
EduFab – Workshop :: Gebäude bauen - Analytische Geometrie am Praxisbeispiel

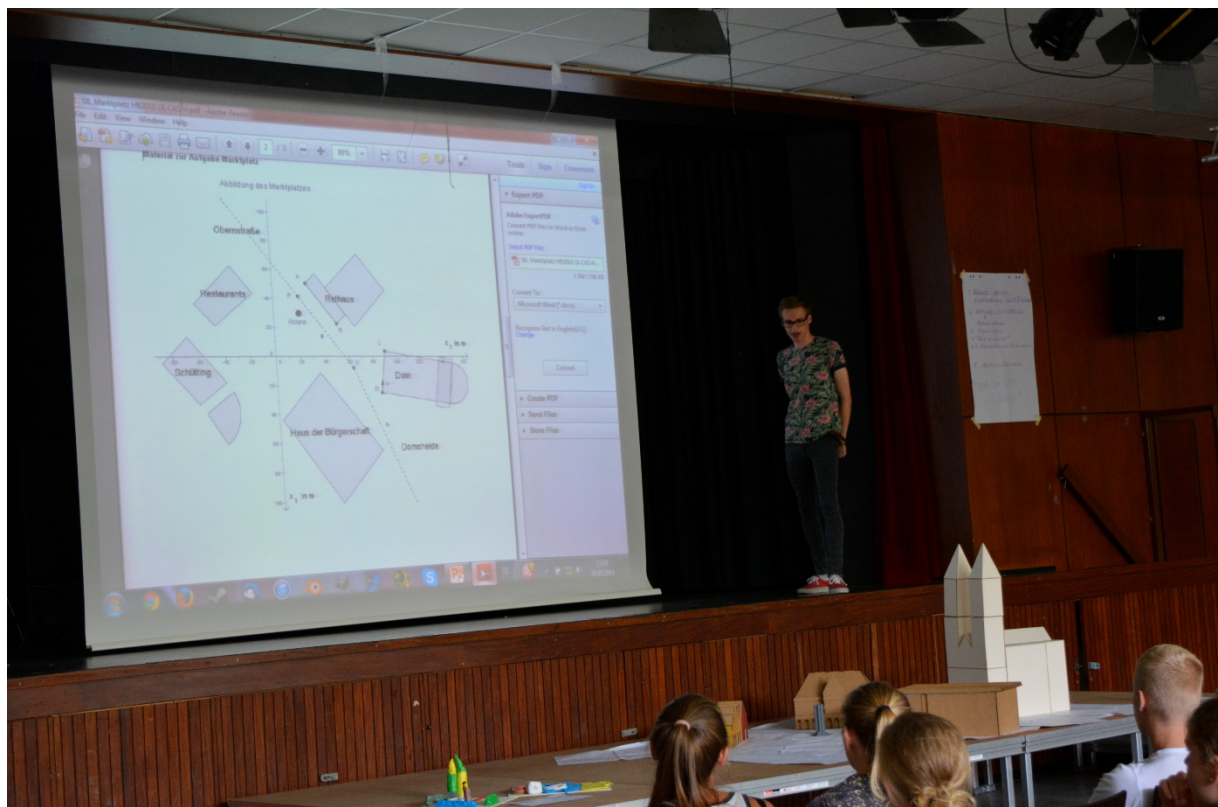
Ein Workshop für den Geometrieunterricht
in der Oberstufe

Universität Bremen, AG Digitale Medien in der Bildung

Bernard Robben, Nadine Dittert

Kontakt: robben@tzi.de

24. Januar 2017



edu Fab

Dieses Dokument ist im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts EduFab an der Universität Bremen entstanden. EduFab begann im November 2013 und endete im Juli 2016.



Make Light Photonik selber machen



Dieses Werk steht unter einer Creative Commons Namensnennung- Keine kommerzielle Nutzung- Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland Lizenz. Um die Lizenz anzusehen, gehen Sie bitte zu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/> oder schicken Sie einen Brief an Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung	4
2	Inhalt des Workshops	4
2.1	Geometrie der Gebäude-Modelle	4
2.2	Funktionsweise von Laser-Cuttern	4
2.3	Konstruktions-Software Inkscape (+Visicut)	4
3	Vorbereitung des Workshops	5
3.1	Bereitstellen des Materials	5
3.2	Vorbereiten der Arbeitsplätze	5
3.3	Kontaktaufnahme zu einer architekturaffinen Firma oder Behörde	5
4	Ablauf des Workshops	5
4.1	Begrüßung	5
4.2	Fantasie- und Explorationsphase	6
4.3	Kennenlernen der Werkzeuge	6
4.4	Exkursion in die Praxis	7
4.5	Konkretisierung der Idee und Spezifikation des zu erstellenden Gebäudes	7
4.6	Modellierung und Konstruktion des Gebäudes	8
4.7	Präsentation des Ergebnisses	8
	Anhang: Die „GeoFab“ – Ebene des EduFab – Koffers	10

1 Kurzbeschreibung

„Gebäude bauen – Analytische Geometrie am Praxisbeispiel“ ist ein Workshop für Schülerinnen und Schüler der Oberstufe. Grundelemente der analytischen Geometrie werden am Beispiel des Modellbaus von Gebäuden eines zentralen Platzes im Lebensraum der Lernenden erarbeitet. Arbeitsteilig in Kleingruppen werden einzelne Gebäudemodelle erstellt und dann auf dem Modellplatz gemäß ihrer exakten Position aufgestellt. Der Workshop wurde mit einem Oberstufenkurs einer Oberschule durchgeführt, wobei als Beispielsplatz der Bremer Marktplatz gewählt wurde. Der zeitliche Rahmen beträgt etwa 10 Doppelstunden des normalen Schulunterrichts, wobei die Schülerinnen und Schüler ins FabLab kommen, wo ihnen ein Laser-Cutter zur Verfügung steht. Materialien zur Durchführung des Workshops sind im EduFab-Koffer in der GeoFab-Ebene zu finden (siehe Anhang A).

2 Inhalt des Workshops

In diesem Workshop wird die Geometrie von Gebäude-Modellen, inklusive der daraus abgeleiteten unterschiedlichen Ansichten und der Berechnung des Maßstabes thematisiert. Außerdem müssen Winkel und Entfernungen berechnet werden, um die Gebäude richtig auf dem Modellplatz zu positionieren. Anders als bei einem rein geometrischen Modell spielen auch die Materialeigenschaften der Stoffe, mit denen die Modelle gebaut werden eine Rolle. Technisch ist die Funktionsweise des Laser-Cutters zu verstehen sowie der Umgang einer Software zur Modellierung der Modelle ist zu erlernen.

2.1 Geometrie der Gebäude-Modelle

Die Geometrie der Gebäude wird an konkreten Gebäuden zum Thema, je nach modellierten Gebäuden sind diese unterschiedlich kompliziert. Auf jeden Fall sind die richtige Bemaßung und die Berechnung von Winkeln zwischen Gebäudeteilen zu behandeln. Dabei ist die Materialstärke zu berücksichtigen und der Unterschied zwischen dem Außenmaß und dem Innenmaß zu erklären. Grundlegend ist die Ermittlung des richtigen Maßstabs in dem das Modell zum Original steht.

2.2 Funktionsweise von Laser-Cuttern

In diesem Workshop werden die grundlegenden Begriffe Laser und Laser-Cutter erklärt. Dabei wird darauf eingegangen, was Licht ist und wie es entsteht. Licht wird als schwingende Energieteilchen, die sich von einer Quelle aus wellenförmig ausbreiten, erklärt. Das Prinzip eines Lasers wird vereinfacht anhand einer Lupe erklärt, mit der Sonnenlichtstrahlen gebündelt werden können. Dabei entsteht an einem Punkt (dem Brennpunkt) sehr große Hitze und Brandgefahr. Beim Laser wird das Licht auf ähnliche Weise fokussiert und kann dadurch so viel Kraft an einer bestimmten Stelle entwickeln, dass damit Material geschnitten werden kann. Ähnlich wie beim Sonnenlicht sollte man nicht direkt in den Laser schauen. Wichtig ist zudem die exakte Fokussierung des Laserstrahls auf der Oberfläche des Werkstücks. Ein Laser-Cutter lässt sich ähnlich wie ein Drucker bedienen. Er erhält eine Datei mit Informationen, wo geschnitten oder graviert werden soll. Ähnlich wie beim Druckertreiber sind dafür Werte je nach Materialeigenschaften des zu bearbeitenden Materials einzustellen.

2.3 Konstruktions-Software Inkscape (+Visicut)

Inkscape ist ein Open Source Vektorgrafikprogramm. Wie üblich enthält es einfache Elemente, um Formen wie Rechtecke, Polygone und Ellipsen zu erstellen, die sich bewegen, skalieren und drehen lassen. Aber auch Freihandlinien und Bézierkurven sind Basiselemente des Programms. Auch Schrift lässt sich leicht einfügen. Alle diese Elemente werden in Inkscape als Vektoren und nicht als Pixelgrafik repräsentiert. Die Dateien werden üblicherweise im svg-Format gespeichert. Natürlich lassen sie sich auch in andere Formate wie dxf und pdf exportieren.

Wichtig für das Arbeiten mit dem Laser-Cutter ist das Pfad-Konzept, das es ermöglicht Objekte (auch Schrift) in Pfade umzuwandeln. Der Laserstrahl schneidet das Material entlang des Weges eines so generierten Pfades. Inkscape lässt sich über ein Plugin direkt mit Visicut verbinden, ein Programm das zur Steuerung des Laser-Cutters dient.

Außerdem ist für das Erstellen von komplizierteren Modellen, wie sie bei realen Gebäuden häufig vorliegen, das Konzept der Ebenen in Inkscape zu verstehen, das hier wie in fast allen Grafik-Programmen zur Verfügung steht.

Zum Arbeiten mit Inkscape stehen im Netz viele Tutorials zur Verfügung, z.B. <https://inkscape.org/de/doc/tutorials/basic/tutorial-basic.de.html>

3 Vorbereitung des Workshops

Zur Vorbereitung des Workshops ist zunächst ein bekannter Platz mit geeigneten Gebäuden auszuwählen. Es sind Überlegungen anzustellen (oder Festlegungen zu treffen), welches Material für den Modellbau zur Verfügung steht und die Arbeitsplätze der Schülerinnen und Schüler sind zu konfigurieren. Sinnvoll, aber nicht zwingend ist ein Kontakt zu einem Architekturbüro oder einer ähnlichen Institution oder Firma, wo man professionell mit der Konstruktion von Gebäuden zu tun hat.

3.1 Bereitstellen des Materials

Das für den Workshop benötigte Material ist im EduFab-Koffer bzw. in den dazugehörigen Listen aufgeführt. Eine Kopie der relevanten Seiten der Kofferbeschreibung befindet sich in Anhang A. Hier befindet sich allerdings nicht das Material, aus dem die Modelle gebaut werden, weil dieses viel zu groß für den Koffer wäre. Besonders geeignet für Architekturmodelle ist Finnplatte. Aber auch MDF-Platten oder Sperrholz sind mögliche Alternativen, wenn die Modelle stabiler werden sollen. Für spezielle Elemente wie etwa Fenster sind auch Plexiglas oder Acryl geeignet. Auch über die Kleber, die zur Verbindung der Einzelteile benutzt, sollte man sich im Vorhinein Gedanken machen. Als Basis können die im EduFab-Koffer bereitgestellten Kleber dienen.

3.2 Vorbereiten der Arbeitsplätze

Für das Arbeiten in Gruppen sind Bereiche mit Tischen zu abzusondern, dass jede Gruppe ungestört von der anderen arbeiten kann. Außerdem müssen Rechner oder Laptops, auf denen Inkscape und Visicut installiert zur Verfügung stehen. In der Regel können das die Rechner der Schülerinnen und Schüler sein, auf denen sich diese freie Software leicht (von den Lernenden selbst) installieren lässt.

3.3 Kontaktaufnahme zu einer architekturaffinen Firma oder Behörde

Damit der Modellbau nicht als reine Spielerei erscheint, ist es sinnvoll, Kontakt zu einer städtischen Planungsbehörde, zu einem Architekturbüro oder einer ähnlichen Firma aufzunehmen, denen die Schülerinnen im Laufe des Workshops einen Besuch abstatten, um über den professionellen Kontext ihres Tuns mehr Informationen zu erhalten.

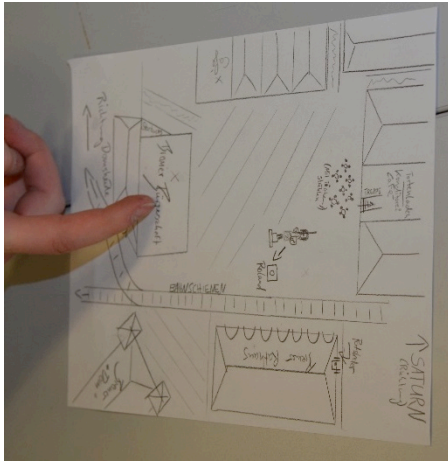
4 Ablauf des Workshops

4.1 Begrüßung

Anfangs werden die Teilnehmenden im FabLab willkommen geheißen. Die am Workshop Beteiligten aus dem FabLab stellen sich vor. Die Grundprinzipien von FabLabs werden erläutert, woran sich eine kurze Erkundung dieses speziellen Raums und seiner Möglichkeiten anschließt. Für die Leitenden kann von Interesse sein, warum die Teilnehmenden vom Workshop erwarten und welche Vorerfahrungen sie mitbringen.

4.2 Fantasie- und Explorationsphase

Da in diesem Workshop das Ziel, Gebäudemodelle zu produzieren, festliegt, kann diese Phase nicht so offen sein, wie in TechKreativ-Workshops üblich. Zu Anfang werden die Teilnehmenden aufgefor-



dert, die Gebäude des Platzes mit einfachen Mitteln, etwa mit Knetgummi oder in einer Handzeichnung, die Gebäude des Platzes so zu modellieren, wie sie diese im Gedächtnis haben.

Dazu teilen sie sich erstmals in Gruppen auf, je nachdem welches Material sie bevorzugen. Es entstehen unterschiedliche erste Repräsentationen der Gebäude, an denen ihre Eigenschaften und wesentlichen Merkmale anschließend in Gruppe diskutiert werden können. Am Ende des ersten Tages werden Gruppen gebildet, die sich je nach Vorlieben ein Gebäude auswählen, von dem sie ein Modell erstellen wollen. Wenn die Aufteilung so nicht vollständig gelingt, muss gelöst oder durch ein anderes Verfahren eine Entscheidung herbeigeführt werden.

Am Ende des ersten Termins erhalten alle Teilnehmenden die Aufgabe, sich mit „ihrem“ Gebäude genauer zu beschäftigen, es vor Ort zu erkunden und sich Möglichkeiten zu überlegen, wie sie zu genauen Maßen und Formen für „ihr“ Gebäude kommen. Wie sie das im Einzelnen machen, bleibt ihnen überlassen.

Die nächste Sitzung im FabLab beginnt damit, die Ergebnisse dieser Erkundungen zu sammeln und zu diskutieren und zu bewerten. Mögliche Ergebnisse sind

- Fotos der Gebäude,
- Grundrissbestimmungen mit Hilfe von Google-Maps,
- Bastelmodelle aus Papier berühmter Gebäude der Stadt, die Touristen-Geschäfte verkaufen,
- Pläne vom Bauamt,
- etc.

Diese Ergebnisse werden in der Explorationsphase reflektiert, ohne endgültige Festlegungen für die korrekten Maße zu treffen. Jede Gruppe kann da im Verlauf des Workshops eigene Wege gehen, da für verschiedene Gebäude auch unterschiedliche Informationen zur Verfügung stehen und benutzt werden können. Die einzige notwendige Übereinkunft ist die Festlegung eines gemeinsamen Maßstabs für alle Gebäude als Voraussetzung für ein gemeinsames Modell des Platzes.

Die Fantasie- und Explorationsphase bewirkt bei den Schülerinnen und Schülern eine Annäherung an die gestellte Aufgabe. Einzelaufgaben wie die Beschaffung von Maßen, die Erstellung von Plänen für die Konstruktion des Modells werden vorstellbar, der Kontext der Gebäude wird dabei zumindest ansatzweise miterfasst.

4.3 Kennenlernen der Werkzeuge

Als nächste Phase werden die Technologien des FabLabs, die zur Erstellung der Modelle zur Verfügung stehen im Einzelnen vorgestellt. Jetzt steht zunächst die Erkundung der FabLab-Werkzeuge im Vordergrund und noch nicht das konkrete, zu erstellende Gebäudemodell.

Inkscape (+Visicut)

Um die Vektorgrafik-Software Inkscape kennenzulernen, erhalten die Lernenden die Aufgabe, mit diesem Hilfsmittel ein einfaches Standardhaus zu entwerfen. Damit die Aufgabe für alle vorstellbar ist, wird ein einfaches fertiges Hausmodell vorgeführt und eine Abwicklung gezeigt. Nach diesem Vorbild sind dann von den Schülerinnen und Schülern eigene einfache Hausmodelle in Inkscape zu entwerfen. Dabei erhalten sie eine Einführung in die Standardfunktionen dieser Software. Wenn sie dieses Modell entworfen haben, wird ihnen gezeigt, wie sie ihre Datei in Visicut überführen und so für das Laserschneiden bereitstellen.

Laser-Cutter

Den Lernenden wird die Funktionsweise des Laser-Cutters erklärt. Das Erklären der Grundprinzipien wird gleich mit der praktischen Aufgabe verbunden, die Elemente des in Inkscape erstellte Hausmodells auszuschneiden. Dabei erhalten sie eine Einführung in die wichtigsten Parameter.

Dafür sind zwei Sitzungen vorzusehen.

4.4 Exkursion in die Praxis

In dieser Phase ist es sinnvoll, den Horizont der Schülerinnen und Schüler noch einmal zu weiten. Eine gute Möglichkeit dafür ist eine Exkursion zu Expertinnen und Experten, die mit dem Design von Gebäuden und Plätzen professionell befasst sind. Dafür kommen diverse Möglichkeiten in Frage, wie der Besuch eines kommunalen Amtes für Städteplanung, ein Architektenbüro oder Ähnliches. In dem von uns durchgeführten Workshop besuchten wir die Bremer Kreativ Firma *Urban Screen*.

(<http://www.urbanscreen.com/>).



Dieses Künstler-Kollektiv erstellt Augmented Reality Projektionen, die sie auf Gebäude projiziert. Damit beschäftigen sie sich mit der Architektur von Gebäuden und entwickeln daran genau angepasste Installationen. Bei unserem Besuch waren die Schülerinnen und Schüler nicht nur fasziniert von diesen Installationen, sondern interessierten sich intensiv für die alltägliche Arbeitsweise der Firma und erhielt so einen Einblick in die berufliche Arbeit – auch als Perspektive für die eigene Zukunft.

4.5 Konkretisierung der Idee und Spezifikation des zu erstellenden Gebäudes

Die Grundidee ist sehr konkret, nämlich ein bestimmtes Gebäude zu modellieren. Aber jetzt sind alle (Kontext-)Informationen, um zu festzulegen, wie das Modell des Gebäudes genau aussehen soll. Die Detailgenauigkeit für das Modell muss bestimmt werden, das Material, aus dem das Modell gefertigt wird, ist auszusuchen. Dies sollte in einem Spezifikationsdokument festgehalten werden, das nicht nur innerhalb einer Gruppe vereinbart wird, sondern mit allen Beteiligten unter dem Gesichtspunkt be-

sprochen wird, dass das Gesamt-Modell in einer gemeinsamen Ausstellung präsentierbar ist. Auf diese Weise müssen die Lernenden ihre Designentscheidungen vorstellen und diskutieren und somit noch einmal reflektieren. Hierfür ist auch eine Sitzung vorzusehen.

4.6 Modellierung und Konstruktion des Gebäudes

In dieser Phase widmen sich die Schülerinnen und Schüler dem eigentlichen Produktionsprozess ihres Gebäudemodells. Dafür sind mindestens 3 Sitzungen vorzusehen. Hier erst erweist sich, ob die vorher festgelegte Spezifikation des Gebäudes wirklich umsetzbar ist. In der Regel sind im Laufe des Produktionsprozesses viele Anpassungen im Detail vorzunehmen – die häufig für die Konstruktion des Modells insgesamt Auswirkungen haben. Je nach Fertigkeit der Schülerinnen und Schüler und nach der Zeit, die für diese Phase aufgewendet wird, kann die Detailgenauigkeit der Modelle sehr unterschiedlich sein. Wer an das Modell auch einen künstlerisch-handwerklichen Anspruch hat, kann durch Gravuren die Modelle realistischer erscheinen lassen. In reinen Architekturmodellen und zum Erlernen von analytischer Geometrie ist dies nicht nötig. Aber auch in diesem Fall steigt der Aufwand mit der Detailtreue, ob jeder Mauervorsprung und jedes Fensterchen miterfasst wird, oder ob nur die Basisform des Gebäudes modelliert wird.

Es sind exakte Baupläne für den Grundriss, alle Wände und Dachelemente zu erstellen. Die Maße sind zu bestimmen, und die Winkel, wie die einzelnen Elemente zueinander stehen, sind exakt auszumessen oder zu berechnen. Dabei empfiehlt sich ein Vorgehen, zunächst bemaßte Handzeichnungen anzufertigen, die dann in Inkscape als Vorbereitung für den Schnitt der Teilelemente durch den Laser-Cutter umgesetzt werden. Bei Lernenden, die mit dem Vektorgrafik-Programm schon sehr vertraut sind, können auch die Grundzeichnungen schon in Inkscape erstellt werden.

Wichtig ist, dass die Materialstärke berücksichtigt wird. Gebäude sind nie etwa einfache Quader, wie es oft in der Vorstellung der Geometrie nahegelegt wird, sondern in diesem Fall kann der Innenraum als Quader aufgefasst werden, der durch quaderförmige Wände begrenzt wird. Die Bedeutung von Außenmaß und Innenmaß ist zu verstehen.

In Inkscape erfahren die Schülerinnen und Schüler die Nützlichkeit von Koordinatensystemen sehr konkret und nicht nur als abstraktes Konzept. Dabei ist zu lernen, dass im Vektorgrafik-Programm, der Ursprung des Koordinatensystems nicht in der Mitte des Arbeitsblattes liegt, sondern in der linken oberen Ecke.



Die in Inkscape bestimmten 2D-Koordinaten der Einzelemente sind in 3D-Koordinaten umzurechnen, wenn das Gebäude zusammenmontiert wird. Dabei wird das räumliche Vorstellungsvermögen gefordert und trainiert.

4.7 Präsentation des Ergebnisses

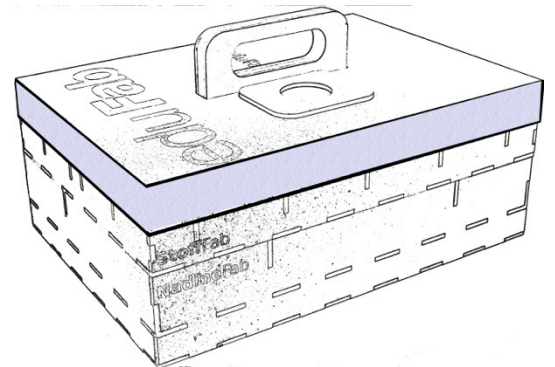
Das Modell des Platzes sollte am Schluss in einer Ausstellung präsentiert werden. Nach Möglichkeit sollte diese Präsentation nicht vor den Lehrerinnen und Lehrern stattfinden, sondern in einem größeren Rahmen, was in der Regel für zusätzliche Motivation sorgt. Auf jeden Fall sollte die Ausstellung von einer Präsentation begleitet werden, mit der die Schülerinnen und Schüler ihr Modell erklären und auch darauf eingehen, wie sie es erstellt haben, was ihre Design-Entscheidungen waren und inwieweit das fertige Modell dem ursprünglich formulierten Anspruch genügt.

Im Fall des von uns durchgeführten Workshops führten die Schülerinnen und Schüler ihr Ergebnis der gesamten Schule in der Aula vor. Bei dieser Präsentation betonte die beteiligte Mathematik-Lehrerin aus der Schule, dass viele Schülerinnen und Schüler sich hier mit mathematischen Problemen der analytischen Geometrie beschäftigt hatten, ohne bei kreativen Bau des Modells überhaupt wahrgenommen zu haben, dass sie hier mathematische Probleme gelöst hatten. Erst durch die Präsentation wurde dies von allen reflektiert.

Anhang: Die „GeoFab“ – Ebene des EduFab – Koffers

Die „GeoFab“ – Ebene

Die „GeoFab“ - Ebene enthält Materialien, mit denen mit dem **Laser-Cutter** und / oder dem **3D-Drucker Modelle von Gebäuden** hergestellt werden können.



Die „GeoFab“ – Ebene dient der **Durchführung eines Mathematikworkshops**, in dem der heimische Marktplatz oder andere markante Plätze nachgebaut werden. Im Workshop werden Vektorgrafiken und 3D-Modelle erstellt. Mit dem Laser-Cutter oder dem 3D-Drucker werden dann die Modelle umgesetzt.



Der Workshop wurde mit einem Grundkurs Mathematik einer 11. Klasse im Rahmen eines Schulhalbjahres erfolgreich erprobt. Dabei wurde von 15 Schülerinnen und Schülern der Bremer Marktplatz nachgebaut.



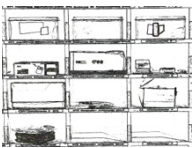


Die im Koffer vorhandenen Materialien der „GeoFab“ – Ebene umfassen:

- Knete zur Ideenfindung,
- ein Geodreieck zum Skizzieren,
- ein Zirkel zum Skizzieren,
- ein Bastelmesser zum manuellen Nachbearbeiten der Modelle, sowie
- eine Postkarte vom Marktplatz.

Aus der <name>Fab – Ebene sind für den Mathematikworkshop zudem nützlich:

- Der USB-Stick zum Transfer der Schnittdateien,
- die Schere zum Anfertigen von Papierprototypen,
- der Bleistift mit Anspitzer, Radierer und (Millimeter-) Papier zum Anfertigen von Skizzen,
- die Schieblehre und das Maßband für Messungen der Bauwerke,
- die Feile oder das Schleifpapier mit Holzklötz für die Nachbearbeitung der Bauwerke,
- der Kleber zum Zusammenbau der gecutteten Bauwerke und
- die Pinzette für die Arbeit mit dem 3D-Drucker.



Im FabLab werden für die Durchführung des Mathematikworkshops nach dem beschriebenen Szenario weiterhin benötigt:

- Computer für die Modellierung und die Ansteuerung des Laser-Cutters,
- ein Programm zur Bearbeitung von Vektorgrafiken, z.B. Inkscape,
- ein Programm zur Steuerung des Laser-Cutters, z.B. VisiCut,
- ein Laser-Cutter zum Ausschneiden der Gebäudemodelle,
- Material, aus dem die Gebäudeteile gecuttet werden, wie Finnplatte, MDF, Sperrholz, etc.
- ein Programm zur Bearbeitung von 3D-Modellen, z.B. SketchUp oder 123D-Design
- ein Programm zur Fertigstellung der 3D-Modelle für den 3D-Drucker, z.B. Cura und
- Material für den 3D-Drucker, z.B. PLA.



Digital stehen für den Mathematikworkshop folgende Dateien zur Verfügung:

- das Konzept als Anregung zur Durchführung eines Mathematikworkshops *edu-fab_workshop_mathe.pdf*,
- ein Link zur Grafiksoftware Inkscape *download_inkscape.URL*, sowie
- ein Link zur Modellierungssoftware SketchUp *download_sketchup.URL*.