebot
- Zugang zu Hightechgeräten
- Spaß und zielorientierter Kompetenzaufbau
- Basic und Profi Veranstaltungsformate

Ansprache
- kooperative Veranstaltungen an Hochschulen/Unis
- Kommunikationsmittel wie Social Media, Flyer

Kreative Laien

Interessierte Bürger:innen mit Affinität zu Optik und Photonik

Leistungsangebot
- Zugang zu Low-tech Geräten
- Spaß und Ideenentwicklung
- Basic Veranstaltungsformate

Ansprache
- Nutzen öffentlichkeitswirksamer Veranstaltungen
- Vorstellung bei bürgernahen Initiativen
- Kommunikationsmittel wie Social Media, Flyer

FORSCHUNGSINSTITUTIONEN

Photonik(un)spezifische Forschungseinrichtungen

Mitarbeiter:innen und Projekte von Instituten, Universitäten, Hochschulen

Leistungsangebot
- Branding & Recruiting
- Rapid Prototyping
- Ideengenerierung für Problemstellungen
- Hackathons, Innovation Camps, Challenges

Ansprache
- direkte Ansprache
- bestehende Kooperationen nutzen
- Teilnahme an Informationsveranstaltungen

UNTERNEHMEN

Etablierte Unternehmen

Unternehmen mit und ohne photonikspezifischem Geschäftsmodell

Leistungsangebot
- Branding & Recruiting
- Rapid Prototyping
- Ideengenerierung für Problemstellungen
- Hackathons, Innovation Camps, Challenges

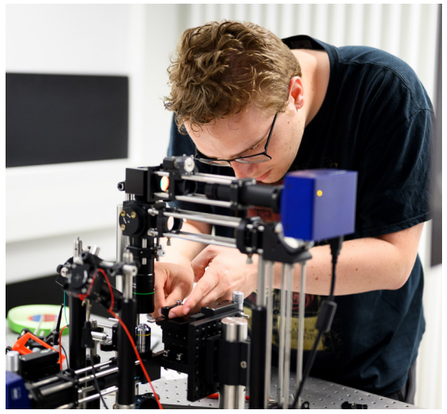
Ansprache
- Nutzen bestehender Kooperationen
- Teilnahme an Messen und Netzwerkveranstaltungen
- direkte Ansprache

Start-Ups

Gründer:innen oder Gründungsinteressent:innen

Leistungsangebot
- Branding & Recruiting
- Rapid Prototyping
- Ideengenerierung
- Beratung, Mentoring & Coaching

Ansprache
- Kooperationen mit Gründungszentren
- Angebot von Gründungsveranstaltungen
- Teilnahme an Gründungsveranstaltungen



▲ Designerin, Tüftler, Nachwuchswissenschaftler in der Lichtwerkstatt. Bild rechts: ©CWorsch

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01

Eine Herausforderung für jeden Makerspace liegt darin, eine lebhafte Community zu etablieren, die sich vorwiegend aus lokal und regional ansässigen Menschen zusammensetzt. Für die Lichtwerkstatt als branchen- und industriespezifischer Makerspace bilden Unternehmen einen relevanten Teil dieser Community.

02

Der Makerspace muss von allen Nutzergruppen als vertrauenswürdiger Partner wahrgenommen werden. Gerade für Kooperationen mit der Industrie ist dieser Vertrauensaufbau äußerst wichtig. Er benötigt Zeit und kann vor allem durch Referenzprojekte mit ersten Kooperationspartnern erreicht werden.

03

Besonders zu Beginn ist eine Fokussierung auf Kernthemen wichtig, beispielsweise kann der Makerspace als Ideen- und Prototypenlabor positioniert werden. Dies hilft dabei, keine Parallelstrukturen neben existierenden Institutionen wie etwa dem lokalen Gründerservice aufzubauen. Stattdessen geht es um eine gewinnbringende Verknüpfung der vorhandenen Institutionen.

04

Der Aufbau einer nachhaltigen Maker-Community ist über Kommunikation und regelmäßige Veranstaltungsformate möglich. Der Standort Jena stellt ein internationales Umfeld dar, das von einer vergleichsweise hohen Zahl ausländischer Studierender und Fachkräfte geprägt ist. Rein deutschsprachige Veranstaltungen und Kommunikationsmaßnahmen stellten sich als nicht zielführend heraus, da viele interessierte Menschen damit nicht erreicht werden konnten. Es musste sichergestellt werden, dass auch für Zielgruppen ohne oder mit geringen Deutschkenntnissen eine barrierefreie Teilhabe möglich ist. Daher sind die Veranstaltungen und Kommunikationsmaßnahmen überwiegend bilingual (deutsch und englisch). Dies ermöglicht eine breitere Partizipation am Geschehen rund um den Makerspace. Jeder Makespace sollte daher eruieren, welche Bedeutung eine internationale, mehrsprachige Ausrichtung für die eigene Community hat und die Kommunikation entsprechend anpassen.

AUSSTATTUNG

- OPTIK- & PHOTONIKSPEZIFISCH
- RAPID PROTOTYPING
- PROJEKTSPEZIFISCH
- IMPULSGEBEND

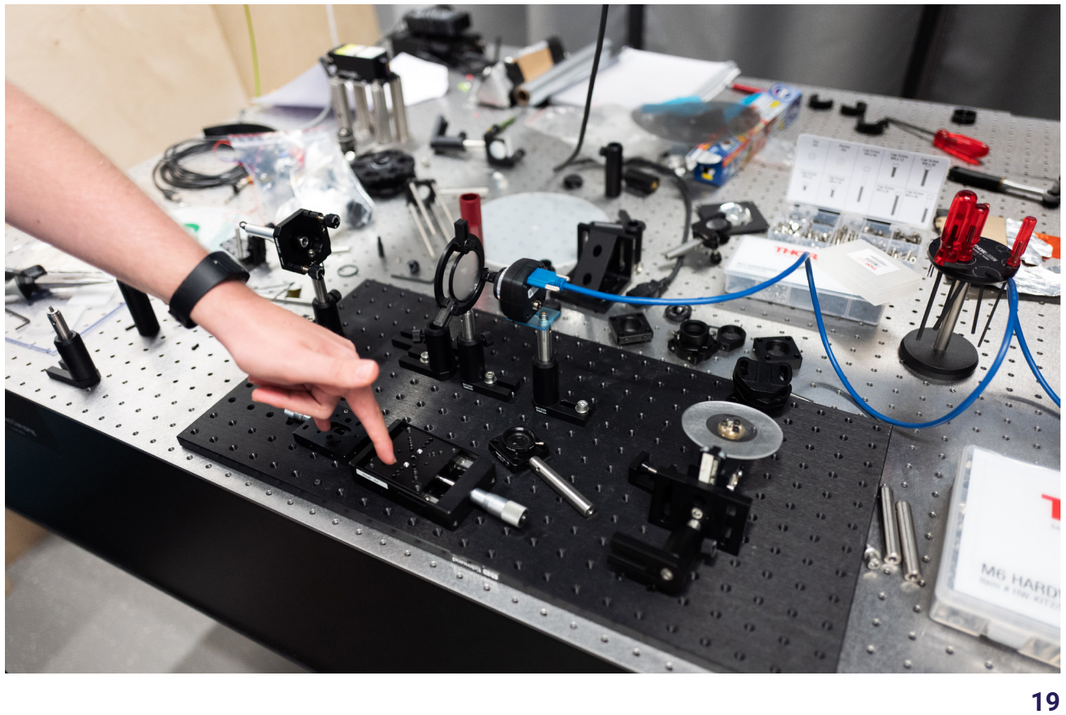
Ausstattung und Infrastruktur

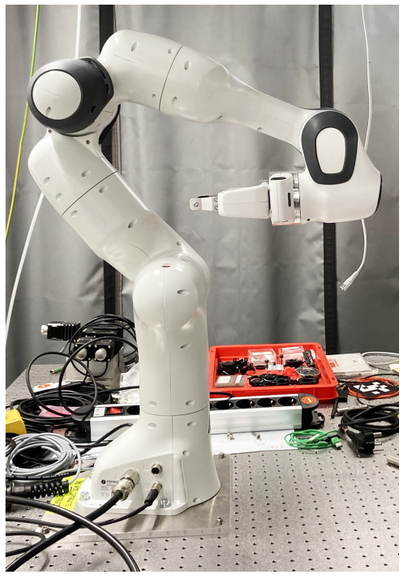
Die Besonderheit der Lichtwerkstatt, ein auf Optik und Photonik spezialisierter Makerspace zu sein, wirkt sich auf Ausstattung und Infrastruktur aus. Den interessierten Nutzer:innen stehen moderne Low- und Hightechwerkzeuge, Maschinen und Software zur Verfügung. In der Initialphase der Lichtwerkstatt erfasste das Team, welche der teilweise sehr preisintensiven Technologien und Geräte von den Maker:innen perspektivisch benötigt werden. Basierend auf eigenen Recherchen und Befragungen, den Erfahrungen bereits etablierter Makerspaces und FabLabs wurde zunächst in eine grundlegende Ausstattung investiert, die im Laufe der Zeit um vorwiegend projektspezifische und impulsgebende Werkzeuge und Geräte erweitert wurde.

Optik- und Photonikspezifische Ausstattung

Die Lichtwerkstatt Jena stellt als spezialisierter Makerspace für Photonik und Optik interessierten Nutzer:innen qualitativ hochwertige optische Forschungs- und Messtechnik zur Verfügung, z. B. Mikroskope, Spektrometer, Laser oder ein Powermeter mit verschiedenen Messköpfen. Hinzu kommt ein breites Sortiment an optomechanischen Komponenten und Materialien, wie Linsen, Prismen, Filter oder Objektive. Diese befinden sich im Laborraum des Makerspaces, der mit zwei modernen Optiktischen für präzises Arbeiten ausgestattet ist (z. B. zur Feinjustage optischer Komponenten). Nutzer:innen erhalten vor der Anwendung entsprechende Sicherheitseinweisungen.

▼ Hochwertige optische Forschungs- und Messtechnik zum präszisen Arbeiten in der Lichtwerkstatt. ©CWorsch





Roboterarm für das Projekt »XR Twin Lab« zur Untersuchung von Automatisierungen von Optikaufbauten.

Projektspezifische Ausstattung

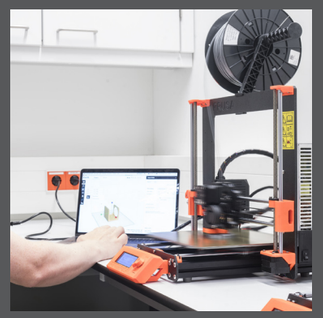
Benötigt ein Makerprojekt bzw. Unternehmen besondere Hightechwerkzeuge oder Messtechniken werden bestehende Kooperationen mit den Laboren im Abbe Center of Photonics und externen Partnern ausgelotet. Inwieweit die Lichtwerkstatt selbst in die Beschaffung spezifischer Geräte der Optik und Photonik investiert, hängt von den Kosten und dem nachhaltigen Einsatz für aktuelle und zukünftige Projekte im Makerspace ab.

RAPID PROTOTYPING

Die Lichtwerkstatt profitiert von den bereits vorhandenen Werkzeugen in den Werkstätten im Abbe Center of Photonics. Es können zahlreiche Geräte und Werkzeuge genutzt werden, um Projekte zu bearbeiten: Handwerkzeuge, Lötgeräte, Tellerschleifer, Dekupiersäge, Handkreissäge mit Führungsschiene, Oberfräse, Drehmaschine, Standbohrmaschine oder Fräsmaschine. Für den Makerspace selbst wurde in ein umfassendes Set an üblichen Handwerkzeugen (z. B. Schraubenzieher, Sägen) sowie Klein- und Handmaschinen (z. B. Handbohrmaschine) investiert. Für die Nutzer:innen des Makerspace besonders relevant sind Verfahren und Geräte zur schnellen Herstellung von Musterbauteilen für den Prototypen- und Modellbau. Hier sind 3D-Druck, Lasercutter und Elektronikkomponenten hervorzuheben.

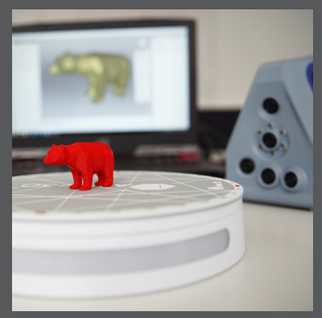
3D-Druck

Der 3D-Druck als additives Verfahren stellt eine präzise, kostengünstige und schnelle Möglichkeit zur Objekterstellung dar und ist für den Prototypen-Bau geeignet. In der Lichtwerkstatt werden zwei Verfahren genutzt: Der SLA-Drucker bindet UV-empfindliche Harze mithilfe eines Lasers und erzeugt so besonders detailreiche Druckergebnisse mit geringer Oberflächenrauigkeit. Zum Experimentieren, zur Entwicklung von Modellen oder zum Rapid Prototyping eignen sich FDM-Drucker.



3D-Scan

Mit 3D-Scannern und deren Kombination mit 3D-Druckern kann die Technologie- und Prototypingkette nahezu vollständig geschlossen werden. Daher bietet die Lichtwerkstatt Jena die Möglichkeit, hochgenaue 3D-Scans von texturierten Objekten zu erstellen. Die Handscanner kombinieren Geometrie- mit Texturdaten und ermöglichen so die Erfassung von komplexen Freiformen und organischen Oberflächen. Für die präzise Verarbeitung der Daten steht eine intuitive Software zur Verfügung.

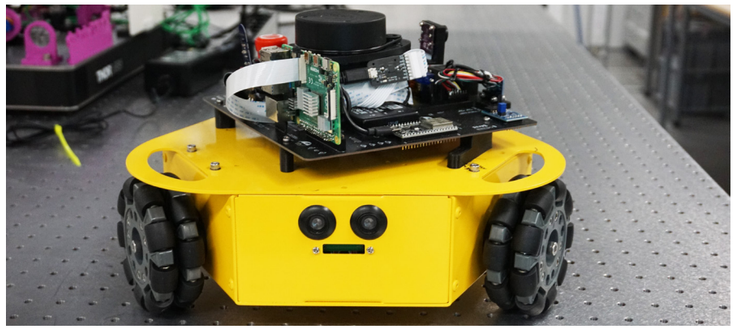


LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

Impulsgebende Ausstattung

Die Lichtwerkstatt plant stets Budget für zukunftsweisende Technologien ein. Dank einer Kooperation mit der Max Planck School of Photonics kann ein umfassendes Equipment an VR-/AR-Brillen, haptischen Feedback-Systemen, Graphic Tablets sowie spezielle Studiotechnik und Software zur Verfügung gestellt werden. Ziel ist es, den Maker:innen den experimentellen Zugang zu den Systemen zu gewähren, um Impulse für neue Projekte zu setzen.

AR-Technologien und moderne IoT-Systeme in Verbindung mit Robotik.

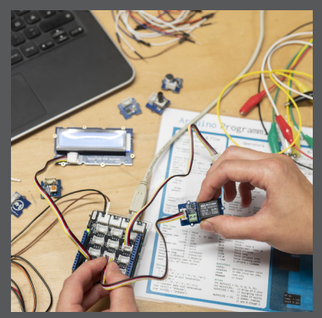


Lasermaterialbearbeitung

Für die Lasermaterialbearbeitung bietet die Lichtwerkstatt zwei verschiedene Systeme an: Der Lascutter ist für all diejenigen geeignet, die originelle Designs entwerfen und dabei unterschiedliche Materialen wie beispielsweise Holz, Textilien, Kunststoff oder Karton präzise bearbeiten bzw. schneiden möchten. Durch Gravuren mit dem Lasermarkierer lassen sich Produkte aus Metall, Kunststoff oder Keramiken individualisieren und veredeln.

Mikrocontroller

Eine geeignete Basis für elektronikbasierte Projekte stellen Mikrocontrollerboards dar. Sie sind leicht zu programmieren und können unkompliziert für die jeweiligen Steuerungs- und Kommunikationsaufgaben angepasst werden. Für die Arbeit an Elektronikprojekten verfügt die Lichtwerkstatt Jena über ein breites Sortiment an Boards, Shields, Modulen bzw. Sensoren und über die notwendigen Werkzeuge, Lötgeräte sowie Mess- und Prüftechnik (Oszilloskope oder Logikanalysatoren).



Kreativitätstechniken

Zur Unterstützung der Ideengenerierung oder Prototypen- bzw. Modellentwicklung liegen den Maker:innen verschiedene Werkzeuge und Materialien bereit. Neben klassischem Schreib- und Bastelmaterial kommen Legosteine, Playmais oder Knete insbesondere in Workshops zu Kreativitätstechniken wie Design Thinking zum Einsatz. Maker:innen erhalten so frühzeitig Feedback für ihre Ideen aus der Community.

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01 Jeder Makerspace stellt von Beginn an eine allgemeine Grundausstattung an Werkzeugen und Geräten zum Experimentieren und Protoyping (z. B. FDM 3D-Drucker) zur Verfügung. Beim Start eines Makerspaces ist es schwer abzuschätzen, welche Projekte die Maker:innen bzw. Unternehmen im Makerspace bearbeiten werden und welche Ausstattung dafür notwendig ist. Eine konkrete Planung zukünftiger Anschaffungen stellt eine große Herausforderung dar und sollte möglichst partizipativ und flexibel gehandhabt werden.

02 Damit die Maker:innen selbstständig an ihren Projekten im Makerspace arbeiten können, sind diese angehalten, den Umgang mit den Geräten in Workshops zu erlernen (z. B. Einführung in den 3D-Druck). Für den Zugang von Maker:innen zum Makerspace ohne nachgewiesene Fachkenntnis im Umgang mit den entsprechenden Geräten ist ein erhöhter personeller Aufwand bei der individuellen Betreuung und für entsprechende Trainings notwendig.

03 Spezielle Geräte können bedarfs- und projektbezogen – also entsprechend konkreter Anforderungen einzelner Akteure – beschafft werden. Das macht gerade bei preisintensiven und spezialisierten Geräten eine fachkundige Beurteilung im Hinblick auf potenzielle zukünftige Einsatzbereiche der Geräte erforderlich.

04 Kooperationen zum Austausch von Technik, Geräten bzw. Verfahren entlasten die eigenen Ressourcen, beispielsweise mit Instituten mit spezialisierten Hochtechnologien oder auch anderen Makerspaces mit besonderen Prototyping-Verfahren.

05 Es gilt, technologische Entwicklungen und Trends im Auge zu behalten. Allgemein empfiehlt es sich bei drittmittelfinanzierten Makerspaces, die Ausgaben über die Startphase hinaus zu verteilen, um flexibel auf technologische Neuerungen und zukünftigen Neuerungen reagieren zu können.

06 Der Zugang zum Makerspace ist für eine breite Nutzergruppe möglich. Die Zugangsbefugnisse werden den Nutzer:innen entsprechend ihrer Vorkenntnisse individuell erteilt. Zum Erlernen der korrekten Bedienungsweisen der Technologien bietet die Lichtwerkstatt regelmäßig einführende Workshops an. Die Teilnahme stellt die Voraussetzung für den Zugang zum Equipment dar, vergleichbar mit einem Geräteführerschein.

▶ Das Projekt »3D-Scanning Racing-Drohne« untersucht Photogrammetrie-Anwendungen unter Einsatz agiler FPV-Racing-Drohnen und nutzt hierfür Geräte und Verfahren wie den 3D-Druck aus der Lichtwerkstatt.

Veranstaltungen

Ziel des Veranstaltungskonzeptes ist es, die Teilnehmer:innen durch Vorträge und Projektpräsentationen für die Themen Makerspace, Photonik und Open Innovation zu begeistern und diese nach und nach an die stärker auf Innovation ausgerichteten Formate heranzuführen. Dafür wurden fünf Veranstaltungsformate entwickelt, die sich in Funktion, Umfang, didaktischem Konzept, Partizipationsgrad und Engagement der Teilnehmer:innen unterscheiden. Das Veranstaltungsangebot basiert auf Erfahrungen unserer Partner und der Lichtwerkstatt selbst, einer kontinuierlichen Evaluation sowie einem regen Austausch mit der Maker-Community.

Entwicklung des Veranstaltungsangebots

SCHRITT 01

IDENTIFIZIERUNG DER BEDARFE DER MAKER-COMMUNITY

Um herauszufinden, welche konkreten Wissensinhalte die potenziellen und aktuellen Maker:innen zur Entwicklung von Ideen bzw. zur Umsetzung eigener Projekte benötigen, hat sich die Lichtwerkstatt von Beginn an mit stark frequentierten bzw. spezialisierten Makerspaces vernetzt. Durch Analysen der Best Practices konnten für die Zielgruppen relevante und gewünschte Angebote abgeleitet werden. Außerdem hat sich das Team der Lichtwerkstatt bei bereits etablierten Veranstaltungen der Makerszene als Workshopleiter:innen (z.B. Gründerwerkstatt Neudeli, Weimar) oder als Mitorganisator (u.a. »Jenathon 2017«) eingebracht, um Erfahrungen mit verschiedenen Formaten zu gewinnen.

SCHRITT 02

ETABLIERUNG EIGENER VERANSTALTUNGS-FORMATE

Verschiedene Veranstaltungen zu Rapid Prototyping (z. B. 3D-Druck, Lasercutting) verhelfen dazu, Interesse in der Makerszene zu wecken und den Makerspace bekannt zu machen. Ein zunehmend loyaler Teilnehmerkreis stellt die Grundlage sowohl für die Entwicklung neuer Workshopthemen dar, als auch für die Erweiterung der Veranstaltungen um Formate mit höherer Innovationskraft wie beispielsweise Hackathons. Zudem ist die Lichtwerkstatt in die Veranstaltungen »Hands-on Innovation« des Bachelor-Lehrprogramms der HS Mainz und »Innovation Methods in Photonics« des Master-Lehrprogramms der FSU Jena eingebunden. Hier entwickeln Studierende eigene Ideen für Alltagsprobleme und setzen diese prototypisch um.

SCHRITT 03

VERBINDEN VON PROJEKTEN MIT UNTER-NEHMEN

Durch eine zunehmende Anzahl an Makerprojekten innerhalb der Lichtwerkstatt ergeben sich immer neue, spezialisierte Themenfelder für Veranstaltungen. Um die Projekte mit Ideen und Know-How der Maker-Community anzureichern, werden Projektvorstellungen und Workshops unter Einbindung der Projektgruppen durchgeführt (z. B. Workshop zu Holografie mit dem System »openUC2«). Eine besondere Form der Zusammenarbeit zwischen Projektteams und Unternehmen stellt das Innovation Camp dar: Hier entwickeln Teilnehmer:innen Lösungsansätze für praxisnahe Problemstellungen aus der Photonikindustrie. Im Rahmen der »Lichtwerkstatt Pro«-Förderung wird das Veranstaltungsangebot verstärkt auf unternehmerische Projekte ausgerichtet.

SCHRITT 04

ERWEITERUNG UM DIGITALE BZW. HYBRIDE FORMATE

Die Lichtwerkstatt bietet Veranstaltungen auch digital an. Onlineveranstaltungen versprechen eine potenziell höhere Reichweite und erreichen Teilnehmer:innen nicht nur vor Ort, sondern auch überregional (z. B. Workshop-Reihe »Blender for Scientists«) und sogar weltweit (z. B. »Makeathon 2021«). Gerade Workshops mit Software-Themen oder Hackathons mit Programmieraufgaben eignen sich als Onlineformate. Die Teilnehmer:innen sollten auf frei verfügbare Software zugreifen können. Um einen reibungslosen Ablauf sicherzustellen, sind eine hochwertige technische Ausrüstung und der kompetente Umgang seitens der Dozent:innen erforderlich.

▶ Herausforderungen und Learnings, S. 27.

Open Innovation Veranstaltungsformate

Vorträge und Projektvorstellungen

Im Rahmen von Vorträgen bzw. Projektvorstellungen geben Makerprojekte oder Industriepartner Einblicke in ihre aktuelle praktische Arbeit. Die Vortragenden haben die Möglichkeit, eigene Konzepte zur Diskussion zu stellen und neue Mitglieder für das eigene Team zu gewinnen. Das Format bietet einen niedrigschwelligen Zugang zum Makerspace und dient neben der Inspiration der Teilnehmer:innen im Besonderen der Sichtbarmachung der Projekte.

Workshops

Gemeinsam mit Expert:innen erarbeiten die Teilnehmer:innen Anwendungsmöglichkeiten von speziellen Technologien und Verfahren und setzen diese direkt praktisch ein. Workshops haben neben der Vermittlung von Wissen zu projektbezogenen Themen insbesondere zum Ziel, die Ideenentwicklung und Ideenumsetzung der Teilnehmer:innen zu fördern.

Hackathons

In einem vorgegebenen Zeitrahmen (z. B. von 12, 24 Stunden) entwickeln Teams Lösungsansätze für relevante Problemstellungen der Projektpartner in Form von Konzepten oder Demonstratoren. Ziel ist die ergebnisorientierte Anwendung spezifischer Technologien und ein eigener Beitrag zu Forschung und Entwicklung.

Innovation Camps

Die Teilnehmer:innen erhalten von den Projektpartnern die Aufgabe, hard- und softwarebasierte Lösungen für aktuelle praktische Problemstellungen zu erarbeiten. Die Teams entwickeln innerhalb einer mehrtägigen Veranstaltung bzw. einer mehrwöchigen Bearbeitungsphase Ideen und setzen sie prototypisch um.

Open Photonics Challenges

Die Lichtwerkstatt unterstützt Unternehmen darin, eigene Innovationsprozesse zu öffnen und zusätzliche Quellen von Kreativität und Innovation durch das Einbinden der Maker-Community zu erschließen. Dazu dient das Format der Open Photonics Challenges, das mit Beginn der »Pro-Phase« der Lichtwerkstatt (ab 2020) gestartet wurde. Die Open Photonics Challenges sind als Wettbewerb ausgerichtet, bei dem Teilnehmer:innen in Gruppen über mehrere Monate selbstständig an Lösungsansätzen für eine offen formulierte Problemstellung arbeiten. Die Open Photonics Challenges sind als Meta-Format zu verstehen, das die bereits etablierten Formate (insb. Workshops, Hackathons und Innovation Camps) einschließt und entsprechend der projektspezifischen Notwendigkeit zusammenführt.

Niveaustufen

Entsprechend der individuellen Vorkenntnisse können die Teilnehmer:innen zwischen zwei Niveaustufen bei den Veranstaltungen wählen. Je nach Bedarf der Nutzergruppen werden die Veranstaltungen in deutscher oder englischer Sprache angeboten.

BASIC

Die Grundlagenveranstaltungen bieten einen Einstieg in ein spezielles Thema und sind so konzipiert, dass sie für jedermann auch ohne Vorwissen gut verständlich sind (z. B. Workshop »Einführung ins Lasercutting«). Gerade hier sind auch Zielgruppen angesprochen, die keinen Forschungs- bzw. Wissenschaftshintergrund haben.

PROFI

Die Veranstaltungen richten sich an Fortgeschrittene, die bereits über Vorkenntnisse zum Thema verfügen und ihr Wissen vertiefen möchten (z. B. Workshop »Python for Science«).

◤◤ Teilnehmer:innen am Workshop »Python for Science« [Profi | englisch].

▲▲ Team beim Lösen von Aufgaben aus der unternehmerischen Praxis beim Innovation Camp. ©CWorsch

▲ 12 Stunden Zeit zum Lösen eines Problems beim »Makeathon« bei den »Photonics Days 2019«.

Funktionen der Veranstaltungen

NIEDRIGSCHWELLIGER ZUGANG ZUM MAKERSPACE

Gerade Personen ohne Anbindung an wissenschaftliche Forschungsinstitute weisen eine gewisse Zurückhaltung beim Aufsuchen von Makerspaces auf, die an Universitäten oder Instituten angebunden sind. Um diese Zugangsbarrieren zu mindern, empfiehlt sich der Einsatz von Veranstaltungen mit Themen für eine breite Öffentlichkeit. So können beispielsweise interaktive Ausstellungen der Makerprojekte und Geräte zum Anfassen bei einer »Langen Nacht der Wissenschaft« oder bei Tagen der offenen Tür dabei helfen, das öffentliche Interesse zu wecken und Hemmungen abzubauen. Auch Vorträge, Projektvorstellungen und Grundlagen-Workshops (z. B. Einführung in den 3D-Druck | Basic | deutsch) eignen sich dafür.

VERMITTLUNG VON WISSEN

Workshops eignen sich zur Vermittlung von generellem und spezifischem Wissen. Dies stellt die Grundlage für das selbstständige Arbeiten und Experimentieren an eigenen Projekten dar. Die Teilnehmer:innen werden zum gemeinsamen Ausprobieren ermutigt. Workshopleiter:innen unterstützen bei der Bewältigung der Aufgaben und vermitteln das notwendige Detailwissen. Nach dem Besuch des entsprechenden Workshops sind die Teilnehmer:innen in der Lage, eigenständig an den entsprechenden Geräten bzw. Programmen zu arbeiten, was letztlich die selbstständige Umsetzung von Projektideen fördert.

BEFEUERN VON IDEEN UND INVENTIONEN

Gerade bei den Formaten Hackathon und Innovation Camp wird stark auf die Partizipation der Teilnehmer:innen gesetzt, die sich nicht nur auf das reine »Mitmachen« beschränken, sondern eigene Inhalte, Ideen und Erfahrungen einbringen. Diese Veranstaltungsformate weisen einen deutlich höheren Freiheitsgrad auf und geben den Teilnehmer:innen den Raum für kollaboratives Arbeiten, ein hohes individuelles Involvement und kreatives Denken. Gekoppelt an Problemstellungen von Unternehmen dienen die Veranstaltungen auch dazu, Open Innovation zu fördern.

UNTERSTÜTZUNG BEIM AUFBAU EINER COMMUNITY

Ob Projektvorstellung, Vortrag, Workshop, Hackathon oder Innovation Camp – die Veranstaltungen werden nicht nur ausgerichtet, um Wissen zu vermitteln und Ideen zu generieren, sondern bieten Gelegenheiten zum Austausch unter den Teilnehmer:innen. Dabei werden beispielsweise spezifische Kenntnisse zur Anwendung eines bestimmten Gerätes oder Erfahrungen bei der Entwicklung einer Geschäftsidee ausgetauscht. Ziel ist es, ein Netzwerk unter den Teilnehmer:innen aufzubauen und den Transfer des Wissens untereinander zu fördern. Der Makerspace profitiert von einer lebhaften Community.

Veranstaltungen der Lichtwerkstatt

2018 | **2019** | **2020** | **2021** | **2022**

Eine Auswahl im Überblick

Workshops
3D-Erfassung | Basic | deu

Digitale Holografie I | Basic | deu

Digitale Holografie II | Profi | deu

MKWI Konferenz Design Thinking Workshop | Basic | deu

3D-Druck | Basic | deu

Lasercutting | Basic | eng

Elektronik | Basic | deu

3D-Druck, Lasercutting, Optik, Elektronik | MINT-Festival | Basic | deu

3D-Druck | Bauhaus-Universität Weimar | Basic | deu

3D Printing | Basic | eng

Hackathons
Jenathon | Basic/Profi | deu

Lehrveranstaltung
Hands-on Innovation | HS Mainz | Fachbereich Wirtschaft | Sommersemester | deu

OpenLabs
Deine Idee – Deine Werkstatt! | Basic/Profi | deu/eng

Workshops
CAD: rechnerunterstütztes Konstruieren I & II | Basic | deu

Electronics | Basic | eng

OpenUC2 – Ein Mikroskop für dein Smartphone | Basic | deu

Optik Design | Profi | deu

3D-Printing | Basic | eng

Photonics Design Sprint | Profi | deu

Python | Basic | eng

SLA 3D-Druck | Profi | deu

Vorträge
Quantum Imaging | Basic | Profi | deu

AVT Optische Systeme | Profi | deu

Hackathons
OpenUC2 – Workathon // Tag des Lichts | Profi | deu/eng

Photonics Days Makeathon | Profi | eng

Innovation Camps
Photonik-Akademie | Profi | deu

OpenLabs
Lange Nacht der Wissenschaften | FSU Jena | Basic/Profi | deu/eng

Workshops
Computer Vision in Python | Profi | eng

CAD: rechnerunterstütztes Konstruieren I | Basic | deu

Blender for Scientists | Workshop Serie | Basic | eng | online

3D Printing | Basic | eng | online

Lasercutting | Basic | eng | online

Design Thinking Projekt Coachwhisperer | Basic | deu

Vorträge
Rapid Prototyping | JenaVsVirus Hackathon | Basic | deu | online

Business Modelling | iHack RLP | Basic | deu | online

Celerrime Medical Drone | Basic/Profi | deu

AR/VR Digital Lab | Eröffnung mit Projektvorstellung | Basic/Profi | deu

Hackathons
Photonics Days Virtual Makeathon | Profi | eng | online

OpenLabs
Lichtwerkstatt – Virtueller Rundgang | Jena Digital Safari | Basic/Profi | deu | online

Workshops
Blender for Scientists | Workshop-Serie | Basic | eng | online

Photonics Software Bootcamp | Latex, Python, Inkscape | Basic/Profi | eng | online

Arduino | Basic | eng

CO_2 Traffic Light | Basic | eng

Internet of Things | Profi | eng

Vorträge
Von der Gründungsidee zum Prototyp | Gründen in Jena...zu Gast bei: Lichtwerkstatt Jena | Profi/Basic | deu | online

Lichtwerkstatt Makerspace | Career Days | Profi | eng | online

Hackathons
Photonics Days Virtual Makeathon | Profi | eng | online

Lehrveranstaltung
Innovation Methods in Photonics | FSU Jena | Physikalisch-Astronomische Fakultät | Sommersemester | eng | online/Präsenz

OpenLabs
Lichtwerkstatt – Virtueller Rundgang | Gründen in Jena...zu Gast bei: Lichtwerkstatt Jena | deu | online

Workshops
Python for Beginners | Workshop mit OSA SPIE und ASP | Basic | eng | online/Präsenz

Irgendwas mit Technik! Projekttage an der Jenaplanschule Jena | Workshops u.a. zu 3D-Druck, Arduino, Design Thinking, Pitch-Training | Basic | deu

Open Innovation in der Photonik · Neue Innovationspfade erproben! | Kooperation mit OptoNet e.V. | Zielgruppe: Vertreter:innen der Photonikbranche | deu

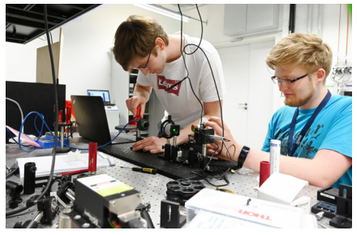
Vorträge
Lichtwerkstatt Makerspace | Career Days | Profi | eng | online

Hackathons
Photonics Days Makeathon | Basic/Profi | deu/eng

Lehrveranstaltung
Innovation Methods in Photonics | FSU Jena | Physikalisch-Astronomische Fakultät | Sommersemester | eng | online/Präsenz

OpenLabs
Lange Nacht der Wissenschaften | FSU Jena | Basic/Profi | deu/eng

▼ »Innovation Camp 2019«: 28 physikbegeisterte Studierende erhalten die Aufgabe, hard- und softwarebasierte Lösungen für eine aktuelle praktische Frage von Aura Optik, Calisto, Fraunhofer IOF, openUC2 oder Zeiss zu erarbeiten. Die Teams nehmen an flankierenden Workshops teil und entwickeln Ideen, setzen diese prototypisch um und präsentieren sie abschließend vor einer Fachjury und den Challenge-Gebern. Bild 4: ©Kasper/FSU



LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01

Gerade für den Aufbau eines Makerspaces empfiehlt sich ein breites Angebot an Workshops, welches einen einfachen Einstieg der Öffentlichkeit ermöglicht und das Potential des Makerspaces verdeutlicht. So sind Workshops zur Einführung in den 3D-Druck oder Lasercutting sowohl bei Maker:innen, Forscher:innen als auch bei interessierten Bürger:innen beliebt.

02

Ein breitgefächertes, an den Zielgruppen orientiertes Veranstaltungsprogramm erfordert hohe personelle Ressourcen. Der Betreuungsaufwand vor, während und nach einer Veranstaltung ist sehr groß. Dies gilt sowohl für die Wissensvermittlung bei Workshops, die Begleitung von Teams bei einem Hackathon oder die Durchführung kooperativer Veranstaltungen mit Industrieunternehmen. Die hohen personellen Ressourcen lassen sich durch das Einbinden von Netzwerkpartnern bei Veranstaltungen abfedern. So zeigen sich qualifizierte Mitarbeiter:innen von verbundenen Forschungsinstituten offen für ein Engagement im Makerspace.

03

Die Zielgruppen unterscheiden sich teilweise stark hinsichtlich ihrer Vorkenntnisse und ihrem Fachwissen, insbesondere bei der Nutzung von Technologien. Dieser Heterogenität der Teilnehmer:innen kann durch das Angebot differenzierter Niveaustufen (Basic und Profi) und Sprachanpassungen (deutsch und englisch) begegnet werden.

04

Besondere Empfehlungen bei **Online-Formaten**:

- Die Überführung analoger Veranstaltungen in den digitalen bzw. virtuellen Raum benötigt spezielle Technik (z. B. Handkamra, Green Screen, Monitore) und angepasste didaktische Konzepte, um einen Lernerfolg bei den Teilnehmer:innen sicherzustellen.
- Gerade Workshops mit Software-Themen oder Hackathons mit Programmieraufgaben eignen sich als Onlineformate. Die Teilnehmer:innen sollten auf frei verfügbare Software zugreifen können.
- Eine Einschränkung der Teilnahmezahl bietet sich immer dann an, wenn es sich um komplexe Themen handelt. Das gemeinsame »Mitmachen, Ausprobieren und Tüfteln« vor Ort fällt aus, so dass Dozent:innen den Fokus stärker auf das Demonstrieren legen sollten. Um Hemmnisse der virtuellen Kollaboration abzubauen ist es wichtig, eine offene Arbeitsatmosphäre zu schaffen und die Teilnehmer:innen zu Fragen und zu motivieren.
- Um die praktische Arbeit »am Werkstück« zu sichern, können Probiersets und Kits vorab an die Teilnehmer:innen versendet werden. Auch Lösungen der virtuellen Teilnahme durch AR-/VR-Technologien werden entwickelt.
- Ein Austausch mit anderen Institutionen (z. B. Makerspaces, Universitäten, VDI-Förderprojekte) über Erfolge und Herausforderungen bei der Digitalisierung der Veranstaltungsangebote ist hilfreich, um die eigenen Angebote zu optimieren.

05

Kontinuierliche Evaluationen der eigenen Veranstaltungen durch Befragung der Teilnehmer:innen sichern die nachhaltige Qualität und bedarfsgerechte Weiterentwicklung der Veranstaltungen. Diesbezüglich kann auch ein enger Austausch in Form von Diskussionsrunden oder internen Workshops mit den Projektteams sicherstellen, dass relevante Themen in das Veranstaltungsprogramm aufgenommen werden und die Maker-Community eng angebunden wird.

Beratung und Mentoring

Maker:innen und Projektteams wenden sich in unterschiedlichen Projektphasen und aus ganz verschiedenen Gründen an die Lichtwerkstatt. Neben der Schulung spezieller Kompetenzen durch Workshops bietet die Lichtwerkstatt auch ein individuelles Mentoring für die Projektteams an. Dieses umfasst Hilfestellungen beim Einsatz von Werkzeugen oder Feedback zu entwickelten Ideen. Bei spezifischen, komplexen bzw. strategischen Fragestellungen der Teams berät die Lichtwerkstatt umfangreich und vermittelt an kompetente Netzwerkpartner, wie beispielsweise Gründungsservices der Universitäten.

Unterstützungsbereiche der Lichtwerkstatt

Von Technikbetreuung über Projektmanagement bis hin zu Kreativitätstechniken – die Lichtwerkstat unterstützt die Maker:innen in verschiedenen Bereichen. Grundlage für eine zielführende Unterstützung der Maker:innen stellt eine gute Kommunikation zwischen den Projekten und der Lichtwerkstatt dar. Im ständigen Dialog und in gemeinsamen Workshops können die Möglichkeiten und die Kompetenzen vorgestellt und zusätzliche Bedarfe der Maker:innen ausgelotet werden.

TECHNIK, SYSTEME, WERKZEUGE

Die Lichtwerkstatt bietet Maker:innen den Zugang zu modernen Fertigungstechniken und Werkzeugen, spezifischer Soft- und Hardware sowie zu laborspezifischer Ausstattung. Hilfestellung erhalten sie bei der Auswahl von geeigneten Geräten und der konkreten Anwendung der Technologien, beispielsweise beim Erzeugen von 3D-Druckmodellen und der Inbetriebnahme des 3D-Druckers. Die Unterstützung kann durch individuelle Coachings bzw. in Form eines Workshops vermittelt werden. Das Team der Lichtwerkstatt greift dabei nicht nur auf das technische Fachwissen zurück, sondern bringt auch eigene Erfahrungen ein, so dass ein steter Wissensaustausch im Makerspace gefördert wird. Eine Besonderheit der Lichtwerkstatt ist neben dem Zugang zu labortechnischen und photonikspezifischen Technologien und Geräten, auch die fachspezifische Beratung durch Experten. Ein Netzwerk aus Wissenschaftler:innen, Forscher:innen und Praktiker:innen aus den Bereichen Optik und Photonik ist eng an die Lichtwerkstatt angebunden, so dass Maker:innen auch Hilfestellung erhalten, wenn sie spezifische Projektideen bzw. Fachfragen haben.

PROJEKTMANAGEMENT

Benötigen Maker:innen Unterstützung bei der Planung, Steuerung oder Durchführung ihrer Projekte, bietet das Team der Lichtwerkstatt Hilfestellung im Bereich des Projektmanagements an. Da die Makerteams in unterschiedlichen Phasen ihres Innovationsprozesses an die Lichtwerkstatt herantreten, sind individuelle Analysen notwendig, um zielführende Maßnahmen abzuleiten. Häufig erweisen sich workshopartige Auftakttreffen der Teammitglieder und der Lichtwerkstatt als zielführend, um sich über die einzelnen Projektphasen auszutauschen und die Notwendigkeit bestimmter Projektmanagement-Maßnahmen zu identifizieren.

Spektrum der Unterstützungsintensität

Maker:innen und Projektteams treten in unterschiedlichen Projektphasen an die Lichtwerkstatt heran. Die Unterstützung ist sehr unterschiedlich und weist eine hohe projektspezifische Flexibilität auf.

Geringe Intensität

Maker:innen und Projektteams suchen punktuell die Lichtwerkstatt auf. Sie nutzen die Technologien für konkrete mehr oder weniger komplexe Aufgaben.

Das Start-Up »ROBUST AO« nutzt den 3D-Drucker zum Erstellen eines Gehäuses für Steuerungselektronik, um es als Prototyp bei potenziellen Kunden zu testen.

Mittlere Intensität

Die Projektteams suchen wiederkehrend den Austausch mit der Lichtwerkstatt und nutzen die Technologien im Makerspace. Die Begleitung der Teams erfolgt meist über einen begrenzten Zeitraum.

Das Team von »NeoVital« nimmt das technische Mentoring und die Technologien bzw. die Räumlichkeiten beim Bau eines Prototypen in Anspruch.

Hohe Intensität

Umfassende Betreuung der Projekte durch intensives Mentoring und individuelle Coachings. Meist erstreckt sich die Zusammenarbeit mit den Teams über einen längeren Entwicklungszeitraum hinweg.

Das Team von »Coachwhisperer« nutzt Workshops zur Projektplanung, zum Business Modelling und Design Thinking, das Mentoring beim Bau eines Prototypen sowie die Kreativität von Maker:innen als Challenge-Geber beim »Makeathon 2020«.

METHODEN ZUR FÖRDERUNG VON KREATIVITÄT UND ENTWICKLUNG VON GESCHÄFTSMODELLEN

Um die Entwicklung neuer Ideen oder das Lösen von komplexen Problemen zu fördern, bietet die Lichtwerkstatt Coachings im Bereich der Kreativitätstechniken, speziell zum Design Thinking-Ansatz an. In den meist für die Projektteams individuell konzipierten Workshops werden die Teammitglieder nicht nur mit der Zielstellung und Durchführung vertraut gemacht, sondern auch bei der praktischen Anwendung des Ansatzes für das konkrete Projekt begleitet. Hilfestellung gibt die Lichtwerkstatt auch bei der strategischen Planung oder Entwicklung von Geschäftsmodellen, beispielsweise durch die Anwendung des Business Model Canvas.

VERNETZUNG MIT INTERNEN UND EXTERNEN PARTNERN

Im Rahmen des Mentorings haben die Maker:innen bzw. Projektteams die Möglichkeit, ihre ersten Projektideen und Konzepte ausgewiesenen Experten und Mentoren der Lichtwerkstatt vorzustellen. Gemeinsam werden die Ziele und Möglichkeiten bewertet und konkrete Schritte zur Umsetzung formuliert. Die Veranstaltung wird individuell für die Maker:innen eingerichtet und hat das Ziel, die Projektumsetzung mittels realistischer Bewertungen und konkreter Hilfestellungen anzustoßen. Neben dem Austausch unter den Maker:innen fördert die Lichtwerkstatt auch die Vernetzung mit externen Partnern und Gruppen. So verfügt die Lichtwerkstatt über sehr gute Verbindungen zu Wissenschaft, Forschung und Praxis insbesondere in den Bereichen Optik und Photonik. Die Lichtwerkstatt bringt einzelne Maker:innen mit hilfreichen und kompetenten Netzwerkpartnern zusammen, die als Experten bei speziellen Fragen beratend zur Seite stehen – unahängig von der jeweiligen Entwicklungsphase.

NUTZEN VON SPEZIELLEN VERANSTALTUNGSFORMATEN

Haben Maker:innen oder Start-Ups ihre Ideen bereits auf den Weg gebracht und benötigen ein Feedback der Community oder konkrete Lösungen zur Bewältigung eines Problems, dann können sie gemeinsam mit der Lichtwerkstatt Veranstaltungen ausrichten und so die Community des Makerspaces ansprechen. Dies ermöglicht es den Projekten ihren Innovationspfad für neue Ideen zu öffnen, neue Projektmitstreiter und -unterstützer zu finden, einen kritischen Austausch mit Experten zu führen, sich und ihr Projekt der Öffentlichkeit zu präsentieren oder das eigene Produkt bzw. Konzept bei einer speziellen Zielgruppe zu testen. Entsprechend der individuellen Zielstellung des Projektteams können Workshops, Hackathons, Projektvorstellungen oder Innovation Camps konzipiert und umgesetzt werden.

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01

Eine mit dem Wachstum der Community einhergehende Herausforderung ist es, das vorhandene und entstandene Wissen zu dokumentieren und zugänglich zu machen. Oft verfügen Maker:innen über spezielles Wissen zu speziellen Geräten, Verfahren und Tools, das auch nach Beendigung der Zusammenarbeit mit der Lichtwerkstatt erhalten bleiben soll. Zumeist findet dieser Wissenstransfer über die Mitarbeiter:innen der Lichtwerkstatt statt. Die Aufgabe besteht darin, das Wissen zu institutionalisieren, um es der gesamten Community über einen langen Zeitraum verfügbar zu machen und Synergien unter den Maker:innen nutzen zu können. Dies kann beispielsweise über einen einfachen Zugriff auf die Wissensressourcen erfolgen, wie etwa ein gemeinsam genutzter Cloud-Speicher, andere Kommunikationstools und regelmäßige interne Schulungen.

02

Zur Sicherung des Wissenstransfers innerhalb der Community können versierte Maker:innen als Multiplikatoren (oder wissenschaftliche Mitarbeiter:innen) eingebunden werden. Sie erhalten exklusive Arbeitsplätze und Aufgaben im Makerspace und stehen anderen bei Fragen zur Verfügung.

03

Neben dem Teilen von Wissen zu speziellen Technologien oder Verfahren bereichert insbesondere der Austausch der individuellen Erfahrungen bei der Umsetzung der eigenen Projekte die Gemeinschaft. Diese Art von Wissenstransfer ergibt sich beinahe automatisch, wenn Maker:innen im Makerspace persönlich aufeinandertreffen oder sogar am gleichen Gerät arbeiten. Diese Möglichkeiten sind durch die Covid19-Pandemie und die damit verbundenen Kontaktbeschränkungen stark eingeschränkt.

04

Die Maker:innen mit ihren differenzierten Projektideen weisen vielfältige Unterstützungsbedarfe in unterschiedlichen Intensitäten auf. Um die Zusammenarbeit zielführend zu managen, bieten sich regelmäßige Gespräche zu projektrelevanten Aspekten (z. B. Projektidee, Zielstellung, Team, Probleme) an. Eine angenehme, offene und freundliche Atmosphäre im Makerspace hilft, mögliche Hemmschwellen der Maker:innen zu senken, ihre Fragen zu stellen und Ideen frei zu äußern. Auf dieser Grundlage lassen sich spezifische Bedarfe ermitteln, geeigente Veranstaltungen planen und hilfreiche Kompetenzen identifizieren.

05

Ein Netzwerk an Experten für unterschiedliche thematische Schwerpunkte sichert schnelle und unkomplizierte Hilfe für die Maker:innen. Die Themenfelder umfassen u. a. die Technik im Makerspace, fachspezifische Kenntnisse (z. B. Photonik und Optik), Projektmanagement oder Geschäftsmodellentwicklung.

06

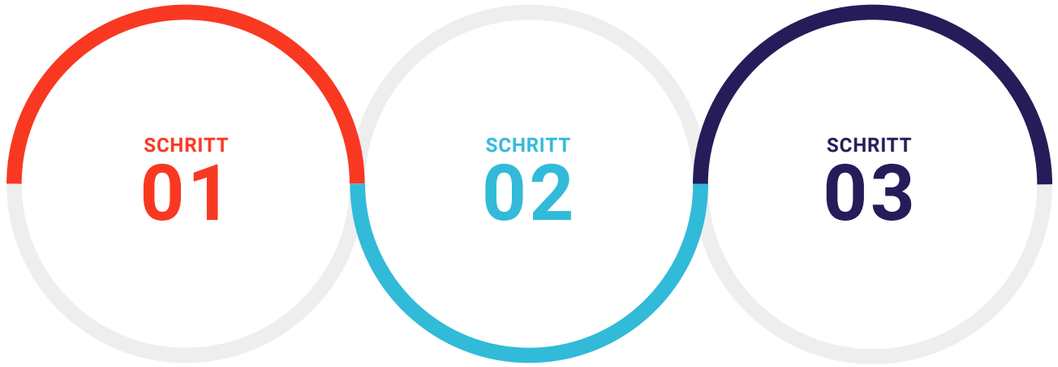
Eine Übertragung des Community-Gedankens in die virtuelle Welt und die Sicherung des Wissenstransfers unter den Maker:innen ohne persönlichen Kontakt untereinander ist herausfordernd. Eine virtuelle Gemeinschaft lässt sich durch gemeinsame Online-Meetings mit verschiedenen Teams und Maker:innen zu speziellen Themenfeldern initiieren. Online-Meetings dienen nicht nur dem gegenseitigen Kennenlernen und fachlichen Austausch; sie sollen vielmehr weitere – von den Maker:innen selbst initiierte – Treffen untereinander auslösen. Gerade bei rein virtuellen Veranstaltungen wie Online-Workshops und Online-Hackathons ist es schwierig, einen Austausch der Teilnehmer untereinander zu stimulieren. Perspektivisch ist ein gemeinsamer Austausch auch mit Hilfe von AR/VR-Technologien vorstellbar.

Kommunikation und Vernetzung

Kommunikation und Vernetzung sind elementar für den Erfolg des Makerspace. Um alle Akteursgruppen zu erreichen, wurde darum für die Lichtwerkstatt ein Kommunikationskonzept entwickelt. Diesem geht eine detaillierte Zielgruppenanalyse voraus. Um die heterogenen Gruppen mit dem Angebot der Lichtwerkstatt zu erreichen und eine funktionierende Community aufzubauen, werden vielfältige Kommunikationsmaßnahmen eingesetzt.

Entwicklung der Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie der Lichtwerkstatt verfolgt im Wesentlichen drei Ziele: die Sicherung und Steigerung der Bekanntheit, die differenzierte Ansprache der verschiedenen Zielgruppen und schließlich die Etablierung der Lichtwerksatt als Marke.



BEKANNTHEIT SCHAFFEN UND STEIGERN

Zu Beginn sind Maßnahmen zu empfehlen, die möglichst breite Nutzergruppen abdecken und grundsätzliche Informationen zum Makerspace vermitteln. Ziel ist es im ersten Schritt die Bekanntheit des Makerspaces zu erhöhen, d.h. Aufmerksamkeit bei einer breiten Öffentlichkeit zu generieren und relevante Informationen zum Angebot des Makerspaces zu vermitteln. Eine übersichtliche Website sowie Social Media sind für eine erhöhte Sichtbarkeit im Internet nützlich. Zudem gilt es Multiplikatoren zu gewinnen, die ähnliche Zielgruppen ansprechen, bereits über etablierte Kommunikationskanäle verfügen und bereit sind, Informationen zum Makerspace zu verbreiten. Die Kombination von Online- und Offline-Kommunikationsmaßnahmen hat die Lichtwerkstatt regional und überregional bekannt gemacht und sie gleichsam als glaubwürdigen, kompetenten und kreativen Makerspace positioniert.

ZIELGRUPPEN VERSTEHEN UND DIFFERENZIERT ANSPRECHEN

Neben Personen mit fachspezifischen Interessen (im Bereich der Photonik) wendet sich die Lichtwerkstatt an Kreative, Gründungsinteressierte und Personen ohne Photonik-Hintergrund. Gleichzeitig werden Industrieunternehmen der Photonik und anderer Branchen adressiert, um gemeinsam Innovationsprojekte im Makerspace anzustoßen. Die Heterogenität der Zielgruppen fordert eine umfassende Zielgruppenanalyse und eine ausdifferenzierte Kommunikation. Durch die Erfahrungen in der Initialphase, den Austausch mit anderen Makerspaces und die umfassende Begleitforschung gelingt es, die Zielgruppen weiter auszudifferenzieren und hinsichtlich ihrer Merkmale zu konkretisieren. Dadurch lassen sich die Zielgruppen genau beschrieben und es entsteht ein klares Bild hinsichtlich der geeigneten Kommunikationskanäle, der Bedürfnisse und der Art und Weise der Botschaften.

DIE LICHTWERKSTATT ZU EINER MARKE MACHEN

Basis für eine qualitativ hochwertige und zielgruppenspezifischere Ansprache ist ein wiedererkennbares Erscheinungsbild der Lichtwerkstatt. Ein einheitliches Corporate Design wird für alle digitalen und gedruckten Kommunikationsmittel genutzt. Weiterhin richten sich die Inhalte verstärkt nach den Interessen der Maker-Community. Dafür werden die überaus inspirierenden Makerprojekte innerhalb der Lichtwerkstatt kommunikativ aufgegriffen und mittels Storytelling authentisch aufbereitet. Portraits von Maker:innen oder Interviews mit Expert:innen eignen sich ebenso wie Technikinsights. Dadurch können nicht nur Fakten vermittelt, sondern glaubwürdige Einblicke in die Arbeit und Atmosphäre des Makerspace gegeben werden. Das Vorgehen dient dazu, die Lichtwerkstatt als Marke zu etablieren. Diese führt zur Wiedererkennung, Bindung und Weiterempfehlung unter den Zielgruppen.

OFFLINE-KOMMUNIKATION

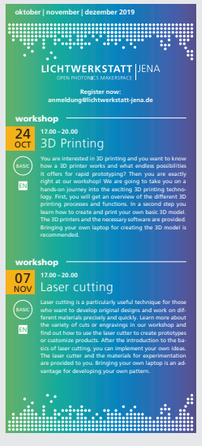
Mittels Printprodukten lassen sich besonders Personen und Institutionen auf die Angebote der Lichtwerkstatt aufmerksam machen, die im räumlichen Umfeld des Makerspaces zu finden sind – insbesondere am Beutenberg Campus Jena bzw. der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Die Lichtwerkstatt nutzt neben Plakaten und Visitenkarten auch **Flyer und Einleger** mit dem Überblick über aktuelle Veranstaltungen. Sie dienen gleichermaßen zur Ansprache von (potenziellen) Maker:innen, Unternehmen und Forschungsinstituten, Kooperationspartner:innen sowie der interessierten Öffentlichkeit. Damit die Printprodukte von den Zielgruppen schnell und eindeutig der Lichtwerkstatt zugeordnet werden, weisen sie ein einheitliches **Corporate Design** hinsichtlich Farbe, Typografie und Layout auf. Die Ansprache der Zielgruppe der Maker:innen erfolgt in einem persönlichen und motivierenden Sprachstil. Einleger und Plakate werden an zielgruppenrelevanten Orten (z. B. Hochschulen, Partner-Unternehmen, Makerspaces, Gründerzentren) verteilt, wenn die Veranstaltung in Präsenz stattfinden.

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT & PR

Um die eigene Sichtbarkeit und die Bekanntheit zu steigern, beteiligt sich die Lichtwerkstatt an öffentlichkeitswirksamen **Veranstaltungen**. Sie dienen sowohl zur Gewinnung von innovativen Maker:innen bzw. Makerprojekten, als auch zur Anbahnung von Kooperationen mit Unternehmen als Fachreferenten bzw. Themengeber. Die Auftritte der Lichtwerkstatt werden dabei stets mit Kommunikations- und Werbemitteln im einheitlichen Gestaltungsstil ergänzt (z. B. Präsentationen, Videos, Roll-Up, Plakate und 3D-gedruckte Give-Aways). Zudem findet der Lichtwerkstatt Makerspace innerhalb der wissenschaftlichen Community Berücksichtigung, beispielsweise durch Artikel in Fachjournalen. Um den Makerspace auch überregional in der Makerszene bekannt zu machen, wird angestrebt, Artikel über besondere Projekte des Makerspaces in zielgruppenspezifischen **Publikationen** (z. B. MAKE: Magazin) zu verankern. Die breite Öffentlichkeit kann über regionale Publikationen erreicht werden.

▼ Artikel im MAKE: Magazin Deutschland (04/21, S. 56 – 61) zu »Open UC2« und Lichtwerkstatt. ©Maker Media GmbH

◢ Einleger mit dem aktuellen Veranstaltungsangebot als Printprodukt.



ONLINE-KOMMUNIKATION

Die **Website** wird für alle Zielgruppen gleichermaßen konzipiert; sie dient zur Sichtbarmachung der Lichtwerkstatt und Darstellung relevanter Informationen. Nutzer:innen erhalten einen Überblick über Konzept und Partner:innen, Zielgruppen, Ausstattung, Projekte, Veranstaltungsangebote, Forschung, Termine und Ansprechpartner:innen. Um einen einheitlichen Markenauftritt der Lichtwerkstatt zu erzeugen, ist die Website im Coporate Design gestaltet.

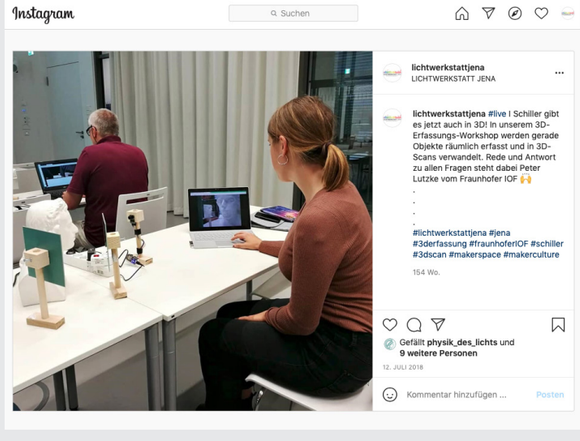
Der Einsatz von **Social Media** dient im Besonderen dazu, die Community bestehend aus Maker:innen und Unternehmenspartner:innen, nicht nur über die aktuellen Aktivitäten des Makerspaces zu informieren, sondern auch diese an die Lichtwerkstatt zu binden. Aktuelle, unterhaltsame und spannenden Inhalte werden in Textform, Bildern und Videos präsentiert. Besonders relevant sind soziale Medien für die Ankündigung und Dokumentation von eigenen Veranstaltungen und Projekten. Außerdem sollen sie Neugier bei potenziellen Maker:innen wecken und zu eigenen Projekten inspirieren. Die Inhalte werden in einem Redaktionsplan sowohl in deutscher (Facebook, Instagram) als auch englischer Sprache (Twitter, LinkedIn) verfasst.

Videos dienen dazu einen lebhaften Eindruck über die Aktivitäten, Veranstaltungen, Personen und die Atmosphäre vor Ort zu vermitteln (z. B. Video zum Hackathon »Makeathon 2019«). Die Gestaltungsvielfalt ist dabei groß: Neben Dokumentationsvideos, Projektvorstellungen, Interviews eignen sich kurze Tutorials zu speziellen technischen Themen. Sie dienen zur Initiierung der Kommunikation mit den Followern in den sozialen Netzwerken und werden in Messeauftritten oder Präsentationen eingebunden.

Zur direkten Ansprache potenzieller Teilnehmer dienen Emailverteiler und **Newsletter**. Grundlage dafür ist das DSGVO-konforme Sammeln von Email-Adressen (z. B. bei eigenen Veranstaltungen). Um potenzielle Teilnehmer zu erreichen, werden zudem Partnerinstitutionen und deren Netzwerk als Multiplikatoren eingebunden. Besonders hohe Zielgruppendeckung weisen Gründerzentren, Makerspaces oder Hochschulen auf.

▼ Artikel im Make: Magazin Deutschland (03/20, S. 34) zur Arbeit in der Lichtwerkstatt. ©Maker Media GmbH

◢ Beitrag auf Instagram zum Lichtwerk statt Workshop »3D-Erfassung« am 12.07.2018.



Vernetzung und Kooperationen

Die Lichtwerkstatt Jena unterstützt die Maker:innen in allen Projektphasen – angefangen von der Generierung der eigenen Ideen, der Prototypenentwicklung bis hin zur Gründung und der Produktion kleinerer Stückzahlen. Entscheidend für die optimale Betreuung der Projekte im Makerspace ist es, den Maker:innen sowohl bei technischen Problemen zur Seite zu stehen, als auch bei Fragestellungen zu Themen wie Finanzierung, Geschäftsmodellentwicklung, Produktion oder Marketing. Da im näheren universitären Umfeld meist Strukturen und Anlaufstellen für genau diese Bedarfe bereits bestehen, ist es sinnvoll, sich ein komplementäres Netzwerk an Partnern aufzubauen. Dabei ist der Lichtwerkstatt Makerspace im Kern als Ideen- und Prototypenlabor positioniert.

▼ Ausstellung der Lichtwerkstatt-Projekte im Oktober 2020 bei der Eröffnung des »Digital Lab« der Max Planck School of Photonics als Kooperationspartner der Lichtwerkstatt, insbesondere bei der Entwicklung von digitalen Lehr- und Lernformaten mit AR und VR-Technologien.

KOOPEATIONSPARTNER ZUR SICHERUNG EINER UMFASSENDEN BEGLEITUNG DER INNOVATIONSPROJEKTE

Unternehmen & Industrie
Austausch mit Experten zu Technologien, Verfahren, F&E-Themen und Marktentwicklungen.

Forschungseinrichtungen
Zugang zur Maker-Community, Austausch über aktuelle F&E-Erkenntnisse, Zugang zu speziellen Technologien und Know-how.

Gründungsservices
Ansprechpartner für gründungswillige Projekte zu Themen wie Finanzierungsmöglichkeiten und Geschäftsmodellentwicklung, Vernetzung mit anderen Gründern.

Veranstaltungspartner
Einbinden des eigenen Projektes in Veranstaltungen, z. B. Testung des Prototypen an einer potenziellen Zielgruppe.

Bildungseinrichtungen
Zugang zur Maker-Community; Ideengenerierung und Testungen durch Expert:innen von morgen.

Open Photonics Netzwerk & Makerspaces
Erfahrungsaustausch zu Technologien, Veranstaltungen, Förderungen, Bedarfe der Maker-Community.

LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01
In Zeiten von Informationsüberlastung ist es eine besondere Herausforderung mit den Angeboten des Makerspaces an eine breite Öffentlichkeit durchzudringen. Die Aufgabe liegt nicht nur darin, den Makerspace bekannt zu machen, sondern ihn auch als qualitativ hochwertigen und relevanten Ort der Kreativität und Innovativität zu positionieren. Es gilt sicherzustellen, dass zentrale Informationen zum Makerspace im Internet durch die Öffentlichkeit und alle potenziellen Nutzer:innen aufgefunden werden können.

02
Zielt der Makerspace auf ein heterogenes Publikum ab, lohnt eine Ausdifferenzierung der Kommunikationsmaßnahmen. So können verschiedene Social-Media-Kanäle entsprechend der unterschiedlichen Mediennutzung bespielt, informative und involvierende Inhalte zeilgruppenkonform entwickelt und in verschiedenen Sprachen kommuniziert werden.

03
Allgemein nimmt die Konzeption und Umsetzung verschiedener Kommunikationsmaßnahmen aufgrund der Vielfalt der Kanäle und heterogenen Zielgruppen viel Zeit in Anspruch. Kommunikationsmaßnahmen und deren Erfolg sind abhängig von den zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen.

04
Soziale Medien wie Twitter oder Instagram dienen im Besonderen dazu, mittels Bild, Video und Text aktuelle Informationen zu verbreiten und einen persönlichen Einblick in die Arbeit des Makerspaces zu geben (z. B. Portraits der Maker:innen oder Vorstellen neuer Geräte). Die Erweiterung der Social-Media-Nutzer:innen passiert nicht automatisch, sondern bedarf steter Pflege. Soziale Medien bieten im Besonderen die Chance, Weiterempfehlungen durch Nutzer:innen untereinander zu generieren.

05
Um Doppelstrukturen zu vermeiden, Ressourcen zu schonen und sich auf Kernkompetenzen konzentrieren zu können, ist der Aufbau eines komplementären Partnernetzwerks für Innovationsprojekte des Makerspaces äußerst hilfreich. Hierfür bietet es sich an, gleich zu Beginn aktiv den Austausch mit potenziellen Partnern zu suchen und sich als komplementäres Angebot zu positionieren. Gemeinsame Veranstaltungen sind ein erster guter Schritt, um die Partnerschaften zu vertiefen und Bekanntheit für das eigene Angebot zu schaffen. Netzwerkpartner und deren Kommunikationswege können eingebunden werden, wie z. B. andere Makerspaces, Hochschulen, Partnerunternehmen, Gründerzentren oder Forschungsinstitute.

06
Die ausgewählten Kommunikationsmittel wie Social-Media-Kanäle, Printprodukte oder Pressearbeit bedürfen trotz vorangegangener Zielgruppenanalysen steter Kontrolle und häufiger Anpassungen. Bei der Kommunikationskontrolle wird systematisch die Effektivität der Maßnahmen erfasst. Neben der Befragung der Nutzer:innen dient beispielsweise ein kontinuierliches Social Media Monitoring zur Analyse. Es werden ggf. Korrekturen bei weniger relevanten Instrumenten durchgeführt bzw. erfolgreiche Kommunikationsmaßnahmen verstärkt.

Qualitätsmanagement & Forschung

Die Lichtwerkstatt stellt hohe Ansprüche an ihre Arbeit und prüft kontinuierlich, ob die eigenen Aktivitäten und Maßnahmen zur Erreichung der formulierten Ziele führen. Dabei wird das Qualitätsmanagement mit der wissenschaftlich fundierten Begleitforschung zu Open Innovation und Makerspaces verknüpft.

Maßnahmen der Qualitätssicherung

VERANSTALTUNGEN

Die kontinuierliche Evaluation der eigenen Veranstaltungen durch die Teilnehmer:innen sichert die nachhaltige Qualität und Weiterentwicklung der Formate. Das Feedback dient zur Bewertung einzelner Veranstaltungen, zur Aufnahme von Trends und der Erfassung der individuellen Bedarfe an Fachwissen. Dazu bieten sich neben persönlichen Gesprächen mit den Teilnehmer:innen insbesondere standardisierte Evaluationsbögen an, die am Ende der jeweiligen Veranstaltung als Printversion ausgegeben bzw. als Link für die Onlineversion weitergegeben werden. Die Fragen sind sowohl in geschlossener als auch in offener Form formuliert.

Evaluation sheet [english version]

General questions
- How satisfied are you with the event in general?
- What was positive?
- What could be improved?
- What is the purpose to attend this workshop?

How do you rate the following aspects?
- Content of the event
- Structure of the event
- Opportunity to ask questions
- Quality of the answers
- Clarity of descriptions
- Applicability and transferability

Future Events
- Which events or content should the Lichtwerkstatt Jena offer in the future?

Communication
- How did you hear about the event?

Makerspace experience
- What kind of services do you use from the Lichtwerkstatt Makerspace?
- Are you interested in collaborating with companies within the Makerspace during events?

Further remarks

AUSSTATTUNG

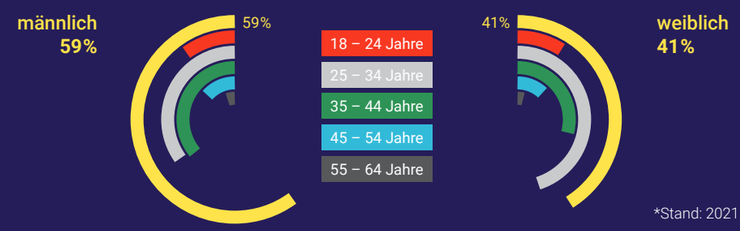
Das Team der Lichtwerkstatt befindet sich im ständigen Austausch mit Expert:innen aus Industrie und Forschung über aktuelle Entwicklungen von Technologien bzw. Verfahren, sowie zu relevanten Themen und Fragestellungen. Benötigen die Maker:innen für ihre Projekte spezielle Geräte, werden diese erst nach umfassender Prüfung auf zukünftige Verwendung entweder selbst beschafft oder durch Kooperationspartner gestellt. Die beschaffte Ausstattung wird kontinuierlich auf deren nachhaltige Verwendung überprüft.

LICHTWERKSTATT JENA – OPEN PHOTONICS MAKERSPACE

KOMMUNIKATION

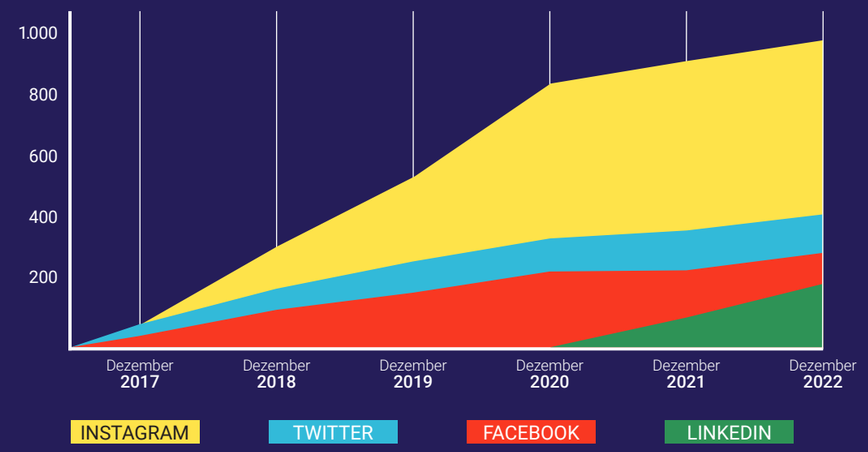
Um die Wirksamkeit der eingesetzten Kommunikationsinstrumente zu prüfen und ggf. Anpassungen vornehmen zu können, werden die Aktivitäten im Bereich Kommunikation regelmäßig evaluiert. Dazu werden nicht nur entsprechende Fragen im Evaluationsbogen der Veranstaltungen integriert und Gespräche mit Nutzer:innen geführt, sondern auch Web- und Social-Media-Analysen (inkl. Social-Media-Monitoring) kontinuierlich umgesetzt.

Nutzer:innen der Lichtwerkstatt-Abonnenten bei Instagram



*Stand: 2021

Entwicklung der Abonnent:innenzahlen 2017–2022



Mit Nutzer:innen des Makerspace finden regelmäßig Gespräche statt, beispielweise im Rahmen von internen Workshops. Dabei werden nicht nur die aktuellen Entwicklungen der Projekte und zukünftige Aufgaben, sondern auch mögliche Hemmnisse und Probleme besprochen. Das Feedback zu Mentoring und Beratung der Lichtwerkstatt durch die Maker-Projekte wird erfasst und mündet ggf. in Korrekturen. Auch Hilfestellungen durch Netzwerkpartner werden stets kritisch reflektiert.

MENTORING

Forschungserkenntnisse zu Makerspaces und Open Innovation

AUSWAHL VERÖFFENTLICHUNGEN
Die vollständige Liste findet sich unter www.lichtwerkstatt-jena.de.

Zakoth, D. & Mauroner, O. (2020). Industry-Specific Makerspaces: Opportunities for Collaboration and Open Innovation. *Management international-Mi, 24*(5), 88-99.

Zakoth, D., Best, S., Geiß, R., Helgert, C., Lutzke, P., Mauroner, O., & Pertsch, T. (2019). Open source photonics at the Abbe School of Photonics: How Makerspaces foster open innovation processes at universities. *Education and Training in Optics and Photonics*, 11143_162.

Helgert, C., Geiss, R., Nolte, S., Eilenberger, F., Zakoth, D., Mauroner, O., & Pertsch, T. (2017). Open innovation at the Abbe School of Photonics. *Education and Training in Optics and Photonics*, 1045228.

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Themen »Open Innovation« und »Maker Movement« ist ein zentraler Baustein der Lichtwerkstatt, um stetig neueste Erkenntnisse in den Makerspace einbringen und das Konzept weiterentwickeln zu können. Dabei ist vor allem die Fragestellung relevant, wie Unternehmen mit einem Makerspace kooperieren und von der Zusammenarbeit profitieren können. Der projektbegleitende Forschungsaustausch dient der Entwicklung von Kooperationsformaten mit der Industrie und liefert wichtige Hinweise für den Aufbau der Makerspace-Infrastruktur.

Der Besuch internationaler Konferenzen (u.a. World Open Innovation Conference, European Academy of Management Conference, R&D Management Conference) ist ein wichtiger Baustein, um sich über die optimale Gestaltung von Makerspaces und offenen Innovationsprozessen weiterzubilden. Dabei werden auch die eigenen Erfahrungen und wissenschaftlichen Forschungsergebnisse präsentiert und mit der Community diskutiert. Bei den durchgeführten Studien kamen sowohl qualitative als auch quantitative Forschungsmethoden zum Einsatz. Beispielsweise wurden die Erwartungen sowohl von Maker:innen, als auch von Unternehmen in Bezug auf mögliche Kollaborationen untersucht. In weiteren Studien wurde erforscht, wie Makerspaces genutzt werden, um Innovationen voranzutreiben und welche Faktoren die Makercomminty zur Zusammenarbeit mit Unternehmen bei der Neuproduktentwicklung motiviert. Darauf aufbauend wurden Erkenntnisse darüber generiert, in welchen Phasen des Innovationsprozesses Maker:innen an einer gemeinsamen Produktentwicklung mit Unternehmen interessiert sind. Die folgende Abbildung fasst die zentralen Fragestellungen und eingesetzten Methoden der Forschungstätigkeiten zusammen.

ÜBERBLICK ÜBER FORSCHUNGSARBEITEN

	RESEARCH QUESTIONS	METHODOLOGY	DATA
1	**What are the expectations from makers and companies when they collaborate?**	Multiple case study design, qualitative content analysis	Interviews with 16 makers & 10 companies
2	**How does an innovation process in a makerspace look like?**	Single case study design, qualitative content analysis	20 Interviews with makerspace project initiators
3	**How to integrate makers into corporate innovation processes?**	Quantitative study design	Online questionaire with N > 400 makers

FORSCHUNGSERKENNTNISSE ZU DEN PERSPEKTIVEN VON MAKER:INNEN UND UNTERNEHMEN

	MAKERS	COMPANIES
EXPECTATIONS	• meet and work together with people with different backgrounds • exclusive technologies • some kind of reward for ideas	• meet makers with different backgrounds • basic infrastructure
PERCEIVED BENEFITS	• financial resources of companies • faster market access for ideas • company insights • job opportunity	• finding new applications for existing products, new ideas (not innovations) • branding • recruiting
PERCEIVED RISKS	• exploitation of ideas without reward	• IP protection • lack of expertise required for real innovations

Quelle: Zakoth & Mauroner, 2020 .

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01 Durch eine begleitende empirische Beforschung des Makerspaces können wichtige Erkenntnisse über die Merkmale und Wünsche der Zielgruppen sowie generelle Trends frühzeitig erkannt und in die Entwicklung des Makerspaces eingebracht werden.

02 Empirische Forschungsstudien haben wichtige Erkenntnisse zu den Erwartungen von Unternehmen im Zusammenhang mit Kooperationen mit einem Makerspace aufgedeckt. Demnach sind sich Unternehmen bewusst, dass es für Maker:innen schwierig ist, sich photonikspezifisches Produkt-, Technologie- und Prozesswissen kurzfristig anzueignen. Die Motivation der Unternehmen liegen vor allem beim Branding, beim Recruiting und bei der Ideengenerierung. Hingegen wird die unmittelbare Entstehung einer Innovation nicht direkt erwartet.

03 Veranstaltungsformate mit Eventcharakter wie Hackathons bieten zwar die Möglichkeit, Konzepte zu entwickeln und prototypisch umzusetzen, jedoch fehlt für eine tiefere Auseinandersetzung mit der Problemstellung häufig die nötige Zeit. Daher wurden für die Lichtwerkstatt mit dem Innovation Camp und den Innovation Challenges zwei längerfristige Formate entwickelt, um Innovationen zu ermöglichen. Dennoch ist bei kooperativen Veranstaltungsformaten mit Unternehmen eher mit der Entwicklung von Inventionen statt mit Innovationen zu rechnen.

Roadmap zur Öffnung von Innovations-prozessen

In der Photonik und anderen Hochtechnologiebranchen sind Unternehmen beständig mit Herausforderungen wie Fachkräftemangel, dynamischen Kundenanforderungen und steigendem Innovationsdruck konfrontiert. Die Zusammenarbeit mit Makerspaces bietet die Möglichkeit diesen Aufgaben erfolgreich zu begegnen, insbesondere wenn diese im Rahmen einer Open-Innovation-Strategie erfolgt. Zur Entwicklung dient ein dreistufiges Vorgehen, bei dem unterschiedliche Dimensionen der Öffnung berücksichtigt werden.

Open Innovation in der Photonik

Die Photonik ist eine Enabling Technology. Sie trägt in vielfältiger Weise zur technologischen Weiterentwicklung und zur Lösung globaler Herausforderung bei der Gestaltung der Zukunft bei. In der Informations- und Kommunikationstechnik, der Display- und Beleuchtungstechnik, der Energie- und Umwelttechnik, der Medizin- und Biotechnologie, im Maschinenbau oder in der Automobil-, Luft- und Raumfahrttechnik werden relevante Funktionen durch photonische Technologien überhaupt erst möglich.[25]

Die Photonik selbst ist mit den Entwicklungen in anderen Schlüsseltechnologien vernetzt, wie mit der Nanotechnologie, der Künstlichen Intelligenz, der Robotik oder den Quantentechnologien. Diese besondere Stellung macht die Innovationsprozesse für Unternehmen der Photonik äußerst anspruchsvoll. Ausgangspunkte für Innovationsaktivitäten von Unternehmen sind sowohl unmittelbare Anforderungen von Kunden:innen und Anwender:innen als auch eigenständige technologische Weiterentwicklungen. Die Photonik Branche selbst gehört zu den innovativsten Branchen der Welt, was sich nicht zuletzt in einer überdurchschnittlich hohen F&E-Quote zeigt.[26]

Makerspaces als Quelle für Innovationen

In einem derart komplexen, hochdynamischen und transdisziplinären Umfeld bedarf es eines neuen Paradigmas der Innovation – Open Innovation. Es gilt möglichst alle verfügbaren Wissens- und Ressourcenquellen bestmöglich zu nutzen. Dazu gehört auch Wissen, das auf Seiten von Kunden, Lieferanten, Kooperationspartnern, Forschungsinstituten, Hochschulen und sogar Wettbewerbern vorliegt.[27] Makerspaces können Quellen zur Weiterentwicklung von Ideen sein und zur Suche nach unkonventionellen Lösungen dienen. Beispiele aus der Lichtwerkstatt zeigen, wie die Integration der Maker-Community zu einer besseren Informationsbasis und Ideen führen kann – besonders die Frühphase des Innovationsprozesses kann davon profitieren.

[25] Willner et al., 2012.
[26] Photonics21, 2020; OptecNet, 2016.
[27] Chesbrough, 2003; Chesbrough & Eichenholz, 2013.
[28] Mauroner, 2021; OptecNet, 2016.
[29] Zakoth & Mauroner, 2020.
[30] Saunders & Kingsley, 2016.
[31] Mauroner, 2021.

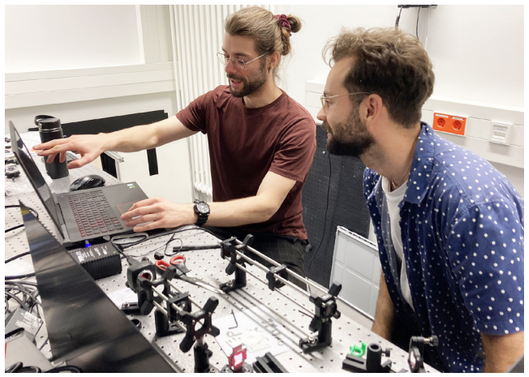
Gleichzeitig ist die Photonik wie andere Bereiche der Hochtechnologie durch proprietäre Entwicklungen, Patente und den Schutz geistigen Eigentums vor Nachahmungen geprägt. Die Geheimhaltung und Kontrolle von Informationen gegenüber anderen Marktteilnehmern ist ein übliches Mittel, um Wettbewerbsvorteile durchzusetzen und von eigenen Ideen wirtschaftlich zu profitieren. Unternehmen müssen das Spannungsverhältnis zwischen Offenheit und Geschlossenheit auflösen oder zumindest aktiv steuern.[28] Open Innovation und die Zusammenarbeit mit Makerspaces sollten daher zielgerichtet und als strategische Komponenten des Innovationsmanagements erfolgen.

Roadmap zur Öffnung: Step by Step

In der Photonik und anderen Hochtechnologiebranchen sind Unternehmen beständig mit großen Herausforderungen konfrontiert, wie dem Fachkräftemangel, dynamischen Kundenanforderungen und steigendem Innovationsdruck. Die Zusammenarbeit mit Makerspaces bietet die Möglichkeit diesen Herausforderungen zu begegnen, insbesondere wenn dies im Rahmen einer geplanten Open Innovation-Strategie erfolgt. Einen Ansatzpunkt zur Entwicklung dieser bietet das folgende dreistufige Vorgehen, bei dem unterschiedliche Dimensionen der Öffnung berücksichtigt werden.

Im ersten Schritt sollten Unternehmen die Ziele ihres eigenen Open Innovation Ansatzes definieren. Es geht darum zu bestimmen, was mit einer Öffnung erreicht werden soll. Dies kann von der Inspiration und der Entwicklung völlig neuer Ideen, über Recruiting und Branding[29] bis hin zur Identifikation und Testung neuer Applikationsfelder[30] reichen. Im zweiten Schritt geht es darum, die Dimensionen der Öffnung festzulegen. Unternehmen sollten klar definieren, (1) welche Themen- und Suchfelder Gegenstand einer Öffnung sein sollen, (2) zu welchen Zeitpunkten und in welchen Zeiträumen eine Öffnung stattfinden und (3) mit welchen Akteuren und Partnern die Öffnung erfolgen soll.[31] Daraus ergibt sich im dritten Schritt und in Abstimmung mit den Kooperationspartnern, etwa mit einem regionalen Makerspace, die Wahl der geeigneten Methoden, von kurzfristigen Hackathons und Workshops bis hin zu langfristigen gemeinsamen Aktivitäten.

DIMENSIONEN DER OFFENHEIT GESCHÜTZTER KREATIVITÄTS- & INNOVATIONSPROZESSE



Strategie

▲ Challenge der Zeiss AG im Rahmen der »Photonik-Akademie 2019«: Bau eines linsenlosen Streuscheiben-mikroskops und Entwicklung eines Verfahrens zur Rekonstruktion einer mikroskopischen Aufnahme aus dem aufgenommenen Kamerabild.

◥ Challenge der Lastronics GmbH im Rahmen der »Innovation Methods in Photonics 2022«: Aufbau einer Strahlhomogenisierung mit (teil-)kohärenten Lichtquellen.

Open Innovation und die Kooperation mit externen Partnern wie Makespaces werden für Unternehmen mehr und mehr zu einer strategischen Komponente ihres Innovationsmanagements. Dadurch werden sie in die Lage versetzt, ihr eigenes Innovations-Ökosystem aufzubauen. Gleichzeitig strahlt die Kooperation mit externen Akteuren und insbesondere mit der kreativen Maker Community auf die internen Prozesse zurück. Die unternehmenseigene Innovationskultur profitiert von den Impulsen. Die Erfahrungen der Lichtwerkstatt haben gezeigt, welche Potenziale für Unternehmen aus einer langfristigen und strategisch angelegten Kooperation für das Ideen- und Innovationsmanagement entstehen.

Politik und Verbände können diese Entwicklung noch verstärken, indem sie Maker Initiativen auf verschiedenen Ebenen unterstützen. Die Ergebnisse der Open Photonik Initiative zeigen, dass derartige Programme die Kooperation fördern, die Start-up Neigung verbessern und dadurch neue Impulse für die Branche setzen. Die Photonik profitiert von der Teilhabe branchenfremder Akteure und interessierter Bürger:innen an den Ideen und Innovationsprozessen. Dies wird auch in der New Horizons Roadmap der europaweiten Initiative Photonics21 festgestellt.[32]

[32] Photonics21, 2020.

[33] Chesbrough, 2003, S. xxvi.

PRINZIPIEN GESCHLOSSENER UND OFFENER INNOVATIONSPROZESSE[33]

»Closed Innovation« Prinzipien	»Open Innovation« Prinzipien
Bei uns arbeiten die fähigsten Leute aus unserem Bereich.	Nicht alle fähigen Leute arbeiten für uns. Wir müssen mit intelligenten Menschen innerhalb und außerhalb unseres Unternehmens zusammenarbeiten.
Um von Forschung und Entwicklung zu profitieren, müssen wir alles selbst entdecken, entwickeln und vermarkten.	Externe F&E kann einen erheblichen Wert schaffen; mit interner F&E kann ein Teil des Wertes erschlossen werden.
Was wir zuerst entdecken, bringen wir zuerst auf den Markt.	Wir müssen nicht unbedingt etwas erfunden haben, um davon zu profitieren.
Das Unternehmen, das als erstes eine Innovation auf den Markt bringt, gewinnt.	Es ist besser, ein besseres Geschäftsmodell zu haben, als der Erste auf dem Markt zu sein.
Wir gewinnen, wenn wir die meisten und besten Ideen in der Branche haben.	Wir gewinnen, wenn wir interne und externe Ideen bestmöglich nutzen.
Wir schützen unser geistiges Eigentum (IP), damit unsere Konkurrenten nicht davon profitieren.	Wir sollten davon profitieren, wenn andere unser geistiges Eigentum nutzen, und wir sollten das geistige Eigentum anderer kaufen, wenn dies unser eigenes Geschäftsmodell voranbringt.

HERAUSFORDERUNGEN & LEARNINGS

01

Interne Ideenentwicklungen, der Austausch mit Kollegen:innen im Unternehmen, die Sammlung von Impulsen aus Messen, Meetings, Konferenzen und Kundenanfragen sind häufig **Quelle für Innovationen**. Makerspaces können Unternehmen dabei durch konkrete Innovationsworkshops und die Vernetzung mit Experten unterstützen. Ein Makerspace ist grundsätzlich in der Lage, heutige und zukünftige Kundenanforderungen abzubilden. Dies gelingt insbesondere dann, wenn Akteure auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen mit dem Makerspace kooperieren.

02

Das Entdecken **neuer Applikationsfelder** für bereits bestehende Produkte sowie deren Weiterentwicklung und Test stellen interessante Möglichkeiten für Unternehmen dar, um vom Kreativpotential der interdisziplinären Maker-Community zu profitieren. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass »Sponsored Devices« zur Verfügung gestellt werden zu deren alternativen Nutzungspotentialen die Maker-Community strukturiert befragt oder beobachtet wird.

03

Open Innovation fordert von Unternehmen deren Bereitschaft, sich bis zu einem gewissen Grad zu exponieren und Informationen preiszugeben. Makerspaces können Unternehmen dabei helfen und den dafür erforderlichen **Kulturwandel** mit anstoßen. Dabei geht es nicht um vollkommene Offenheit, sondern um eine gezielte und bewusste Weitergabe von Informationen, die für den Kreativ- und Innovationsprozess förderlich sind.

04

Fragestellungen zu **geistigen Schutzrechten** jeglicher Art und zu den Potenzialen einer Vermarktung im Kontext von Offenheit und Kollaboration spielen eine große Rolle hinsichtlich der Akzeptanz von Makerspaces als Innovationslabore. Makerspaces können und sollten diesbezüglich klare Hilfestellungen leisten, passende Kompetenzen aufbauen und Unternehmen entsprechend beraten. Dies reicht bis hin zum Angebot vorgefertigter Lösungen, wie etwa Vertraulichkeitsvereinbarungen.

05

Offene Innovationsprozesse erfordern den Einsatz materieller und vor allem personeller **Ressourcen**, die als Investition in die Zukunft verstanden werden können. Der Frage, womit das eigene Unternehmen in 5 oder 10 Jahren sein Geld verdient, sollte eine hohe Priorität eingeräumt werden. Makerspaces können dabei unterstützen und gleichzeitig auf die Ressourcenknappheit reagieren. Sie können sicherstellen, dass der Ressourceneinsatz kontrollierbar und handhabbar ist und entsprechende Angebote zur Kombination von eigenen und fremden Ressourcen unterbreiten.

06

Die **Rekrutierung von Fachkräften** stellt einen Engpassfaktor bei der Entwicklung vieler Unternehmen dar. Makerspaces fördern den Aufbau von Beziehungen zu potenziellen Mitarbeitern und erlauben ein gegenseitiges »Beschnuppern«. Dadurch bieten sie einen niederschwelligen und zunächst unverbindlichen Zugang zu motivierten und qualifizierten Menschen. Nicht zuletzt tragen sie zu einer offenen Innovationskultur und einem positiven Image bei.

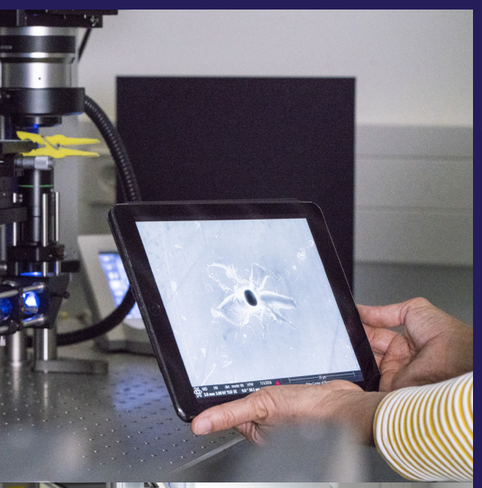
07

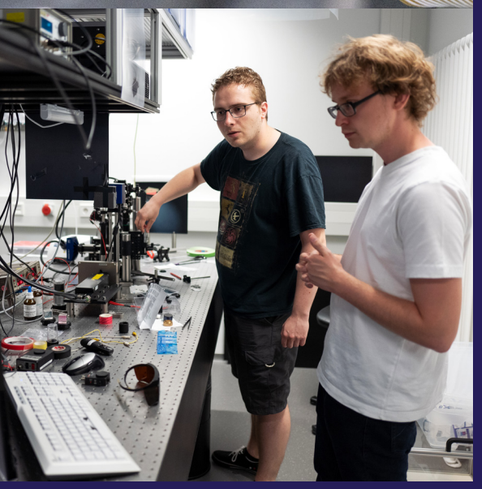
Die langfristige Kollaboration mit Makerspaces bietet für Unternehmen die Chance aktives **Employer Branding** zu betreiben, indem die eigene Unternehmensmarke für aktuelle und neue Mitarbeitende in einem kreativen Umfeld positioniert wird. Die Kooperation mit Makerspaces, z.B. durch ein Kontingent an Arbeitsplätzen im Makerspace, kann Mitarbeitende zusätzlich motivieren und sie zu »out-of-the-box«-Denken anregen.

Best Practices aus der Lichtwerkstatt Jena als Ideen- und Prototypenlabor

Die in der Lichtwerkstatt realisierten Projekte zeigen auf, welche Kreativitäts- und Innovationspotentiale durch Makerspaces gehoben werden können. Dabei nutzen die Projekte den Makerspace auf unterschiedliche Weise, um den ganz individuellen Weg von der Idee zur Innovation zu beschreiten. Zentral sind offene Kollaboration und Wissensaustausch.

▶ Weitere Projekte finden sich auf der Website www.lichtwerkstatt-jena.de





AURA OPTIK – DER MAKERSPACE ALS INSPIRATION FÜR NEUE DENKANSÄTZE

Die aura optik GmbH erforschte in der Lichtwerkstatt die Einwirkung von fokussiertem Laserlicht auf verschiedene Materialien. Der experimentelle Ansatz bestand darin, einen grünen, im Nanosekundenbereich gepulsten Laser zu verwenden und einzelne (oder wenige) Pulse auf die Proben zu geben. Anschließend werden die Proben lichtmikroskopisch und elektronenmikroskopisch untersucht. Ziel dieser Studie war es, neue Ansätze zur Mikrostrukturierung mit Lasern zu finden. Hierfür öffnete die aura optik GmbH immer wieder temporär ihre Innovationsprozesse, um Impulse aus der Maker-Community zu erhalten.

Die Lichtwerkstatt bot aura optik die Möglichkeit, Ideen schnell mit Rapid Prototyping-Technologien zu testen und zu evaluieren, ob sich der Einsatz von weiteren Ressourcen lohnt. Zudem nutzte das Team den Makerspace, um aus vorhanden Denkmustern auszubrechen und kreative Ansätze aus der Maker-Community zu generieren: Beim »Innovation Camp 2019« brachte sich aura optik mit einer real existierende Problemstellung für ein Team junger Forscher:innen ein. Diese Öffnung des Innovationsprozesses generierte tatsächlich einen neuen Lösungsansatz, der im Makerspace auf ihre Umsetzbarkeit geprüft wurde. ▶ Mehr zum Unternehmen: www.aura-optik.de

◣ Testaufbau der aura optik GmbH im Makerspace.

◣◣ Entwicklung neuer Lösungsansätze für eine Challenge von aura optik beim Innovation Camp 2019. ©CWortsch

◢ Workshop zur Weiterentwicklung des openUC2-Systems.

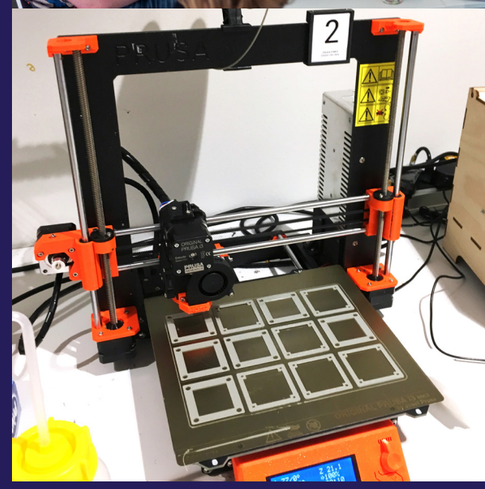
◢◢ Prototyping der Komponenten des modularen Optik- und Mikroskopiesystems »openUC2« am 3D-Drucker.

OPEN UC2 – DER MAKERSPACE ALS INKUBATOR

Im Projekt openUC2 entwickelt das Team ein Optik- und Mikroskopiesystem, das modular aufgebaut ist, hochauflösende Ergebnisse liefert und dabei kostengünstig hergestellt werden kann. Die modulare Bauweise erlaubt eine schnelle Anpassung an die spezifischen Anforderungen der Anwender:innen. Die Produktionskosten sind dabei vergleichsweise niedrig, da die einzelnen Komponenten durch 3D-Druck gefertigt werden. Bildaufnahme und Bildverarbeitung werden durch kostengünstige optische (z. B. Smartphones) und elektronische Systeme (z. B. Raspberry Pi) realisiert. Der offene Ansatz ermöglicht nicht nur die Integration von Feedback während des Entwicklungsprozesses, sondern erhöht auch die Möglichkeit der Teilhabe an den Themen Licht und Optik in der Gesellschaft. Die Vision des Teams ist es »der Arduino für die Optik« zu werden. ▶ Mehr zum Projekt: www.useetoo.org

Das Team nutzt zum einen den freien Zugang zu 3D-Druckern im Makerspace, um verschiedenen Designs und Modelle zu prototypen. Zum anderen hilft die Lichtwerkstatt dem Team, Feedback von Forscher:innen oder potenziellen Nutzer:innen durch gemeinsame Veranstaltungen zu generieren. OpenUC2 bringt beispielsweise bei »Hackathons« eigene Problemstellungen ein oder führt eigene Workshops in der Lichtwerkstatt durch. Durch die Zusammenarbeit mit dem Makerspace ist ein frei verfügbarer, modularer Optikbaukasten entstanden, der im Forschungs- und Bildungsbereich auch international Anklang findet und im renommierten »Nature Communications« veröffentlicht wurde.

Diederich, B., Lachmann, R., Carlstedt, S., Marsikova, B., Wang, H., Uwurukundo, X., Mosig A. S., & Heintzmann, R. (2020). A versatile and customizable low-cost 3D-printed open standard for microscopic imaging. *Nature Communications, 11*(1), 1–9.



NEOVITAL – DER MAKERSPACE ALS PROTOTYPENLABOR FÜR START-UPS

NeoVital entwickelte einen Sensor, der mittels nano-optischer Filter und 3D-Messtechnik die Vitalparameter von Menschen beispielsweise von Neugeborenen erfasst. Herzfrequenz, Blutsauerstoffgehalt oder Atemvolumen können so kabellos beobachtet werden. Zeitaufwändige und komplizierte Verkabelungen sind mit diesem System nicht mehr notwendig. NeoVital war ein mehrjähriges Forschungsprojekt bei dem Forscher:innen der Friedrich-Schiller-Universität Jena, der Technischen Universität Ilmenau und des Universitätsklinikums Jena gemeinsam mit der Steinbeis Qualitätssicherung und Bildverarbeitung GmbH zusammenarbeiteten. 2020 wurde das Projektteam unter einer Vielzahl von innovativen Bewerbungen aus ganz Europa mit dem Edmund Optics Award ausgezeichnet.

Das Team nutzte den Makerspace vorwiegend für die Erstellung des Prototypen. Für den Bau des Schutzgehäuses kamen die 3D-Drucker zum Einsatz. Das präzise Arbeiten beim Zusammenführen der einzelnen Komponenten wurde durch die moderenen Optiktische im Makerspace ermöglicht. Der entstandene Prototyp wurde 2019 auf der Consumer Electronics Show (CES) in Las Vegas vorgestellt und konnte das Fachpublikum begeistern. Nach iterativen Weiterentwicklungsphasen und Markttests hat das Team inzwischen die Xsight Optics GmbH gegründet, um mit einem innovativen Produkt die Arbeit im Gesundheitswesen zu erleichtern. ▶ Mehr zum Unternehmen: www.xsightoptics.com

◥ Prototyp des Kohlenmonoxidsmelders Seminar »Hands-on Innovation« 2018 an der Hochschule Mainz.

◤◤ Vorstellung einer der ersten Prototypen von NeoVital bei der »Lange Nacht der Wissenschaften 2019«.

◤ Funktionaler Prototyp des NeoVital-Systems mit 3D-gedrucktem Gehäuse.

◀ Weiterntwicklungen am Prototypen des NeoVital- Systems.

HANDS-ON INNOVATION – DER MAKERSPACE IN DER HOCHSCHULLEHRE

Die Einbindung des Makerspaces in die akademische Lehre bietet vielfältige Möglichkeiten zum Kompetenzaufbau für die Student:innen. Das Konzept eines Makerspaces als Ideen- und Prototypenlabor wird transparent und lebhaft kommuniziert, Berührungsängste im Umgang mit neuen Technologien werden abgebaut. Der Makerspace selbst kann durch ein solches Engagement seine Bekanntheit bei der Zielgruppe steigern und so motivierte Maker:innen sowie neue Makerprojekte gewinnen. Gleichzeitig können neue Veranstaltungskonzepte ausgetestet werden. Aufgrund dieser Vorteile wurde das Vorlesungsmodul »Hands-on Innovation« entwickelt und an der Hochschule Mainz im Fachbereich Wirtschaft im Sommersemester 2018 erstmalig umgesetzt. Im Rahmen des Moduls arbeiten Student:innen ein Semester an der Umsetzung von Ideen und setzen dabei Technologien aus dem Makerspace ein. Ziel ist es, Innovationsprozesse für eine junge Zielgruppe erlebbar zu machen. Neben Kenntnissen zu Geschäftsmodellen, Rapid Prototyping und Design Thinking steht vor allem das zielgerichtete Projektmanagement im Mittelpunkt der Veranstaltung. In kleinen Teams arbeiten die Teilnehmer:innen an der Umsetzung ihres eigenen Innovationsprojekts und lernen so die Technologien aus dem Makerspace »hands-on« kennen. Am Ende des Semesters präsentieren die Bachelorstudent:innen einen Demonstrator bzw. Prototypen. Das Modul wurde zunächst im Fachbereich Wirtschaft der Hochschule Mainz angeboten. Im Sommersemester 2021 folgte das Modul »Innovation methods in photonics« für Masterstudent:innen an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

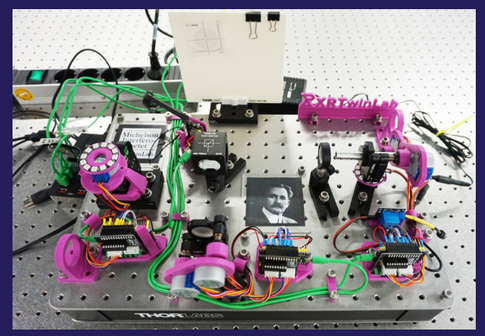
Der Makerspace wurde aufgrund der räumlichen Distanz zu Mainz nicht persönlich von den Student:innen genutzt. Vielmehr wurde den Seminarteilnehmer:innen entsprechende Technik von der Lichtwerkstatt gestellt bzw. geliehen. Die Lichtwerkstatt übernimmt in solchen Fällen die Rolle eines virtuellen Labors, das neben der Vermittlung von Wissen über die Technologieanwendungen, auch ein individuelles Mentoring für die Projekte anbietet. Die hervorgebrachten Ergebnisse der Lehrveranstaltung »Hands-on Innovation« weisen eine große Bandbreite hinsichtlich des Innovationspotenzials und des Technologieeinsatzes auf. Ein Beispiel ist eine Lampe mit integriertem Kohlenmonoxid-Melder. Bei einem kritischen Wert wird die Gefahr mittels optischer Signale sichtbar kommuniziert. Anwendungsgebiete für dieses Produkt wären Campingfahrzeuge, Bungalows oder Blockhütten. Ein anderes Team entwickelte einen smarten Spiegel, der durch einen integrierten Raspberry-Pi Mikrocontroller zusätzliche Informationen wie bevorstehende Termine oder das Wetter anzeigt und so zusätzlichen Komfort für die unterschiedlichen Nutzergruppen erzielt. Hervorzuheben ist, dass alle Produktideen der elf Teams nicht nur konzipiert, sondern auch realisiert wurden.

LEARNINGS

Die Verknüpfung des Makerspaces mit der akademischen Lehre – sowohl in Photonik-Studiengängen als auch in anderen Disziplinen – bietet zahlreiche Vorteile:

- Student:innen bringen als motivierte Maker:innen ihr Wissen bei der Bearbeitung von Challenges ein. Das persönliche Engangement wird mit Credit Points belohnt.
- Student:innen arbeiten aktiv in den Räumlichkeiten des Makerspaces, nutzen Technologien und Geräte, sammeln Wissen und geben dies an andere Maker:innen weiter.
- Die Mitarbeit an Projekten fördert den Impuls, eigene Ideen zu entwickeln und umzusetzen.
- Aus Sicht des Makerspaces bieten Lehreranstaltungen wie Seminare eine erhöhte Planungssicherheit bei der Organisation.
- Der Makerspace kann sich in die Lehre sowohl durch ein eigenes Seminarangebot, als auch durch die Vergabe und aktive Unterstützung von Abschlussarbeiten einbringen.

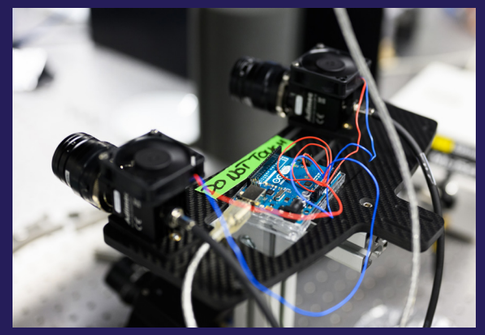
ÖFFNUNG DES INNOVATIONSPFADES VON FORSCHUNGSINSTUTIONEN: BEISPIELE AUS DER LICHTWERKSTATT



Abbe School of Photonics & Max Planck School of Photonics

»XR Twin Lab«

In Kooperation mit der ASP und der MPSP entwickelt die Lichtwerkstatt Jena digitale Lehrinhalte mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR). Aktuell wird beispielsweise erprobt, wie sich Labore als reale Umgebungen durch digitale Informationen anreichern lassen (AR) oder Studierende die Grundlagen des experimentellen Aufbaus im Labor komplett virtuell erleben und erlernen können (VR). Das »XR Twin Lab« gibt Student:innen und Forscher:innen die Möglichkeit, ihre Versuchsaufbauten zu automatisieren und aus der Ferne zugänglich zu machen. Es ist modular aufgebaut, so dass bestehende Projekte integriert und motorisierte Komponenten oder Schnittstellen ergänzt werden können. Webbasierte Anwendungen zur Steuerung optischer Versuchsaufbauten und die Integration von VR- und AR-Elementen sind zudem möglich. Die technischen Anforderungen sind dabei übersichtlich – die Bedienung und eigenständige Implementierung durch Forscher:innen, Assistent:innen und technisches Personal sind problemlos möglich. Das offene Repository wird von einer Community aus der Open-Science- und Open-Hardware-Bewegung gespeist und stellt langfristig eine breite Open-Source-Bibliothek von Softwaremodulen, 3D-Modellen und Codefragmenten bereit.



Fraunhofer IOF

»3D-Messsystem«

Mit dem Fraunhofer IOF entwickelte die Lichtwerkstatt ein einfach zugängliches Development-Kit für flexible Low-cost 3D-Sensorik mit Musterprojektion. Die Wissenschaftler:innen unterstützten die Maker-Community dabei, dieses Kit in innovativen Prototypen zur Anwendung zu bringen. Als Trägerplattform zur Datenaufnahme und Verwertung kann auf marktübliche Systeme wie Handys oder Tablets zurückgegriffen werden. Offene Standards erlauben es, die notwendigen Komponenten mittels 3D-Druck zu erstellen. Foto: ©CWorsch

maQuer.SPACE

»Single Photon Detector«

Das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt arbeitet eng mit der Lichtwerkstatt zusammen, um praxisnahe Experimente zur Quantenphotonik und Lehrmaterialien für die interessierte Öffentlichkeit zu entwickeln. Ziel ist es, Quantentechnologien möglichst vielen Menschen begreifbar zu machen. Die Herausforderung für das Team besteht darin, die Komponenten so zu konstruieren, dass ein Versuchsaufbau zu Hause oder im Klassenzimmer mit preiswerten Materialien und typischen Werkzeugen in DIY-Manier nachgebaut werden kann.

Aldrich, H. E. (2014). The Democratization of Entrepreneurship? Hackers, Makerspaces, and Crowdfunding. *Annual Meeting of Academy of Management, Philadelphia.* https://doi.org/10.5465/ambpp.2014.10622symposium

Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution.* Crown Business.

Beltagui, A., Sesis, A., & Stylos, N. (2021). A bricolage perspective on democratising innovation: The case of 3D printing in makerspaces. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120453. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120453

Briscoe, G., & Mulligan, C. (2014). Digital Innovation: The Hackathon Phenomenon. *Creativeworks London, 6*, 1–13. http://www.creativeworkslondon.org.uk/wp-content/uploads/2013/11/Digital-Innovation-The-Hackathon-Phenomenon1.pdf

Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation – The New Imperative for Creating and Profiting from Technology.* Harvard Business Press.

Chesbrough, H., & Brunswicker, S. (2014). A Fad or a Phenomenon?: The Adoption of Open Innovation Practices in Large Firms. *Research Technology Management, 57*(2), 16–25. https://doi.org/10.5437/08956308X5702196

Chesbrough, H., & Crowther, A. K. (2006). Beyond high tech: Early adopters of open innovation in other industries. *R&D Management, 36*(3), 229–236. https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2006.00428.x

Chesbrough, H., & Eichenholz, J. M. (2013). Open Innovation in Photonics. *SPIE Professional, 8*, 24–25. https://doi.org/10.1117/2.4201301.15

Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). Open R&D and open innovation: Exploring the phenomenon. *R&D Management, 39*(4), 311–316. https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2009.00570.x

Farritor, S. (2017). University-Based Makerspaces: A Source of Innovation. *Technology & Innovation, 19*(1), 389–395. https://doi.org/10.21300/19.1.2017.389

Gassmann, O., & Enkel, E. (2004). Towards a theory of Open Innovation: three core process archetypes. *Presented at R&D Management Conference, July 6–9, Lisbon, Portugal.*

Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication.* Basic Books.

Halbinger, M. A. (2018). The role of makerspaces in supporting consumer innovation and diffusion: An empirical analysis. *Research Policy, 47*(10), 2028–2036. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.008

Halbinger, M. A. (2020). The Relevance of Makerspaces for University-based Venture Development Organizations. *Entrepreneurship Research Journal, 10*(2), 1–4. https://doi.org/10.1515/erj-2020-0049

Hatch, M. (2014). *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* McGraw Hill.

Helgert, C., Geiss, R., Eilenberger, F., Mauroner, O., Pertsch, T., Zakoth, D., & Nolte, S. (2017). Open innovation at the Abbe School of Photonics. *Proc. SPIE 10452, 14th Conference on Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2017, 1045228*. https://doi.org/10.1117/12.2269953

Mauroner, O. (2017). Makers , hackers , DIY-innovation , and the strive for entrepreneurial opportunities. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 31*(1), 32–46. https://doi.org/10.1504/IJESB.2017.083832

Mauroner, O. (2021). *Kreativitäts- und Innovationsmanagement: Von der kreativen Idee zur Innovation.* Kohlhammer.

Mauroner, O., & Konrad, E. D. (2016). Unternehmertum und Maker Movement – Alternative Ansätze unternehmerischen Handelns. *Hochschule Mainz: Update23 WiSe16/17, Schwerpunkt: Kleine Und Mittlere Unternehmen,* 23–29.

Maxigas, P. (2012). Hacklabs and hackerspaces: Tracing two genealogies. *Journal of Peer Production, 2*. http://peerproduction.net/issues/issue-2/peer-reviewed-papers/hacklabs-and-hackerspaces/

Moilanen, J. (2012). Emerging Hackerspaces – Peer-Production Generation. In I. Hammouda, B. Lundell, T. Mikkonen, & W. Scacchi (Eds.), *Open Source Systems: Long-Term Sustainability. OSS 2012. IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 378, pp. 94–111). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-33442-9_7

OptecNet (2016). *Guidelines Open Innovation in Photonics* (2. Auf.). OptecNet Deutschland e.V. https://optecnet.de/fileadmin/files/optecnet/Downloads/Ph4All_Guideline_-_Open_Innovation_in_Photonics.pdf

Photonics21. (2020). *New Horizons: Securing Europe's technological sovereignty through photonics.* European Technology Platform Photonics21: Brussels. https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php

Piller, F., Möslein, K., Ihl, C., & Reichwald, R. (2017). *Interaktive Wertschöpfung kompakt: Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung.* Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17514-6

Ramsauer, C., & Friessnig, M. (2016). Einfluss der Maker Movement auf die Forschung und Entwicklung. In H. Biedermann (Ed.), *Industrial Engineering und Management: Beiträge des Techno-Ökonomie-Forums der TU Austria* (pp. 43–61). https://doi.org/10.1007/978-3-658-12097-9

Rieken, F., Boehm, T., Heinzen, M., & Meboldt, M. (2019). Corporate makerspaces as innovation driver in companies: a literature review-based framework. *Journal of Manufacturing Technology Management, 31*(1), 91–123. https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2019-0098

Saunders, T., & Kingsley, J. (2016). *Made in China: Makerspaces and the search for mass innovation.* NESTA. https://media.nesta.org.uk/documents/made_in_china-_makerspaces_report.pdf

Troxler, P. (2010). Commons-based Peer-Production of Physical Goods Is there Room for a Hybrid Innovation Ecology? *Paper Presented at the 3rd Free Culture Research Conference.* https://doi.org/10.2139/ssrn.1692617

van Holm, E. J. (2015). Makerspaces and Contributions to Entrepreneurship. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195*, 24–31. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.167

West, J., & Bogers, M. (2014). Leveraging external sources of innovation: A review of research on open innovation. *Journal of Product Innovation Management, 31*(4), 814–831. https://doi.org/10.1111/jpim.12125

Willett, R. (2016). Making, makers, and makerspaces: A discourse analysis of professional journal articles and blog posts about makerspaces in public libraries. *Library Quarterly, 86*(3), 313–329. https://doi.org/10.1086/686676

Willner, A. E., Byer, R. L., Chang-Hasnain, C. J., Forrest, S. R., Kressel, H., Kogelnik, H., Tearney, G. J., Townes, C. H., & Zervas, M. N. (2012). Optics and photonics: Key enabling technologies. *Proceedings of the IEEE, 100*, 1604–1643. https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2190174

Zakoth, D., Best, S., Geiß, R., Helgert, C., Lutzke, P., Mauroner, O., & Pertsch, T. (2019). Open source photonics at the Abbe School of Photonics: How Makerspaces foster open innovation processes at universities. *Proc. SPIE 11143, 15th Conference on Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2019, 111430G.* https://doi.org/10.1117/12.2524615

Zakoth, D., & Mauroner, O. (2020). Industry-Specific Makerspaces: Opportunities for Collaboration and Open Innovation. *Management International / International Management / Gestiòn Internacional, 24*(5), 88–99. https://doi.org/10.7202/1075482ar

Autoren

Oliver Mauroner
Sabine Best
David Zakoth

Herausgeber

Hochschule Mainz
Lucy-Hillebrand-Straße 2
55128 Mainz
https://www.hs-mainz.de

Veröffentlichung

Veröffentlicht im Jahr 2023
Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-NC-SA 4.0)

Bildrechte
(a) Lichtwerkstatt Jena, (b) Jan-Peter Kasper/FSU, (c) Christoph Worsch. Die Bildnachweise von b. und c. sind dem betreffenden Bild in der jeweiligen Bildbeschreibung zugeordnet. Alle weiteren fallen unser (a).

Gestaltung
Sabine Best

Bibliografische Angaben
Mauroner, O., Best, S., & Zakoth, D. (2023). *Makerspaces als Treiber offener Innovationsprozesse. Konzepte, Methoden und Instrumente für die Umsetzung eines branchenspezifischen Makerspaces*. Lichtwerkstatt Jena. Jena/Mainz. ISBN 978-3-00-077316-7.

ISBN 978-3-00-077316-7