

Digital Making for everyone and everywhere! **Forschen (lernen) im mobilen Makerspace**

Dr. Alexandra Schulz & Dr. Marco Otto | TU Berlin

1. Beschreibung der Lehrinnovation

Dinge aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchten, vermeintlich Bekanntes in Frage stellen, sich im Dialog über Fächergrenzen hinweg begeben - die Idee des Forschenden Lernens ist mittlerweile schon fast 50 Jahre alt und ihr Nutzen in Hinblick auf die Ausbildung gerade junger Ingenieur*innen und Naturwissenschaftler*innen unbestritten. Dass Studierende dennoch in vielen Fächern nur oberflächlich damit in Berührung kommen, hat mehrere, zum Teil auch fachspezifische Gründe. Einer davon ist die oft zu große Schere zwischen dem Kenntnisstand der Studierenden auf der einen und den immer komplexeren Prozessen und Fragestellungen auf der anderen Seite. So erfordern z.B. heutige Beobachtungen von Prozessen in der Landschaft die Verwendung automatisierter und computergesteuerter Messverfahren. Diese sind oft ohne Vorwissen kaum sinnvoll zu handhaben, so dass Forschungsfragen ohne Kenntnis der Technik weder richtig formuliert noch erkenntnisbringend reflektiert werden können.

Im Vordergrund des Projekts stand daher das in der universitären Lehre noch neue Konzept eines mobilen Makerspace: Ein mit allen erforderlichen technischen Komponenten bestückter Rollwagen, mit dem Studierende selbst kleine Messinstrumente und Messstationen bauen und programmieren können (siehe Abbildung 1). Dieser soll vor allem Wissenslücken schließen in Fächern, in denen das Wissen um die Funktionsweise von z.B. Messtechnik hilfreich für die Erhebung und Bewertung von Daten ist, in denen aber Veranstaltungen mit Schwerpunkt Informatik oder Elektrotechnik nicht im Curriculum vorgesehen sind.

Der im Projekt entstandene Makerspace ist ausgestattet mit einem 3D-Drucker, Lötkolben und Zubehör sowie einem Monitor und den für die Lehrveranstaltung nötigen Einplatinencomputern inkl. Sensoren. Der eigens für das Projekt entworfene und gebaute Wagen passt in einen Transporter und kann auf Rollen an beliebige Aufstellplätze gebracht werden. Damit werden Flexibilität und Einsatzspektrum gegenüber einer immer wieder lokal aufzubauenden Variante deutlich erhöht.

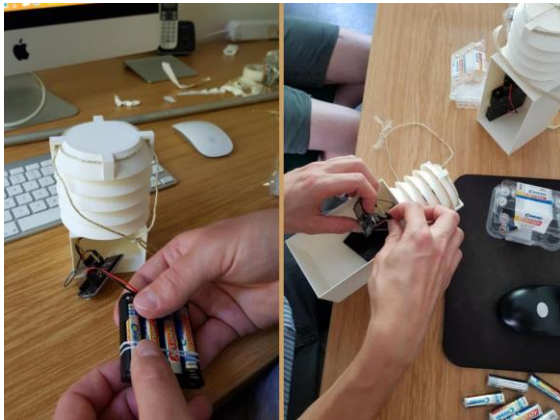


Abbildung 1 Vollständig aufgebaute mobiler Makerspace (oben rechts) mit Lötstation (oben links), 3_Drucker (unten rechts) und zusammengebaut für den Transport (unten rechts).

Aus didaktischer Sicht war vor allem die Verbindung zum Forschenden Lernen, also das Durchlaufen verschiedener Phasen eines Forschungsprozesses, interessant. Den Studierenden ermöglicht das eine aktive Teilhabe an aktuellen Forschungsfragen des jeweiligen Fachgebiets. Darüber hinaus erwerben sie dabei Kompetenzen, die sie sowohl in einer späteren wissenschaftsbasierten Beschäftigung benötigen als auch ihr Repertoire überfachlicher Kompetenzen erweitern wie z.B. sich selbstständig ein Themengebiet zu erschließen und Probleme systematisch zu lösen.

In vier Projekten im Studiengang B.Sc. und M.Sc. Ökologie und Umweltplanung der TU Berlin konnten Studierende so nicht nur als Beobachter, sondern auch als gestaltende Akteure mitwirken. In den Projekten „Hedge vs Edge – Am Rande liegt der Anfang“ und „Einfluss von Hecken in der Landschaft auf das Kleinklima und hydrologische Prozesse“ wurden die ersten Wetterstationen und Bodenfeuchtesensoren gebaut und eingesetzt. In zwei weiteren Projekten wurden UV-Messgeräte gebaut und weitere Wetterstationen, die im Versuchsgarten des Fachgebiets aufgebaut wurden.

Hedge vs. Edge – Am Rand liegt der Anfang Grundlagenprojekt, Sommersemester 2019, BSc.



Bau eigener Wetterstationen

Umfang: 4 SWS / 12 ECTS

Anzahl der Teilnehmenden: 18

Inhalt: Das Projekt beschäftigt sich mit den Ökosystemleistungen von Hecken, Feldgehölzen und Feldhainen im Fokus steht dabei die mikroklimatischen Besonderheiten dieser Gehölzstrukturen

Maker-Anteil: Ca. 5-7 Tage (davon eine Woche Workshop Anfang Juni)

Hecken in der Landschaft Profilierungsprojekt, Sommersemester 2019, Master



Bodenfeuchtemessung

Umfang: 4 SWS / 12 ECTS

Anzahl der Teilnehmenden: 15

Inhalt: Das Projekt beschäftigt sich mit den Einflüssen von Hecken in der Landschaft auf Bodenfeuchte und Kleinklima

Maker-Anteil: Vom Interesse und Einsatz der Studierenden abhängig, > 2 Tagen

Experimentelle Untersuchung der UV-Exposition auf Stadtbewohner*innen in Berlin Profilierungsprojekt



UV-Messgerät auf weißem Helm für mobile Messungen

Umfang: 2 SWS (Deputat) / 12 ECTS (Studienleistung)

Anzahl der Teilnehmenden: 4 (selbstbestimmtes Projekt)

Inhalt: Im Projekt wurde untersucht, in welchem Ausmaß verschiedene Nutzungsweisen des urbanen Raums die UV-Exposition beeinflussen. Das dazu verwendete Messgerät wurde mittels des Makerspaces aus low-cost Sensoren von den Studierenden selbst entworfen und gebaut

Maker-Anteil: Ca. 5-7 Tage

Grundlagen der Messtechnik - Data-Logger im Selbstbau

Teil der Blockveranstaltung Angewandte Klimatologie II



Bau der automatischen Wetterstation (links) und Aufbau im Versuchsgarten des Fachgebietes (rechts)

Umfang: 2 SWS (Deputat) / 6 ECTS (Studienleistung)

Anzahl der Teilnehmenden: 21

Inhalt: Vermittlung technischer Grundlagen für die Datenerfassung mittels kleiner selbstgebauter automatischer Wetterstationen innerhalb einer integrierten Lehrveranstaltung.

Maker-Anteil: Ca. 2 Tage

Eine zentrale Frage bei der Konzeption der Lehrveranstaltungen war, welche Aspekte des forschenden Lernens fokussiert werden sollen und welche Freiräume Studierenden mit Blick auf die zeitlichen Ressourcen eingeräumt werden können. In Bezug auf den Makerspace entsteht hier ein Spannungsfeld: einerseits ist es wünschenswert, dass Studierende beim Basteln und Programmieren ausreichend Zeit haben, um auch Fehler zu machen und selbst nach Lösungen zu suchen. Andererseits dauern diese Prozesse vor allem bei wenig erfahrenen Personen auch entsprechend lange, so dass hier leicht ein zeitliches Ungleichgewicht zum eigentlichen Kern der Veranstaltung – zum Erheben und Auswertung von Messdaten – entsteht.

Im Projekt „Hedge vs. Edge“ wurde ein Prototyp der zu bauenden Wetterstationen im Vorfeld angefertigt. So stand eine Fallback-Lösung bereit, falls die Studierenden im gesetzten zeitlichen Rahmen nicht alle eine eigene Station konstruiert haben. Im Projekt „Hecken in der Landschaft“ lag keine komplette Lösung vor. Das entspricht einerseits zwar eher einem offenen Forschungssetting, führte im Verlauf der Veranstaltung aber zu punktueller Mehrarbeit der Dozierenden, die dann kurzfristig noch die losen Enden zusammenführen musste.

Insgesamt wurden die Praxisanteile mit dem Makerspace seitens der Studierenden in beiden Fällen positiv bewertet, allerdings erst in der abschließenden Evaluation, zwischenzeitlich gab es durchaus Motivationstiefs. Aus Sicht des Ziels wirklich ein forschungsnahes Setting zu gestalten ist das aber nicht negativ, denn Experimentieren erfordert Ehrgeiz und Durchhaltevermögen. Die Erfahrung am Ende eine Lösung gefunden zu haben, stärkt die Erfolgszuversicht von Studierenden.

2. Inwieweit wurden die mit der Lehrinnovation verfolgten Ziele erreicht? Welche Probleme haben dazu geführt, dass Ziele nicht wie geplant erreicht wurden?

Die Ziele wurden weitestgehend erreicht. Leider war es aufgrund der Corona-Pandemie nicht möglich, die Arbeit mit dem Makerspace in den eigenen Projekten über die vier Piloten weiterzuführen oder die Ausleihe an andere Fachbereiche aktiv zu unterstützen. Daher liegen noch keine Erkenntnisse zur Übertragbarkeit in anderen Fächern vor. Mit dem Start in das Präsenzsemester 2022 wird die Bekanntmachung innerhalb der TU wiederaufgenommen (siehe auch 4.).

3. Was sind die „lessons learned“ (nicht intendierte positive/negative Effekte, unabdingbare Voraussetzungen etc.)?

Die Idee des mobilen Makerspace ist es, auch weniger technikaffinen Studierenden einen Einstieg in die Programmierung und Nutzung einfacher Sensorik/Messtechnik zu bieten.

Um solche Elemente in die Lehre einzubinden, ist mittleres bis hohes Vorwissen und ggf. die Bereitschaft zur eigenen Weiterbildung auf Seiten der Lehrenden notwendig, um die technischen Hintergründe der Instrumente einschließlich ihrer Komponenten, Materialien und Eigenschaften zu verstehen. Die erforderliche Zeit, um selbst Prototypen zu erstellen oder den passenden Code zu schreiben, haben wir an einigen Stellen unterschätzt. Obwohl bei allen Lehrenden und Tutoren bereits Vorwissen vorhanden war, haben sich einige Details als zeitintensiv entpuppt.

Beim Arbeiten im Makerspace ändert sich ggf. bei einigen Lehrenden die eigene Rolle als Lehrperson, denn der Lernprozess wird nun gemeinsam mit den Studierenden gestaltet. Lehrende sind nicht mehr alleinige Vermittler des Fachwissens, sondern beziehen die Studierenden durch Recherchen, Experimente und Diskussionen aktiv in den Lernprozess mit ein. Auf der einen Seite unterstützen sie so Studierende, ihr Wissen selbstständig zu erweitern und zu vertiefen. Gleichzeitig geht damit auch einher, selbst die richtigen Antworten nicht von Beginn an zu kennen und auch Irrwege nicht immer sofort zu erkennen. So stellte sich zum Beispiel beim Bau der Wetterstationen heraus, dass das verwendete Material im 3D-Druck für die Abschirmung der Sonneneinstrahlung nicht ideal ist und zu Messfehlern

führt. Das allein ist unproblematisch, denn das zu erkennen, gemeinsam zu reflektieren und zu korrigieren ist ein sehr wertvoller Lehrmoment. Aber es erfordert seitens der Lehrenden auch Offenheit und eine transparente Kommunikation dieser Rolle, damit alle davon profitieren können.

4. Inwieweit wurde die Lehrinnovation verstetigt?

Der Makerspace steht am Fachgebiet Klimatologie bereit und kann von anderen Fachbereichen der TU Berlin ausgeliehen werden. Da dies während der digitalen Semester nicht möglich war, startet mit der Öffnung des Campus im Sommersemester 2022 auch wieder die aktive Bewerbung des Angebots. Den Auftakt dafür bietet der an der TU seit vielen Jahren etablierte „Lunch für gute Lehre“ in dessen Rahmen der Rollwagen Lehrenden auch vorgeführt wird.

5. Auf welche Lehr-/Lernsituationen – auch in anderen Disziplinen - kann die Lehrinnovation übertragen werden?

Im Prinzip kann der Makerspace in allen Bereichen zum Einsatz kommen, in denen die eingebaute Technik für die Beantwortung von Forschungsfragen hilfreich sind. So können z.B.

- Eingangsveranstaltungen profitieren, die Studierenden einen frühen Zugang zum Forschenden lernen ermöglichen wollen
- Projekte und Veranstaltungen, in denen (einfache) Messtechnik genutzt wird und das Verständnis für die grundsätzliche Funktionsweise gefördert werden soll
- Projekte, in denen der Bau der oft sehr günstigen Messgeräte überhaupt erst bestimmte Aufgaben lösbar machen (z.B. weil die Geräte sonst sehr teuer oder nur in kleiner Stückzahl vorhanden sind)

ANHANG: Arbeits- und Materialaufwand für die Herstellung des mobilen Makerspace



Robuster Metallrahmen Makerspace (links) und Rollen (rechts)

Teilleiste Selbstbau mobiler Makerspace:

- EASY Systemprofile und Zubehör:
- Streben Profil 6 I 30 X 30 Gesamtlänge 10581 mm
- Zuschnitt: 2 Stck 305 mm Länge
 - o 2 Stck 593 mm Länge
 - o 2 Stck 325 mm Länge
 - o 2 Stck 265 mm Länge
 - o 2 Stck 900 mm Länge
 - o 2 Stck 150 mm Länge
 - o 3 Stck 1140 mm Länge
 - o 1 Stck 665 mm Länge
 - o 2 Stck 710 mm Länge
- Streben Profil 6 I 30 X 60 Gesamtlänge 3900 mm
- Zuschnitt: 2 Stck 1140 mm Länge
 - o 3 Stck 540 mm Länge
- Zubehör für Profil 6 I
- 6 Stck Gelenk 30 X 30 mit Befestigungssatz für Nut 6
- 2 Stck Gelenk 30 X 30 mit Befestigungssatz für Nut 6 und Klemmhebel
- 2 Stck Rollen 75 mit Bremse
- 2 Stck Rollen 75 ohne Bremse
- 2 Stck Bügelgriff 200 mit Befestigungssatz für Nut 6
- 2 Stck Fallenschloss mit Befestigungssatz für Nut 6
- 2 Stck Stellfuß 40 ZD M 8 x 80
- 6 Stck Scharnier 30 X 30 Alu mit Befestigungssatz für Nut 6
- 2 Stck Winkel 30 X 60 mit Befestigungssatz für Nut 6
- 6 Stck Scharnierbänder Messing 30 X 80
- 4 Stck Eckbodenplatten Alu für Rollen
- 27 Stck Alu Winkel 30 X 30

- 32 Stck Standardverbinder N6I
- 33 Stck Nutensteine M 6
- 50 Stck Senkschrauben M 6 x 12
- 50 Stck Senkschrauben M 6 x 14
- 40 Stck SPAX Holz Senkschrauben 4,5 X 16
- 30 Stck SPAX Holz Senkschrauben 4,5 X 20
- 4 Stck Senkschraube M 6 X 25
- Holzplattenwerkstoff für Arbeitsfläche, Türen, Rahmenfüllung, Bodenplatten besteht aus Siebdruckplatte Birke Sieb/Film Farbe Kaffeebraun, Stärke 18 mm für Arbeitsfläche und Bodenplatten, Stärke 9 mm für Rahmenfüllung und Türen.

Zuschnittsmaße:

- Türen 2 Stck 540 mm X 660 mm Schloss seitig abgeschrägt
- Rahmenfüllung 1 Stck 1160 mm X 185 mm
- Rahmenfüllung 1 Stck 1160 mm X 490 mm
- Arbeitsfläche 1 Stck 1130 mm X 370 mm
- Arbeitsfläche 1 Stck 1130 mm X 490 mm
- Bodenplatten 2 Stck 540 mm X 555 mm

Folgende Arbeiten mussten am Alu Profil durchgeführt werden:

Zuschnitt der Profile. Erstellen von 31 Stck Durchgangsbohrungen 6 mm. Erstellen von 44 Stck Gewindebohrungen M 6. Erstellen von 2 Stck Gewindebohrungen M 8. Zusammenbau des Grundgestells der mobilen Werkstation und Bestückung der Zubehörteile wie Rollen, Griffe, Winkel etc. Danach erfolgte der Zuschnitt des Holzplattenwerkstoffes. Die Türen müssen mit Scharniere und Fallenschloss bestückt werden. Die Klappbare Arbeitsfläche wurde mit Scharniere und Klappbare Stellfüße versehen. Danach wurde die Werkstation Komplett zusammengebaut.

- Gesamter Arbeitsaufwand beträgt ca. 3-4 Werkstage für Mitarbeiter*in mit Berufsbildung/Erfahrung in Holz- und Metallbau
- Kosten für EASY Profilsystem plus Zubehör ca. 440 €
- Kosten für Plattenwerkstoff ca. 53 €