

**Bericht zur Veranstaltung im Projekt Personal Photonics:  
*ac<sup>2</sup>-Gründer-Workshop „Digitale Fabrikation“*  
mit Fertigung eines Photonik-Baums  
am 02.12.2019 an der RWTH Aachen**

Autoren: Anke Brocker, Prof. Jan Borchers, RWTH Aachen  
[hci.rwth-aachen.de/ac2](http://hci.rwth-aachen.de/ac2)

**Änderungen gegenüber Workshop 2:**

Da beim letzten Mal das Interesse an CAD und Arduino groß war, haben wir diesmal je drei anstatt zwei Einführungskursen durchgeführt, die jeweils 20-25 Minuten dauerten. So hatten mehr Teilnehmer die Chance zu verschiedenen Zeiten mitzumachen. Die Fertigung der Baum-Kits wurde etwas verändert, damit die Fertigung besser parallelisiert werden konnte. Beim Design des Kits haben wir den Sockel noch einmal überarbeitet, da das Aufsetzen des Deckels mit den vielen „Zähnen“ schwierig war. Die Wand des Sockels besitzt nur noch drei Auflagepunkte anstatt ca. 20 Zähnen. Des Weiteren wurde eine kleine Box im Inneren des Sockels hinzugefügt, die Platz für die Batterie des Arduino hat und verhindert dass die Batterie sich im Sockel hin und herbewegen kann.

**Ziel der Veranstaltung und Projektbezug**

Dieser Workshop war die dritte Iteration des *Workshops Digitale Fabrikation*, der zuvor im April und Mai diesen Jahres stattgefunden hat. Wie bei den anderen beiden Workshops vermittelte er Kenntnisse in der Nutzung *innovativer Open-Source-Werkzeuge für photonische Fertigungsprozesse* wie das Lasercutting oder verschiedene 3D-Druck- und 3D-Scanverfahren und die Nutzung von Photonik-Komponenten in Verbindung mit Open-Source-Entwicklungswerkzeugen wie Arduino-Mikrocontrollerboards.

Zielgruppe der Veranstaltung waren diesmal wieder wie bei der ersten Auflage des Workshops Teilnehmer des ac<sup>2</sup>-Startup- und Wachstumswettbewerbs der GründerRegion Aachen.

Die Teilnehmer lernten eine Reihe von Verfahren kennen, um schnell, präzise und kostengünstig Prototypen zu fertigen, mit kleinen Investitionen sogar im eigenen Hause. Aber auch für die Visualisierung einer neuen Produktidee, für die Herstellung individuell angepasster Produkte oder einfach für ausgefallene Werbematerialien sind diese Techniken wertvoll für Gründer und Innovatoren in jeder Branche – nicht nur im produzierendem Gewerbe.

Der Workshop diente auch der iterativen Erprobung und Verbesserung unserer Schulungsmaterialien zum Thema, die in der Projektverlängerung in ein *Posterbuch* einfließen.

**Teilnehmer**

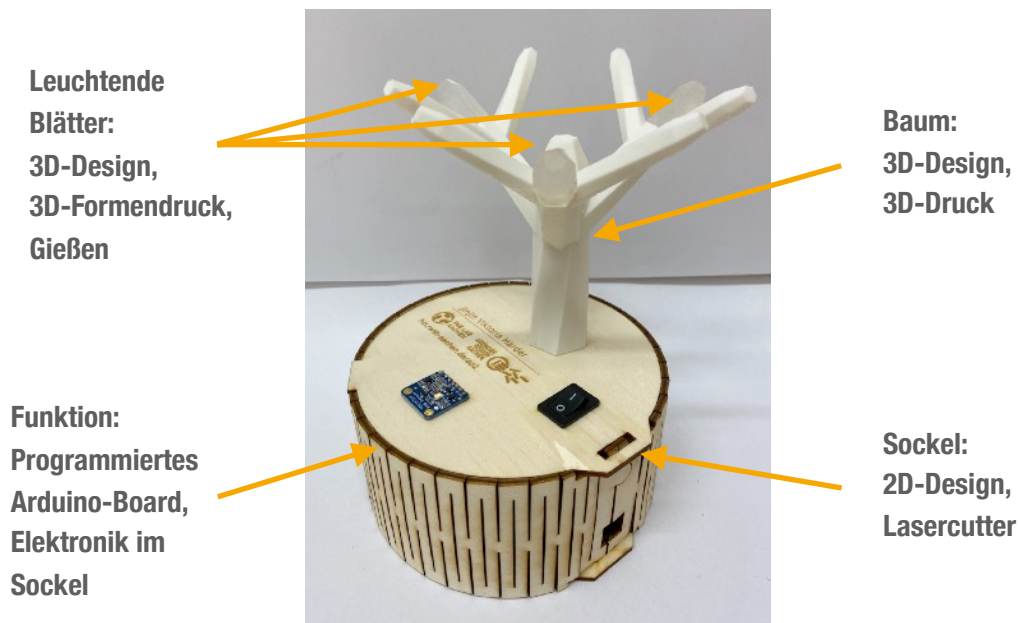
Die Teilnehmer (37 Anmeldungen, 31 erschienene Teilnehmer) des Workshops waren Teilnehmer der AC<sup>2</sup> Initiative. Die Gründer kommen aus verschiedensten Branchen, von Versicherungen über Consulting bis hin zur Beratung. Damit war das Feld der Teilnehmer sehr bunt gemischt, und auch der vorherige Kontakt mit digitalen Fabrikationstechnologien reichte von absoluten Einsteigern bis zu denen, die beispielsweise schon einmal mit einem 3D-Drucker gearbeitet hatten. Hinzu kamen

einige Teilnehmer der GründerRegion Aachen und der IHK Aachen, die die GründerRegion koordiniert.

### Didaktisches Konzept

Wie beim ersten Workshop verfolgten wir den Ansatz, die Teilnehmer nicht mit langen Vorträgen zu langweilen, sondern ihnen stattdessen nur einen kurzen 15-Minuten-Überblick über die Digitalen Fabrikationstechniken und ihre Möglichkeiten für Startups und Unternehmer verschiedenster Branchen zu geben. Anschließend konnten sich die Teilnehmer an sieben Stationen zu den einzelnen Techniken selbst informieren, zum Teil hands-on ausprobieren und dabei an jeder Station die zur dort vorgestellten Technik passenden Komponenten einsammeln, um anschließend ihr eigenes Artefakt zusammenzubauen.

Bei diesem Artefakt handelte es sich um eine nochmals verbesserte Version des *Photonik-Baums*. Wie schon das erste Modell leuchten die Blätter des Baums in der Farbe des Objekts, das man auf den Farbsensor am Fuß des Baumes legt. Dies erschien uns eine besonders anschauliche Demonstration photonischer Technologien nicht nur in der Fertigung, sondern auch der Funktion.



Der Baum besteht aus einem **Sockel** aus Sperrholz, der die Möglichkeiten von 2D-Design und Lasercutting demonstriert und auch zeigt, wie man runde Formen durch Anritzen des Holzes im Lasercutter fertigen kann. Das Aufsetzen des Deckels mit den vielen „Zähnen“ war beim letzten Workshop eine mühsame Angelegenheit. Deshalb ist diesmal das Design der Wand des Sockels angepasst worden, d.h. es gab nur noch drei Auflagepunkte. Des Weiteren wurde eine kleine Box im Inneren des Sockels hinzugefügt, die genau den benötigten Platz für die Batterie liefert. Der Sockelboden und die Wand wurden von uns wieder vorab verklebt.

Der **Baum** selbst ist 3D-gedruckt. Hier kam einer der für die Workshops im Projekt beschafften günstigen 3D-Drucker zum Einsatz, da die anderen günstigen Drucker leider Probleme bereiteten. Für die Parallellisierung der Druckzeit und rechtzeitige Fertigung kamen noch andere Drucker unseres Labs zum Einsatz (mit einer Druckzeit von 4,5 Stunden pro Baum). Allerdings zeigte sich auch die Schattenseite günstiger 3D-Drucker: Einige Drucker meldeten verstopfte Extruder, die teilweise nicht vor Ort repariert werden konnten und eine Herstellerreparatur erforderten.

Die leuchtenden **Blätter** wurden wieder aus transparentem Silikon gegossen. Die Form dazu kam wiederum aus dem 3D-Drucker. Dies illustrierte, wie durch Formendruck die Materialvielfalt beim 3D-Druck erhöht werden kann.

Der **Farbsensor** liefert wie beim ersten Modell einen RGB-Wert per I2C an das **Arduino Uno** im Sockel. Das wiederum schickt diesen Wert an die RGB-LEDs in den Blättern. Wir behielten den Wechsel von einfachen RGB-LEDs zu **WS2812-LEDs** bei. Wir wollten diese moderne, bei Makern sehr beliebte Photonik-Technologie den Teilnehmern näherbringen, und sie vereinfachte auch die Verkabelung, so dass die Teilnehmer hier nur noch eine Datenleitung, 5V und GND statt vieler individueller LED-Pins in das Arduino zu stecken hatten. Da wir die LED-Datenleitungen im Baum verketteten, können die Teilnehmer mit diesem Baum außerdem nun jede LED individuell ansteuern, was im ersten Modell nicht möglich war. Neu war diesmal, dass wir einen **verpolungssicheren** Stecker für den Farbsensor gebaut haben, damit die Teilnehmer diesen Stecker nur in eine Richtung in den Farbsensor stecken können.

Vorhanden war auch wieder der Ein-/Aus-Schalter, den wir vorab in die Leitung vom 9V-Clip zum Arduino-Stecker einlöteten. Damit müssen die Teilnehmer den Sockel nicht mehr öffnen und können die Batterie im Sockel belassen.

Im Rahmen der Vorbereitung des Workshops fertigten unsere studentischen Hilfskräfte wieder rund 40 Kits des Photonik-Baums zum Zusammenbau durch die Teilnehmer. Auch diesmal wieder zeigte sich der Zeitaufwand für die Vorbereitung und Durchführung des Workshops mit rund 190 Hiwi-Stunden und rund 80 Mitarbeiterstunden als recht beachtlich. Während die Planung durch die Mitarbeiter damit natürlich diesmal routinierter und schneller ging als bei den ersten zwei Workshops (die meisten Poster und sonstigen Workshop-Konzepte und das Grundkonzept des Baums existierten ja bereits und mussten nur aktualisiert werden), dauerte die Fertigung der Kits durch die Hiwis diesmal fast genau so lang. Insbesondere die Vorverkabelung der LEDs ist zeitaufwändig, obwohl hier bereits das recht schnelle Crimping zum Einsatz kommt.

## **Die Stationen**

### *Einführung 3D-Design (Kurs):*

Diese Station wurde als 20-minütiger Kurs strukturiert, der dreimal, um 18:45 Uhr, um 19:15 Uhr und um 19:45 Uhr, angeboten wurde. Hier hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, ein einfaches 3D-Modell mit dem CAD-Tool *TinkerCAD* zu erstellen, das ohne lokale Installation im Browser läuft. Das erstellte Modell entsprach einer einfachen Variante des Stamms des Photonik-Baums, um die didaktische Beziehung zwischen dem Gelernten und dem Baum herzustellen.

Aus den Erfahrungen des ersten Workshops zeigte sich, dass die Nutzung von TinkerCAD auf Tablets entgegen unseren Annahmen gerade für Einsteiger deutlich zu umständlich ist. Daher baten wir die Teilnehmer in der Einladung auch diesmal, soweit möglich eigene Laptops mitzubringen. Für Teilnehmer ohne eigenen Laptop standen einige MacBooks des Lehrstuhls zur Verfügung.

### *Einführung Arduino-Programmierung (Kurs):*

Diese Station wurde vom letzten Kurs beibehalten um den Arduino-Einstieg etwas zu erleichtern. Auch diese Station wurde deshalb als 20-minütiger Kurs strukturiert, der ebenfalls dreimal zu denselben Zeiten wie der 3D-Design Kurs angeboten wurde. Hier erlernen Teilnehmer die ersten Schritte in der eingebetteten Programmierung. Dazu wurde ein Arduino Uno genutzt, mit dem eine externe LED zum Blinken gebracht wurde. Die Teilnehmer installierten die Arduino IDE auf ihrem

eigenen Rechner (oder nutzten unsere dafür vorbereiteten MacBooks mit separaten Workshop-Accounts und vorinstallierter Software), bauten eine einfache Schaltung mit LED und Widerstand auf einem Mini-Breadboard mit Anschlüssen an das Arduino-Board auf und schrieben das Programm komplett selbst nach Anleitung. So lernten die Teilnehmer das Arduino Uno kennen, das auch in ihrem Photonik-Baum verwendet wird.

#### *3D-Drucker:*

Während des Workshops lief ein 3D-Drucker und druckte einen weiteren der Photonik-Bäume zur Demonstration. Weitere 3D-Drucker verschiedener Preisklassen waren ebenfalls zum Ausprobieren ausgestellt. Die Teilnehmer erhielten im Gespräch individuelle Einführungen, wie der 3D-Drucker funktioniert und bedient wird, und konnten individuell Fragen zum Thema 3D-Druck stellen. Hier waren wegen des großen Interesses häufig mehrere studentische Mitarbeiter und Doktoranden an den Druckern, die hierfür im Projekt beschafft worden waren, im Einsatz. Dieses Format hatte sich als am besten geeignet erwiesen, um auf die unterschiedlichen Kenntnisstände der Teilnehmer einzugehen.

#### *3D-Scanner:*

An dieser Station wurde der Prozess des 3D-Scanning erklärt und mit unserem Hand-Scanner demonstriert, um zu zeigen, wie von einem realen Objekt ein 3D-Modell eingescannt werden kann, das dann wieder 3D-gedruckt werden kann, und welche Grenzen das 3D-Scanning in Bezug auf Auflösung, Hinterschneidungen und Reflexionen hat.

#### *Lasercutter:*

Da der Lasercutter in unserem FabLab steht, wurde nicht nur dessen Funktion erklärt und demonstriert, sondern auch die anderen Einrichtungen des FabLabs kurz erläutert. An der Station wurde auch erklärt, wie 2D-Design für den Lasercutter funktioniert, und dass es möglich ist, auch 3D-Objekte aus 2D-Teilen zu erstellen, wie z.B. den Sockel unseres Photonik-Baums.

#### *Elektronik:*

An der Elektronik-Station erhielten die Teilnehmer alle Bauteile, die ihren Photonik-Baum nachher interaktiv machen, d.h. das Arduino-Board, Farbsensor, Batterie, Schalter und Kabel. Die LEDs waren bereits in den Baum eingesteckt, um diese etwas fummelige Aufgabe nicht den Teilnehmern zu überlassen. Außerdem konnte man hier erfahren, wie das Programm auf dem Arduino funktioniert, das es dem Baum ermöglicht, Farben zu erkennen und auszugeben.

#### *Tangibles:*

Als Anwendungsbeispiel, wozu wir in unserer Forschung digitale Fabrikation nutzen, stellte ein Mitarbeiter den Teilnehmern die Tangibles vor, die wir entwickeln. Tangibles sind Objekte, die Eingaben auf Multitouch-Oberflächen auch ohne Hinsehen erleichtern.

### **Zeitlicher Ablauf des Abends**

Ab 18:00 kamen die Teilnehmer des Workshops am Lehrstuhl an, es gab Getränke und Gelegenheit zum Networking. Der Workshop startete etwas verspätet gegen 18:30, da einige Teilnehmer im Aachener Weihnachtsmarktverkehr festgesteckt hatten. Die Begrüßung und Einführung über den Verlauf des Abends und der kompakten Vorstellung der digitalen Fertigungstechniken und des zu bauenden Photonik-Baums durch Prof. Jan Borchers war kurz und informativ gehalten.

Ab 18:45 hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, die verschiedenen Stationen des Workshops zu besuchen und auch selbst 'hands-on' mitzumachen. Außerdem konnten sich die Teilnehmer an den Stationen alle Einzelteile für ihren Photonik-Baum abholen und an den jeweiligen Stationen lernen, wie das Einzelteil entstanden ist. An jeder Station informierte ein Poster über den jeweiligen Prozess, aber im Vordergrund stand das persönliche Gespräch über den Prozess. Hierzu stand an jeder Station ein Doktorand oder wissenschaftliche Hilfskraft, die den Prozess genau kannte und damit bereits praktische Erfahrungen gesammelt hatte. Zwischendurch konnten die Teilnehmer sich mit belegten Baguettescheiben stärken, deren Kosten freundlicherweise die GründerRegion übernahm.

Ab 20 Uhr wurden die Bäume mit Unterstützung durch alle anwesenden Lehrstuhlmitarbeiter zusammengebaut. Hier galt es etwas Fingerfertigkeit zu beweisen beim Zusammenstecken der elektronischen und anderen Komponenten.

Um 20:45 schloss der Workshop mit einem kurzen Ausblick durch Prof. Borchers: Wo kann man 3D-Druck-Dienstleister oder Lasercutterdienstleister wie die Aachener *Laserkatze* finden? Wie kann man das Fab Lab Aachen nutzen? Wo gibt es weitere Informationen zur Arduino-Programmierung? Anschließend gab es eine kleine Feedbackrunde: Was hatte den Teilnehmern gefallen, was können wir beim nächsten Mal noch besser machen? Das Feedback war durchweg und überwältigend positiv. Vor allem, dass man selbst „mit anpacken“ durfte und alle Prozesse praktisch kennenlernen konnte, wurde positiv erwähnt.

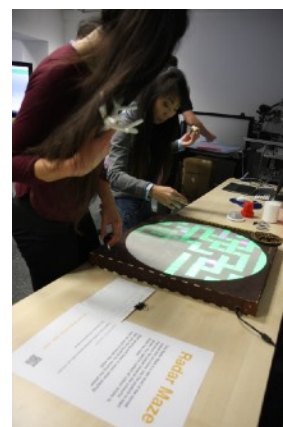
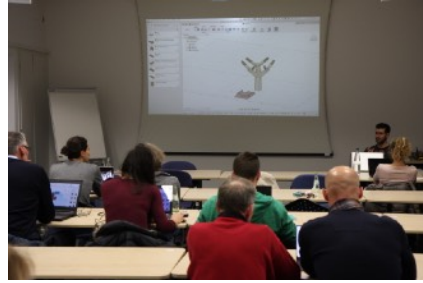
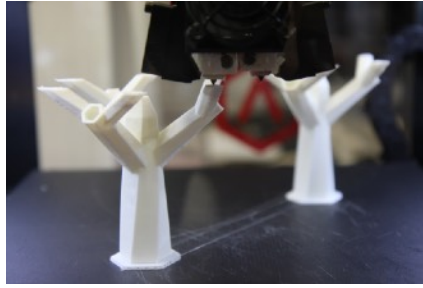
Gegen 21:30, nach drei Stunden Austausch und Lernen, konnten auch diesmal wieder alle Teilnehmer ohne Ausnahme ihren eigenen funktionierenden Photonik-Baum mit nach Hause nehmen, ein Ergebnis, über das wir uns besonders gefreut haben.

Jeder Teilnehmer erhielt außerdem wieder ein kleines Booklet zum Mitnehmen, in dem alle Infos und Poster zur Digitalen Fabrikation, die am Workshopabend im Lehrstuhl aushingen, abgedruckt sind. Dieses Booklet ist eine Art Vorversion des Poster-Buchs.

Sowohl auf dem Booklet als auch auf dem Photonik-Baum findet sich schließlich die URL der Homepage des Workshops, <https://hci.rwth-aachen.de/ac2>, auf dem die Teilnehmer auch alle digitalen Design-Files, den Arduino-Code auf ihrem Photonik-Baum und das Poster-Booklet zum Download finden.

### **Was wir gelernt haben**

Das Feedback zum Workshop war durchgehend äußerst positiv. Fast alle Teilnehmer haben die Zeit gefunden an dem 3D-Design Kurs und dem Arduino Kurs teilzunehmen. Die Ablauf des Abends hatte beim dritten Mal schon sehr viel mehr Routine, sodass der Abend stressfreier war. Einzelne Stationen waren nicht überfüllt, da die Teilnehmer sich besser verteilt haben, und der Zusammenbau gestaltete sich durch die weiteren Änderungen am Photonik-Baum einfacher, vor Allem der Sockeldeckel war einfacher zu schließen. Die Vorbereitungszeiten, insbesondere die Fertigung der Kits, bleibt allerdings recht zeitaufwändig, obwohl nach dem dritten Workshop schon bessere Routinen entwickelt worden sind.



## Impressionen vom Workshop

Neben Fotos wurde am Abend auch ein Video gedreht, das den Verlauf des Abends dokumentiert, das wir ebenfalls auf der Workshop-Homepage verlinken werden.