

---

# Lernen durch iteratives Design im FabLab

---

Universität Bremen, AG Digitale Medien in der Bildung

Bernard Robben, Nadine Dittert

Kontakt: [robben@tzi.de](mailto:robben@tzi.de)

Juli 2016

# 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

EINE INITIATIVE VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



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

Inhaltsverzeichnis.....	3
Methode des Lernens durch iteratives Design.....	4
Relevanz für die eigene Lebenswelt .....	4
Transferdenken .....	4
Be-greifbare Reflexion.....	5
Bedeutung des Raums für das Lernen .....	5
Bedeutung der Kooperation für das Lernen.....	6
Bedeutung der Wiederholung in Iterationszyklen des Designs.....	6
Elemente eines Iterationszyklus.....	6
Exploration.....	7
Kennenlernen der Werkzeuge.....	8
Spezifikation .....	8
Reflexion der eigenen Arbeitsweise.....	8
Dokumentation .....	8
Herstellung des Produkts .....	9
Evaluation des hergestellten Produkts.....	9
Formen der Iteration im Design-Prozess .....	9
Spezialisierung.....	10
Verallgemeinerung.....	10
Veränderung.....	10
Rolle der Lehrenden.....	10
Acht Empfehlungen.....	11
Literatur.....	12

## Methoden des Lernens durch iteratives Design

Iteratives Design ist eine Methode des Designs, die auf einem zyklischen Prozess des Prototypings, Testens und Verfeinerns eines Produktionsprozesses beruht. Je nach Ergebnis des Tests erfolgt eine weitere Iteration im Design, in der Verfeinerung, aber auch Veränderungen des Designs vorgenommen werden. Im FabLab organisieren sich Lernprozesse wesentlich im kooperativen Handeln bei der Konstruktion und Herstellung einzelner Artefakte oder Ensembles von Artefakten. Die Lernprozesse sind auf diese Weise zugleich kontext- und ergebnisorientiert. Für die Gestaltung eines nachhaltigen Bildungs- und Lernprozesses sollte dabei nicht schematisch ein technischer Ablaufplan in Form von How-To-Anweisungen verfolgt werden, sondern es sind allgemeine didaktische Prinzipien zu berücksichtigen, von denen wir drei für zentral halten:

1. Relevanz für die eigene Lebenswelt
2. Transferdenken
3. Begreifbare Reflexion

Außer diesen zentralen didaktischen Prinzipien sind drei weitere Elemente in ihrer Bedeutung für das Lernen durch iteratives Design im FabLab zu verstehen:

1. der Raum
2. die Kooperation
3. die Wiederholung

### Relevanz für die eigene Lebenswelt

Arbeiten und Lernen im FabLab bezieht seine große Faszination daraus, dass hier etwas produziert wird, das für Lernende Bedeutung hat. Das zu realisierende Projekt sollte aus der Lebenswelt der Lernenden kommen oder sich auf diese beziehen. Die Relevanz des Gegenstandes, um den es geht, für die eigene Lebenswelt muss einsichtig sein. Im FabLab identifizieren sich Lernende mit den Dingen, die sie herstellen. Durch den aktiven Arbeitsprozess im FabLab schaffen sich Lernende die Atmosphäre, in der die gemeinsame Auseinandersetzung mit dem zu formenden Material situatives Lernen (vgl. Papert 1980) ermöglicht. Dadurch dass sich eine Idee vergegenständlicht, bleibt der Lernprozess konkret und begreifbar. Er kann aber auch im unreflektierten Basteln stecken bleiben, wenn er nicht um kognitive Aspekte bereichert wird. Es ist sehr unterschiedlich, womit sich Lernende identifizieren. Die Differenzen im Zugang können auf vielen Ebenen (kultureller Background, individuelle Interessen, besonderer Lerntyp etc.) liegen.

Lernende sollten den Lerngegenstand zu ihrer Sache machen. Dafür gilt es aber auch Neuland zu entdecken, über die alltägliche Erfahrung hinauszugehen, sich auf eine Reise der persönlichen und kulturellen Veränderung zu begeben.

### Transferdenken

Lernen heißt aber immer auch, sich auf eine Reise jenseits eingefahrener Verhaltensmuster und scheinbar fester Grenzen zu begeben. Das ist nur möglich, wenn bei jedem Schritt genau die richtige Distanz zur Lebenswelt der Lernenden gewahrt bleibt, so dass sie bei jedem Transformationsschritt in einer Zone der Verständlichkeit und Sicherheit aufgehoben sind (vgl. Kalantzis und Cope 2005, S. 60ff). Prozesse des Wissenserwerbs verlaufen dabei manchmal auch in Brüchen und sie verlaufen individuell unterschiedlich. Lernende starten mit Problemstellungen aus ihrer alltäglichen Erfahrung, beginnen diese zu analysieren und suchen dann konzeptionelle Lösungen, die wiederum anhand der Alltagserfahrung zu überprüfen sind.

Lernen im FabLab ist vor allem ein Lernen im Prozess. In diesem Prozess müssen Lernende ständig ihr Wissen von einem Bereich in einen anderen übertragen. Aus den Vorstellungen über zu produzierende Gegenstände müssen präzise abstrakte Modelle der Produkte werden und diese abstrakten Modelle müssen wieder zu begreifbaren realen Artefakten geformt werden. Bei größeren Projekten begeben sich Lernende auf neues und bisher unbekanntes Terrain. Diese Herausforderung fasziniert

zunächst und wirkt motivierend. Um der Gefahr, dass die Lernenden sich im unbekanntem Gelände verlieren und frustriert aufgeben, ist ein Prozess zu organisieren, in dem, kreativ auf Bekanntem aufbauend, Neues erfunden wird. Die Lösungen für Problemstellungen sind nicht vorgegeben, sondern können im Gegenteil sehr verschieden sein.

### Be-greifbare Reflexion

Statt einer Überbetonung von Planung sollte ein Vorgehen der ständigen Verbesserung des Designs eines Artefakts gesucht werden. Lernende müssen dabei angeregt werden, ihre bisherige Lösung zu präsentieren und zu erklären, so dass ein Reflexionsprozess angeregt wird. Im FabLab findet dabei ein Arbeitsprozess statt, in dem die Lernenden häufig zwischen ihren digitalen Modellierungswerkzeugen und der Produktion der stofflichen Artefakte und somit zwischen sehr unterschiedlichen Repräsentationen des Lerngegenstandes hin und her wechseln. In den einzelnen Arbeitsschritten sind sie dabei zunächst völlig auf das jeweilige Werkzeug – sei es nun digital oder eine physikalische Maschine – konzentriert. Sie müssen die Handhabung lernen. Wenn dieser Wechsel von Phasen der Reflexion begleitet wird, wird im Lernprozess im Laufe der Zeit der Lerngegenstand von unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet. Unsere These ist, dass dadurch ein besonders tiefes Lernen ermöglicht wird, das andererseits aber auch herausfordernd ist.

In der Lernumgebung des FabLabs steht dabei das Making im Vordergrund. Im konkreten Herstellen ist die Aufgabenstellung immer sehr konkret. Ergebnisse (aber auch Scheitern) sind manifest und sichtbar. Auch der Kontext, in dem die Ergebnisse bewertet werden, bleibt konkret, wenn es darum geht, ob die hergestellten Gegenstände den avisierten Nutzen tatsächlich erbringen.

Wichtig ist, dass der Nutzen der Objekte in mehreren Dimensionen diskutiert wird:

- Erfüllen sie die Funktionen, für die sie entworfen wurden?
- Welchen wirtschaftlichen Nutzen erbringen sie?
- Welche ökologischen Folgen haben sie?

Das Konzept des Lernens durch Design legt ein besonderes Gewicht auf den Kontext des Lernens, auf einen konstruktionistischen Lernprozess, der durch die technischen Werkzeuge nicht determiniert, sondern in einer Wechselbeziehung mit der sozialen und ökologischen Lebenswelt organisiert wird.

### Bedeutung des Raums für das Lernen

Eine besondere Bedeutung hat der Raum des FabLabs. Hier stehen Werkzeuge und Maschinen ständig zur Verfügung. Diverse Materialien zum Arbeiten liegen bereit. Diese Objekte haben einen hohen Aufforderungscharakter zum Handeln, zum Basteln und Experimentieren. Zu diesem Raum gehört nicht nur das einladende Arrangement der Werkzeuge, Computer, Anschauungsmodelle usw., sondern auch die Maker, die im Normalbetrieb des Labs anwesend sind. Diese aus der Maker-Kultur stammenden Menschen sind in der Regel sehr an Austausch interessiert, so dass Lernende auf Kooperationspartner\_innen treffen, die ihre Erfahrungen weitergeben. Peer-to-Peer Lernen ist quasi eine Raumeigenschaft des FabLabs.

So kann sehr breit auf die unterschiedlichen Fähigkeiten und Gewohnheiten zum Lernen eingegangen werden. Im Zeitalter des Ubiquitous Computing gehören zum Raum des FabLabs nicht nur die im Lab physisch anwesenden Menschen, sondern der Zugang zur internationalen Gemeinschaft der Maker über Foren und Maker-Portale. Hier lässt sich Know-How austauschen, Lernende erhalten Anregungen durch Produkte, die andere hergestellt haben und der Gemeinschaft zur Verfügung stellen. Eine Vielzahl von Kommunikationskanälen, Technologie- und Medientypen stehen in einem Ambiente zur Verfügung, in dem alle Sinne angesprochen werden.

## Bedeutung der Kooperation für das Lernen

In dieser Umgebung erfahren die Lernenden, dass in heutigen Design- und Produktionsprozessen nicht individuell arbeitende Erfinder\_innen und Konstrukteur\_innen den Ton angeben, sondern Teams von Expert\_innen mit unterschiedlichen Kompetenzen. Das FabLab bildet einen idealen Raum, um Kompetenzen wie Kooperations- und Teamfähigkeit zu erwerben. Lernende arbeiten normalerweise immer in Kleingruppen. Diese erarbeiten gemeinschaftlich Teile eines Gesamtprojekts, so dass die Kleingruppen untereinander ihre Einzelprojekte koordinieren müssen.

Für das Funktionieren des FabLabs sind dort Regeln einzuhalten, ohne die ein geordneter Arbeitsablauf über den Tag hinaus nicht möglich ist. Eine Basisregel ist zum Beispiel, dass Werkzeuge und Materialien beim Verlassen des FabLabs wegzuräumen sind. Für das Arbeiten an knappen Ressourcen (im FabLab oft der Laser-Cutter oder 3D-Drucker) müssen Reihenfolgen der Nutzung ausgehandelt werden. Erlernen von Teamfähigkeit ist kein abstraktes Ideal, sondern eine Notwendigkeit für das alltägliche Arbeiten und Lernen im FabLab.

## Bedeutung der Wiederholung in Iterationszyklen des Designs

Zum nachhaltigen Lernen gehört die Wiederholung. Oft geschieht diese in Form der Repetition, die Lernende häufig als langweiliges Wiederkäuen empfinden und deshalb ablehnen. Beim Lernen im FabLab ist die Wiederholung genuiner Bestandteil des organischen Lernens und Arbeitens am Gegenstand und ganz und gar nicht stupide: Bei Projekten werden meist mehrere Design-Zyklen durchlaufen. Im ersten Ansatz wird ein Prototyp entworfen, der in einem weiteren Zyklus angepasst und verbessert wird, bis das Endprodukt gefertigt ist. Manchmal wird ein Prototyp auch radikal verändert oder gar ganz verworfen. Aufgrund der Erfahrung ist der Entwurf immer wieder neu zu diskutieren. Dass dabei bestimmte Vorgänge wiederholt werden, ist Bestandteil des reflektierten Herstellungsprozesses.

## Elemente eines Iterationszyklus

Für das Lernen durch iteratives Design ist die Organisation und Bestimmung der Iterationszyklen im Design ausschlaggebend. Im FabLab ist dieser Prozess immer eng mit der Produktion eines Ensembles von Artefakten verbunden. Ausgangspunkt sollte aber zunächst nicht das Artefakt selbst sein, sondern eine Problem- oder Fragestellung, nämlich das Designproblem oder die Designaufgabe, die zu lösen ist. Ein Iterationszyklus des Designs durchläuft eine Reihe von Elementen in einer gewissen Reihenfolge. Anzahl und Reihenfolge der Elemente sind relativ fest vorgegeben, können aber je nach Problemstellung in jedem weiteren Zyklus, den der Prozess durchläuft, angepasst an die jeweilige Situation variieren. Die Elemente eines Iterationszyklus sind:

- Exploration
- Kennenlernen der Werkzeuge
- Spezifikation
- Reflexion der eigenen Arbeitsweise
- Dokumentation
- Herstellung des Produkts
- Evaluation

Diese Phasen sind angelehnt an die Überlegungen von Cope und Kalantzis, die für ihre Theorie des Lernens im Design die Bereiche der Erfahrung, der Konzeptbildung und der Analyse ausmachen.



Grafik aus Cope und Kalantzis: <http://dx.doi.org/10.1080/13598660802232597>

## Exploration

Die erste Phase ist die Exploration der Designaufgabe. Da Designprobleme immer offen sind für vielfältige unterschiedliche Lösungen, gilt es zunächst, die Aufgabe möglichst umfassend und präzise zu verstehen:

- Wofür soll etwas entworfen werden?
- Wo und in welchem Kontext soll das Produkt eingesetzt werden?
- Wie soll das Produkt verwendet werden?
- Wer sind die Auftraggeber\_innen und was sind genau deren Interessen? Was erwarten sie vom Produkt?
- Wer benutzt oder verwendet das Produkt?

Wichtig ist, dass diese Fragen nicht nur verbal in einer Diskussion geklärt werden, sondern dass die unterschiedlichen Dimensionen des Designproblems zum Beispiel in Zeichnungen, einfachen Modellen aus Knetgummi oder Ähnlichem und in ausführlichen Beschreibungen materialisiert werden.

Hilfreich kann es hier auch sein, professionelle Expert\_innen von außerhalb einzuladen oder eine Exkursion zu einer Institution zu unternehmen, die an ähnlichen Problemen arbeitet.

Ziel dieser Phase ist, das Design-Problem multidimensional zu verstehen.

## Kennenlernen der Werkzeuge

Die Phase der Erkundung der Werkzeuge sollte immer relativ unabhängig von der speziellen Design-Aufgabe im Fokus auf die Werkzeuge erfolgen. Wenn Lernende das erste Mal ins FabLab kommen, heißt dies, dass sie eine Maschineneinführung (Lasercutter, 3D-Drucker, Lötstation etc.), sowie eine Einführung in die Software zur Erstellung des Designs (Vektorgrafik-Programm, 3D Modellierungs-Programm) erhalten. In der Regel erlernen junge Menschen die Maschinen-Bedienung recht schnell, so dass darauf in weiteren Zyklen nur noch in Spezialfällen eingegangen werden muss. Anders verhält es sich mit den Software-Programmen. Hier sollte in jedem Zyklus ein systematisch wichtiges Konzept der Software erklärt und erprobt werden, damit die Lernenden mit der Zeit ihre Werkzeuge immer besser beherrschen. Sehr motivierte und begabte Lernende können diesen Schritt auch selbstständig ohne Anleitung machen. Aber wenn das Konzept des Lernens durch iteratives Design ein Konzept für alle Lernenden sein soll, ist es von zentraler Bedeutung, dass das Erlernen des Tools im Prozess eine wichtige Rolle erhält. Sinnvoll ist es, dabei motivierte und begabte Lernende zu Lehrenden zu machen (Peer-to-peer-teaching). Denn dadurch verfestigen diese ihre Kenntnisse und sind oft (natürlich nicht immer) besonders gute Lehrende, da sie dicht an der Auffassungsgabe der Mitlernenden sind.

Ziel dieser Phase ist, die für die Designaufgabe nötigen Elemente der Werkzeuge beherrschen zu lernen.

## Spezifikation

Nach der Exploration des Designproblems und dem Kennenlernen des Werkzeugs geht es darum, mögliche Lösungen exakt zu beschreiben und in einem Designentwurf zu konzeptualisieren. Dafür können die Modelle aus der Explorationsphase benutzt werden. Jetzt sind die vorher noch groben Modelle mit genauen Maßen zu versehen und es sind die Werkzeuge, mit denen die Produkte gebaut werden sollen, zu bestimmen. Des Weiteren muss möglichst genau festgelegt werden, wie die Produkte hergestellt werden sollen.

Ziel dieser Phase ist, einen Plan zu erstellen, der operationalisierbar und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umsetzbar ist.

## Reflexion der eigenen Arbeitsweise

Lernen durch iteratives Design geht über den Erwerb von fachlichen Kompetenzen hinaus und umfasst den Erwerb von Fähigkeiten zur Organisation einschließlich der Bewältigung zwischenmenschlicher Probleme und Konflikte. Dabei geht es um Fragen wie:

- Stimmen die Organisation und Verteilung von Zuständigkeiten unter den Lernenden?
- Brauchen Einzelne bei speziellen Aufgaben Unterstützung?
- Sind Konflikte zwischen Lernenden zu besprechen?
- Werden die FabLab-Regeln eingehalten?

Da bei dieser Phase häufig auch Emotionen eine große Rolle spielen, erfordert ihre Durchführung großes Fingerspitzengefühl. Es kann auch sinnvoll sein, sich hier genau wie bei den fachlichen Aufgaben, professionelle Hilfe von außen zu holen.

Ziel dieser Phase ist, sich zu vergewissern, dass der Lern- und Arbeitsprozess adäquat organisiert wird.

## Dokumentation

Beim Design ist die Dokumentation des Designprozesses einschließlich der genauen Erfassung der einzelnen Schritte der Realisierung (Entwurfsskizzen, Dateien der digitalen Modelle, Fotos der erstellten Artefakte, Beschreibungen ihrer Funktionalität) von Bedeutung. Diese Aufgabe ist für junge Lernende schwierig und ihre Notwendigkeit nicht sofort ersichtlich. Sinnvoll wäre hier die Entwicklung eines digitalen Dokumentationstools, das die Dokumentation, abgestimmt auf die Erfordernisse junger Lernender, so einfach wie möglich und so umfangreich wie nötig macht.



Ziel dieser Phase ist, zu lernen, wie Dokumentationen im Tun erstellt werden und die Einsicht für die Wichtigkeit der Dokumentation im Designprozess zu fördern.

## Herstellung des Produkts

Diese Phase ist bei weitem die umfangreichste beim Lernen durch iteratives Design im FabLab. Das zu erstellende Produkt ist zu entwerfen und zu produzieren, was häufig nicht beim ersten Anlauf gelingt. Deshalb durchläuft diese Phase meist mehrere Zyklen des Entwerfens und Produzierens bis ein fertiges Artefakt entstanden ist. Beim Arbeiten im FabLab teilt sich diese Phase immer in zwei große Bestandteile auf, nämlich

- dem Arbeiten am Computer, auf dem ein Modell eines Objektes entworfen und/oder programmiert wird und
- dem stofflichen Produzieren des Artefakts mit FabLab-Maschinen, wie etwa dem Lasercutter oder dem 3D-Drucker, oder durch manuellen Zusammenbau vorher produzierter Teile.

In der Praxis sind dabei von den Lernenden umfangreiche Transferleistungen zu erbringen, bei dem das digitale Modell mit dem stofflichen Produkt in Beziehung gesetzt wird, etwa:

- zwischen dem in einem 3D CAD-Programm erstellten Modell und der Umsetzung der Produktion im 3D-Druck, die Einsichten in die Funktionsweise des Druckers erfordert,
- zwischen einem in Knete modellierten Modell, den mit einem Laser-Cutter ausgeschnittenen Bauteilen und dem stofflichen Artefakt, wobei ein hohes räumliches Vorstellungsvermögen erworben wird und
- zwischen dem in einer Programmierumgebung umgesetzten Algorithmus und der Wirkungsweise der damit ermöglichten Steuerung im real stofflich realisierten Anwendungsszenario.

Wie vielfältig diese Transferleistungen sind, hängt von der Komplexität des jeweiligen Anwendungsszenarios ab. Bei einem komplexen Anwendungsszenario ist es daher häufig sinnvoll, die Aufgabe in Teilaufgaben zu unterteilen, für die jeweils ein eigener Iterationszyklus im Prozess des Lernens im iterativen Design zu spezifizieren ist.

Ziel dieser Phase ist, ein Produkt herzustellen, das den Anforderungen der Spezifikation entspricht.

## Evaluation des hergestellten Produkts

Das Lernen im iterativen Design ist mit der Herstellung der Artefakte nicht abgeschlossen. Lernende müssen analysieren, inwieweit ihre Ergebnisse eine adäquate Lösung des zugrundeliegenden Designproblems darstellen. Das ist für junge Lernende häufig schwierig, da dies eine hohe Reflexionsfähigkeit gegenüber dem eigenen Tun und dessen Ergebnis voraussetzt. Lernende sollten deshalb die Ergebnisse ihrer Arbeit immer einem breiteren Kreis (Mitlernende, Lehrende, Auftraggeber, etc.) vorstellen, dabei den Herstellungsprozess erklären und kritisch beleuchten, inwieweit das erstellte Produkt den ursprünglich definierten Anforderungen entspricht. Häufig ist die Evaluation nicht das Ende des Designprozesses, sondern der Ausgangspunkt für einen neuen Zyklus im Lernen durch iteratives Design.

## Formen der Iteration im Design-Prozess

Lernen im iterativen Design durchläuft immer die Phasen des Explorierens von eigenen Erfahrungen mit dem Designproblem, der Erarbeitung einer ersten konzeptionellen Lösung, der praktischen Umsetzung und schließlich der kritischen Analyse der gefundenen Lösung. Dies ist aber nicht als hierarchisches Modell, sondern als spiralförmiger Prozess zu sehen, bei dem durch wiederholtes Durchlau-

fen von Elementen eines Designzyklus immer bessere Lösungen gefunden werden. Dabei gibt es drei grundsätzlich unterschiedliche Arten von Zyklen:

1. Spezialisierung
2. Verallgemeinerung
3. Veränderung

### Spezialisierung

Die bei weitem häufigste Form der Zyklen ist die der Spezialisierung. An einem spezifischen Punkt der Lösung wird eine leichte Inkonsistenz und/oder die Möglichkeit der Verbesserung der Lösung durch eine Variation der Artefakte entdeckt. Dann ist die ursprüngliche Spezifikation an diesem Punkt zu ändern und der ganze Zyklus noch einmal zu durchlaufen. Wenn ein Zyklus schon einmal ganz durchlaufen ist, verkürzt sich die Zeit, die für die einzelnen Elemente aufgewendet werden muss. Nur die praktische Umsetzung muss jeden einzelnen Schritt noch einmal durchlaufen. Das mag schneller gehen, weil Lernende ja auf ihre Erfahrung zurückgreifen können, muss aber im Einzelnen wiederholt werden. Wiederholung hat aber auch einen sehr positiven Effekt beim Lernen.

### Verallgemeinerung

Seltener entdecken Lernende, dass sie eine viel allgemeinere Lösung als die realisierte entwerfen könnten. Möglich ist auch, dass Lehrende diesen Fall als herausfordernde neue Aufgabe an die Lernenden stellen. Beispiele wären etwa ein Haustyp statt ein spezielles Haus, ein Fahrzeugtyp, statt eines einzelnen speziellen Fahrzeugs zu designen. Die Lösung bestände dann in einer Serie von Artefakten mit den der Serie entsprechenden einzelnen Komponenten. Das Designproblem, das dann am Anfang steht, müsste für die herausfordernde allgemeine Aufgabe neu formuliert und erkundet werden.

### Veränderung

Vielleicht noch seltener als die Möglichkeit der Verallgemeinerung entdecken junge Lernende in der Evaluation ihrer Lösung eine dritte Möglichkeit, nämlich das Designproblem aus einer völlig neuen Perspektive zu betrachten und dadurch eine radikal neue und andere Lösung anzustreben. Zu Recht sind Lernende zunächst stolz auf die von ihnen selbstständig hergestellten Artefakte und verteidigen sie deshalb gegen Kritik. Dagegen ist auch nichts einzuwenden. Denn auch in der Verteidigung ihrer Lösung lernen sie. Aber die vielleicht tiefste Form des Lernens kommt aus der Entdeckung von etwas radikal Neuem. Das ist sehr herausfordernd und schwer, sicherlich auch der Ausnahmefall. Dann sind das Designproblem und die sich daraus ergebenden Aufgaben in einem neuen Licht zu formulieren und ein radikal neuer Anfang zu setzen.

In der Praxis ist die erste Form der Iteration, nämlich die Spezialisierung und Variation der erreichten Lösung, der Normalfall. Aber die Formen kommen nicht immer in der Reinheit vor, wie sie hier dargestellt werden. Die Abweichung oder die Verbesserung können bei genauer Betrachtung sehr viel umfangreichere Änderungen zur Folge haben als zunächst erwartet. Somit wird der Übergang zur zweiten und dritten Form fließend.

## Rolle der Lehrenden

Lernen im iterativen Prozess setzt voraus, dass Lehrende Aufgaben so stellen, dass sie die Selbstständigkeit der Lernenden fördern, sie dabei aber auch nicht überfordern. Lehrende müssen ein Gespür dafür entwickeln, wann und wie sie Hilfestellungen geben. Dabei gilt es sicher zu stellen, dass Lernende besser werden bei der Beherrschung von Programmen, dass sie das dahinterliegende Konzept verstehen und nicht nur wissen, wo sie für eine bestimmte Funktion klicken müssen. Wichtige Design- und Konstruktionsprinzipien sind zu vermitteln. Meist wird auch aus dem Anwendungsbereich – also etwa Geometrie, Physik, Medizin, Ökologie – fehlendes Wissen dem jeweiligen Kontext ent-

sprechend zu lernen sein. Dabei wird es auch (kurze) Phasen der Erklärung eines neuen Sachverhaltes durch die Lehrenden geben müssen. Lernen durch iteratives Design ist aber nur möglich, wenn in diesem Prozess zu jedem Zeitpunkt die Selbständigkeit der Lernenden gefördert wird. Transferdenken lässt sich nicht theoretisch vermitteln, sondern nur in einem reflektierten iterativen Prozess allmählich lernen.

Die Rolle der Lehrenden verändert sich also gegenüber dem Lehren nach einem traditionellen instruktionistischen Muster. Lehrende stehen nicht mehr allein vor der Klasse und bestimmen den Ablauf des Unterrichts nach ihren Vorgaben. Stattdessen müssen auch sie wie die Schülerinnen und Schüler Teamfähigkeit lernen. Oft wechseln die Lernenden selbst in die Rolle der Lehrenden oder andere Menschen im FabLab werden einbezogen. Lehrerinnen und Lehrer werden dadurch nicht einfach zu sich Moderator\_innen des Lernprozesses, wie es häufig heißt. Zumindest für junge Lernende sind Lehrerinnen und Lehrer als verantwortliche Personen für den Lernprozess von entscheidender Bedeutung. Wenn Lernen mehr als Ausbildung in technischen Fertigkeiten ist, nämlich auch Bildung in einem umfassenden Sinne, ist die Rolle von Lehrerinnen und Lehrern auch in einem umfangreichen pädagogischen Sinne zu interpretieren und nicht auf die Rolle der Moderation zu reduzieren (vgl. Biesta 2012).

## Acht Empfehlungen

Weil es im FabLab immer um Lernen im Kontext eines Projekts zur Gestaltung und Herstellung geht, müssen die Rahmenbedingungen adäquat gestaltet werden. Dafür nennen wir acht Bedingungen, die miteinander in Beziehung stehen und von den Lehrenden einerseits vorausgedacht, andererseits offen gestaltet werden müssen (vgl. Libow Martinez und Stager 2013, S.58/59). Diese sind für jedes größere Projekt immer wieder neu auszutarieren.

1. Die Zielsetzung muss relevant und für die Lernenden von einsichtiger Bedeutung sein.
2. Die Lernenden müssen genügend Zeit haben, um über den Inhalt des Projekts nachzudenken, den Design- und Konstruktionsprozess selbst zu planen, auszuführen und nach den jeweiligen Gegebenheiten zu modifizieren und zu verändern.
3. Das Projekt muss genügend Komplexität aufweisen, um für Lernende eine Herausforderung zu sein. Erst ab einer gewissen Komplexitätsstufe ist auch das kooperative Lernen in Gruppen sinnvoll.
4. Das Projekt sollte durch seine Themenstellung eine Intensität ausstrahlen, welche die Lernenden fasziniert und motiviert.
5. Das Projekt sollte zur Kooperation unter den Lernenden anregen oder gar so angelegt sein, dass es diese erzwingt.
6. Im Projekt sollten die Lernenden ständig einen leichten Zugang zu einer Vielfalt von Materialien und Maschinen haben, so dass sie darum nicht mit anderen Lernenden konkurrieren und streiten müssen.
7. Lernende sollten das designte und konstruierte Produkt anderen zur Verfügung stellen oder sich an der Modifizierung eines von anderen bereitgestellten Produktes beteiligen können. Ermöglicht werden sollte die Kooperation mit anderen.
8. Im Projekt sollte ein Moment von Neuheit liegen. Die dauernde Wiederholung von schon Alt-Bekanntem führt zur Langeweile.

## Literatur

Biesta, Gert 2012: Giving Teaching Back to Education: Responding to the Disappearance of the Teacher. *Phenomenology&Practice* Volume 6 (2012), No. 2, S. 35-49

Kalantzis, Mary, Cope, Bill 2005: *Learning by Design*. Melbourne Common Ground Publishing

Libow Martinez, Sylvia, Stager, Gary 2013: *Invent to Learn: Making, Tinkering and Engineering in the Classroom*. Torrance, Calif. : Constructing Modern Knowledge Press