

Mit Schülern konstruieren

Dirk Schade

Beim Konstruieren werden neuartige Lösungen für konkrete technische Problemstellungen gefunden. Konstruieren fördert technische Kreativität, das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Praxis und Theorie und die Fähigkeit zur Entwicklung und Darstellung technischer Probleme und Lösungen. Die Konstruktionsaufgabe als Unterrichtsmethode ist daher ein wichtiges Instrument für die Vermittlung technischer Allgemeinbildung.

Schlagenhauf untersuchte 2013 Beiträge in **tu** nach ihren inhaltlich-methodischen Schwerpunkten. Er kommt zu dem Ergebnis, dass der Schwerpunkt Konstruktion nur alle zwei bis drei Ausgaben einmal besprochen wird (Schlagenhauf 2013, S. 10). Er sieht die Gefahr, dass so „zentrale[...] Merkmale des technischen Gegenstandsbereichs wie auch die Basiskonzepte technischer Bildung“ nicht mehr in umfassender Form herausgearbeitet werden können. Eine mögliche Folge: Technik wird nicht mehr in ihrer Vielfältigkeit erkennbar und in der technischen Praxis entstehen wesentliche Lücken (ebd., S. 14). Er sieht hier besonders die Lehrerbildung in der Pflicht (ebd.), und genau aus diesem Tätigkeitsfeld heraus möchte ich seinen Anstoß aufgreifen und meine Erfahrungen mit Erfinden, Entwickeln und Konstruieren im Unterricht und in der Arbeit mit Referendaren darstellen. In meiner langjährigen Unterrichtspraxis habe ich die Konstruktionsaufgabe häufig eingesetzt, erfolgreich, aber auch mit Misserfolgen. Und in der Lehreraus- und -fortbildung konnte ich Erfahrungen mit Erwachsenen sammeln. In diesem einführenden Beitrag soll zunächst das Problemfeld dargestellt werden. In den kommenden Ausgaben der **tu** werden weitere Erfahrungen und modellhafte Umsetzungen aus dem Unterricht mit Schülerinnen und Schülern folgen.

Denkanstöße aus einem Beispiel: Verpackung für Werbegeschenke

Wie unterstütze ich Unerfahrene beim Konstruieren? Lasse ich großen Freiraum oder arbeite ich in einem festen

methodischen Rahmen mit einzelnen Phasen, damit die bereitgestellten Materialien nicht ohne grundlegende Vorüberlegungen nach der Methode „trial and error“ verarbeitet werden? Wie fördere ich technische Kreativität, ohne die Funktionalität und Effizienz technischer Lösungen aus dem Blick zu verlieren?

Um herauszufinden, ob Erwachsene im Vergleich zu Kindern und Jugendlichen den Problemlösungsprozess anders angehen, habe ich Lehramtsanwärtern in einer Ausbildungsveranstaltung zur Konstruktionsaufgabe folgende Aufgabe gestellt:

Auf einer Messe für Unterrichtsmittel sollen an einem Stand Magnete als Werbegeschenke verteilt werden. Hierzu werden Verpackungen für jeweils sechs Magnete benötigt. Folgende Vorgaben macht der Abnehmer:

Die Verpackungen sollen an eine Werbewand angehängt werden.

Auf den Verpackungen soll Werbung platziert werden können.

Als Material können Folie und/oder Karton verwendet werden.

Konstruieren und fertigen Sie eine geeignete Verpackung!



Es handelt sich um eine einfache Aufgabe zur Entwicklung und Fertigung eines Realobjektes, die innerhalb einer dreiviertel Stunde gelöst werden sollte. Im Anschluss an die Aufgabe beantworteten die Anwärter zwei Fragen:

- Wie sind Sie bei der Lösung der Konstruktion vorgegangen?
- Welche Anforderungen wurden an Sie gestellt? Welche sind Ihnen leicht-, welche schwergefallen?

Durch Beobachtungen und das anschließende Reflexionsgespräch mit den Lehramtsanwärtern ergibt sich für mich folgende Sachlage:

Die Mehrzahl der Teilnehmer begann nach wenigen Minuten des Überlegens sehr motiviert mit der praktischen Arbeit. Es wurde sichtbar, dass auch Erwachsene das Bedürfnis haben, relativ wenig zu planen und stattdessen möglichst schnell mit der Bearbeitung der Materialien zu beginnen. Es zeigte sich, dass sie auch sehr freigiebig mit bereitgestellten Materialien umgehen, wenn man ihnen vorher keinen entsprechenden Rahmen vorgibt.

Einige Teilnehmer fertigten Zeichnungen an, die sie als Schablone nutzten. Aber auch hier wurde die erste Idee sofort verwirklicht. Wenn der erste Versuch misslang, wurden die Erfahrungen für einen zweiten Ansatz genutzt. Nur zwei Teilnehmerinnen skizzierten verschiedene Lösungsvarianten und entschieden sich, eine davon für die Herstellung des Prototyps zu nutzen. Kies (2016, S. 14) beschreibt dazu: „In unserem Denken scheint sich eine Blockade aufzubauen, wenn eine Möglichkeit zur Erfüllung der technischen Aufgabe gefunden wurde. Wenn es allgemein zielführend ist, wird gleich die erste Idee weiterverfolgt, ohne Alternativen zu hinterfragen. Diese Vorgehensweise hat durchaus Vorteile. So kann man das Problem ohne Verunsicherung und Entscheidungsnotstände lösen.“

Es könnte sein, dass das mit der Aufgabe zusammenhängt, z. B. dass eine einfache Aufgabe dazu verführt, relativ eindimensional vorzugehen. Interessant wäre herauszufinden, ob der Variantenvergleich bei einer anspruchsvolleren und materialintensiveren Aufgabe stärker genutzt worden wäre. Wir ken-



Abbildung 1: Sich ähnelnde, pragmatische Lösungen.

nen das bei Kaufentscheidungen: Bei kleinen Anschaffungen überlegen wir nicht lange, bei einem Autokauf spielen wir vorher viele Varianten durch und wägen ab.

Während des Konstruktionsprozesses gab es immer wieder Schwierigkeiten, die Anziehungs- und Abstoßungskräfte der Magnete zu zähmen. Ein Teilnehmer kam auf die konstruktiv interessante Idee, diese Kräfte als Verbindungsmöglichkeit für die Verpackung zu nutzen.

Während des Lösungsprozesses gab es untereinander keine Absprachen. Trotzdem ähnelten sich mehrere Prototypen. Möglicherweise eher unbewusst, hatten beobachtete Zwischenergebnisse u. U. Einfluss auf das eigene Vorgehen. Oder aber es handelt sich um eine Problemstellung, die zu ähnlichen Lösungen führt: weil es scheinbar wenige zweckmäßige Alternativen gibt oder weil wir bestimmte Lösungen aus dem Alltag kennen? So gab es bei den Prototypen mehrheitlich pragmatische Lösungen im Sinn von „funktional und stabil“ (s. Abb. 1).

Zobel (vgl. 2002, S. 6) befragte bei einer Untersuchung zum Erfinden mehrere Probanden nach Verwendungsmöglichkeiten von Büroklammern. In der Auswertung unterschied er zwischen konvergent und divergent denkenden Personen. Konvergent denkende Teilnehmer antworteten gemäß ihren Alltagserfahrungen: Mit den Klammern lassen sich Papierseiten zusammenhalten. Kreativ denkende überraschten mit anderen Vorschlägen, z. B. eine Schmuckform drehen oder eine Kette

anfertigen. Er beschreibt aber auch, dass durch geringfügige Änderungen der Aufgabenstellung und mit entsprechender geschickter Fragestellung das Denken in verschiedenen Richtungen gefördert werden kann – der Impuls „Wofür kann man Büroklammern **nicht** verwenden?“ genügte oft schon.

Hätte also im Beispiel der Magnetverpackungen eine anders formulierte Aufgabe bei inhaltlich gleicher Problemstellung vermehrt kreative Lösungen hervorgebracht? Vielleicht ist sie so formuliert, dass die Funktionalität des Artefakts (Aufnahme der Magnete) in den Vordergrund rückt? Wäre der Schwerpunkt in Richtung Werbewirksamkeit verlagert worden, wären die Lehramtsanwärter vielleicht stärker zur Lösungsfindung in einem breiteren Spektrum motiviert gewesen. „Abgese-

hen vom divergenten Denken kennen wir eine ganze Reihe ausgeprägter Besonderheiten, Eigenschaften und Neigungen, die kreative Menschen charakterisieren. Unstrittig handelt es sich dabei um ursprüngliche Begabungen. Jedoch ist bekannt, dass sich Neigungen und Begabungen durchaus pflegen und entwickeln, andererseits aber auch unterdrücken und verbiegen lassen.“ (ebd., S. 7)

Insgesamt zeigt der Versuch, dass Erwachsene beim Konstruieren grundsätzlich ähnlich vorgehen wie Schülerinnen und Schüler. Die Lehramtsanwärter kannten methodische Modelle zur Lösung konstruktiver Prozesse aus ihrem Studium. Einige hatten diese Modelle bereits in ihrer Unterrichtspraxis angewendet. Trotzdem spielte dieses Wissen beim eigenen Problemlösungsprozess eine eher untergeordnete Rolle.

Die wenigen Prototypen, die weiterführende Gestaltungsideen zeigen (s. Abb. 2), wurden von den Teilnehmerinnen gefertigt, die vor der Herstellung des Prototyps mehrere Varianten verglichen.

Bedenkenswert finde ich auch die Aussagen von Teilnehmern, dass sie ein gewisses Unbehagen spürten, ihre Prototypen dem Gremium vorzustellen. Liegt es daran, dass es sich um individuelle Ergebnisse handelt; dass man bei der Vorstellung eines Prototyps in gewisser Weise auch die eigene Persönlichkeit offenbart? Wie fühlen sich Schülerinnen und Schüler,



Abbildung 2: Prototypen, die von einer simplen Schachtellogik abweichen.

wenn die Lehrkraft als „Auftraggeber“ in ihrer Wahrnehmung über eine höhere Kompetenz zur Lösung des Problems verfügt? Übertragen auf den Technikunterricht stellt sich die Frage, welche Instrumente des gemeinsamen Austauschs, der Reflexion und Bewertung das gegenseitige Vertrauen fördern.

Um eine Idee wie die Magnetverpackung zu einem Unterrichtsmodell weiterentwickeln zu können, müssen einige wichtige Entscheidungen getroffen werden. Folgende Punkte stehen für mich im Vordergrund:

- Welche Zielsetzungen werden im Hinblick auf das Konstruieren in einem „ganzheitlichen“ Sinn verfolgt?
- Was zeichnet eine dafür geeignete Aufgabenstellung aus?
- Welche didaktischen Modelle nutze ich beim methodischen Vorgehen für den Unterricht? Wie kann ich dieses Vorgehen individualisieren, um differenzierter auf Voraussetzungen und Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler eingehen zu können?
- Wie kann ich Schülerinnen und Schüler dazu motivieren, verschiedene Lösungsvarianten zu entwickeln?
- Wie kann ich geeignete Formen der Präsentation und praxistaugliche Instrumente der Reflexion und Bewertung entwickeln und nutzen, die den Austausch von Ideen auch dort unterstützen, wo sich Schülerinnen und Schüler unsicher sind?

Zunächst soll jedoch die Begrifflichkeit geklärt werden.

Erfinden – Entwickeln – Konstruieren in der Technik

Zurzeit wird in aller Welt eine Erfindung sehnlichst erwartet – ein Impfstoff gegen das Coronavirus. Es gibt vielversprechende Ansätze im Labor, erste klinische Tests haben begonnen. Könnte man jetzt schlussfolgern, dass das Entdecken und Erforschen der Naturwissenschaftler so weit abgeschlossen ist, dass nun die Techniker am Zuge sind, einen Prototypen zu entwickeln, der getestet und dann

produziert werden wird? In der Realität finden hier, wie oft, Prozesse vernetzt und parallel ab. Es lässt sich häufig nicht unterscheiden, ob natur- oder technikwissenschaftlich gearbeitet wird, wo kausale und finale Fragestellungen gleichzeitig beantwortet werden. Spätestens im Falle des Scheiterns muss nach dem Warum gefragt werden: Warum sind wir gescheitert? Welche Faktoren und Wirkzusammenhänge waren ungünstig? Haben wir auf zweckmäßige Mittel zurückgegriffen? Virologen forschen nicht mit Lupe und Pinzette, sondern benötigen hochmoderne Technik.

Im Fall des Impfstoffes ist sogar zu vermuten, dass aktuell die Produktentwicklung im Vordergrund steht, (noch) nicht die Ziele der Wissenschaften.

Wie unterscheidet sich aber naturwissenschaftliche Forschung von technischer Entwicklung?

Naturwissenschaftliche Forschung

Naturwissenschaftler holen beim „Entdecken“ bisher Unbekanntes aus seiner „Deckung“. Sie beschreiben es vereinfacht mit Hilfe von Ursache-Effektzusammenhängen. Schlussendlich entstehen Beschreibungen des Sachverhaltes, die wir häufig stark abstrahiert empfinden (und nur unter bestimmten Rahmenbedingungen valide), beispielsweise die physikalischen Formelsammlungen.

Erfinden

„Einer Erfindung liegt stets die Schaffung eines ökonomisch effizienten und

zuverlässig funktionierenden Mittel-Zweck-Zusammenhangs zugrunde. Der Erfinder arbeitet dabei überwiegend mit Hilfe an sich bekannten technischen Wissens, welches er in oftmals recht ungewöhnlicher, zugleich aber nicht selten raffiniert einfacher Weise für die Lösung einer technischen Aufgabe bzw. die Erreichung eines technischen Zwecks einsetzt.“ (Zobel 2002, S. 1) Hierzu sind naturgesetzmäßig formulierte Entdeckungen oftmals eine wichtige Basis, sie müssen von den Technikern aber nicht unbedingt bis ins Detail durchdrungen worden sein bzw. die Techniker können auch dort weiterarbeiten, wo die Aussagekraft der naturwissenschaftlichen Entdeckungen endet.

Die untenstehende Übersicht zeigt einige Erfindungen aus Deutschland.

Ein weiteres, bekanntes Beispiel ist der Klettverschluss. Er wurde vom Schweizer Ingenieur Georges de Mestral erfunden. Beim Spaziergehen mit seinen Hunden wurde er auf die sich im Fell verhakenden Früchte der „Großen Klette“ aufmerksam (s. Abb. 3). Er untersuchte deren Form und Beschaffenheit, entdeckte (für sich) den Effekt und hatte die Idee, wie sich dieser für eine sinnvolle, nutzbare technische Entwicklung einsetzen lässt. Für die Entwicklung dieser bedeutenden Verbindungsart untersuchte er den Wirkzusammenhang genauer. Ich kann nur vermuten, dass es Entdeckungen zur Großen Klette bereits vorher gegeben hatte. Mestral hat also eine individuelle Entdeckung gemacht und diese final für seine Erfindung des Klettverschlusses genutzt.

Inwiefern war die technische Entwicklung des Klettverschlusses eine Er-

Jahr	Erfinder/Erfinderin	Erfindung
1440	Johannes Gutenberg	Buchdruck
1854	Heinrich Göbel	Glühbirne
1859	Philipp Reis	Telefon
1886	Karl Benz und Gottlieb Daimler	Automobil
1905	Josl Schmidt	Spiel „Mensch ärgere dich nicht“
1908	Melitta Benz	Kaffeefilter
1941	Konrad Zuse	Computer
1949	Herta Heuwer	Currywurst
1987	Fraunhofer-Institut	MP3-Format



Abbildung 3: Große Klette.



Abbildung 4: Der ursprüngliche Klettverschluss mit unterschiedlicher Ober- und Unterseite und die Weiterentwicklung mit zwei identischen Verbindungsteilen.

findung? Sie war weltneu, funktionsfähig und eine Lösung außerhalb des Suchfeldes des Durchschnittsfachmannes (s. Zobel 2006, S. 1). Sie hat für einen Mangel an einfachen, ohne Werkzeuge herzustellenden lösbaren Verbindungen zwischen bestimmten Materialien bzw. Bauteilen eine weitere Lösung geschaffen.

Mit der Reproduzierbarkeit des Klettverschlusses war die erfinderische Leistung abgeschlossen, weitere Entwicklungs- und Konstruktionsvorgänge um und mit dem Klettverschluss folgten.

Konstruktion

So war auch Mestrals Klettverschluss nur eine technische Zwischenlösung. Die amerikanische Firma 3M entwickelte sie mit dem „Pilzkopf-Klettverschluss“ weiter. Die beiden Verbindungsteile sind bei dieser Variante von der Form her identisch, was u. a. einen ökonomischen Vorteil in der Herstellung des Klettbands und bei seiner Montage bietet. Die Pilzkopf-Variante ist dünner, hat eine höhere Zugfestigkeit und kann auch auf Scherung beansprucht werden. Ihre Haltekraft lässt aber schneller nach als bei den Hakenbändern (vgl. Krüger 2013, S. 4–5). Diese sind wiederum beim Schließen nicht so lagestabil, die beiden Teile verschieben sich leicht zueinander (s. Abb. 4).

Das markiert einen wichtigen Unterschied zwischen Erfindung und Konstruktion: Erfindung ist auf das erste Umsetzen, das grundsätzliche Möglichmachen gerichtet. Wo es um Optimierung geht (s. Zobel 2006, S. 78), ist Konstruktion im Spiel. Die Beispiele des Klettverschlusses zeigen Optimie-

rungen im Hinblick auf bessere Funktionalität für die beabsichtigten Zwecke, bessere Herstellbarkeit, ökonomische Optimierung usw. Beim Konstruieren können Erfindungen optimiert werden (Pilzkopf-Klettverschluss), sie können konkreten technischen Problemen angepasst werden oder als Teile komplexer technischer Systeme verwendet werden (z. B. der Klettverschluss für die Konstruktion eines Schuhs). Das Konstruieren löst (in der Erfindung noch ungelöste) konkrete technische Probleme, es ist erst mit der Ferti-gungsreife des technischen Produktes beendet.

Klärung der Begrifflichkeit

Die vielen Begriffe, die rund um das Thema Entdecken und Erfinden gebräuchlich sind, verwende ich in der Folge unter folgenden Bedeutungen:

Erforschen: Neue Erkenntnisse systematisch suchen, überprüfen und deren Ergebnisse dokumentieren.

Entdecken: Finden von bereits Vorhandenem, das bisher unbekannt war. Durch eine Entdeckung ergibt sich noch keine Veränderung, aber ein individueller oder allgemeiner Wissenszuwachs.

Erfinden: Schöpferische Leistung, mit der ein Problem gelöst wird. Dabei wird ein neues Ziel mit bekannten Mitteln oder ein bekanntes Ziel mit neuen Mitteln ermöglicht. Erfindungen sind im Hinblick auf Produkte nur Zwischenlösungen, die Optimierungen nach sich ziehen.

Entwickeln: Allgemein bedeutet Entwickeln, dass ein Prozess fortlaufend in eine neue Phase tritt. Dabei kann sich dieser Begriff auf viele Gebiete beziehen:

- biologisch (aus der Raupe entwickelt sich der Schmetterling),
- technisch (die Technik der LED-Lampen wurde entwickelt),
- gesellschaftlich, politisch (Verhandlungen haben sich gut oder schlecht entwickelt).

Konstruieren: Ausarbeitung eines technischen Produktes, so dass seine Fertigung und Nutzung möglich sind. Das Ergebnis einer Konstruktion sind Lösungsvarianten in Form von Modellen und Fertigungsunterlagen (technische Zeichnung, Technologie, Prototyp).

Designen: Dieser Begriff wird häufig gebraucht, es ist aber nicht einfach, ihn eindeutig zu definieren. „Wortgeschichtlich geht Design auf das lateinische *designare* zurück: bezeichnen, abgrenzen, angeben, bestimmen, ernennen, andeuten, einrichten, anordnen, entwerfen, im Umriss darstellen, nachbilden. Verwandte Begriffe sind Entwurf, Entwurfszeichnung, Muster, Modell, Formgebung, Gestalt, Aussehen, Plan (Mareis 2014, S. 35 f.)“. Das Gestalten der visuell-ästhetischen Wirkung eines Produktes ist eine wichtige Aufgabe beim Designen, aber nur eine unter vielen. Zu Beginn des Designprozesses steht die Frage, welche Funktionen das Produkt haben kann bzw. soll. Dabei schließt der Funktionsbegriff die erwünschten und auch möglichen Nutzungen von Einzelnen und der Gesellschaft ein. An einem Beispiel erläutert: Das social design lab der Hans Sauer Stiftung erstellt Designentwürfe für Schulen und Schulräume, die es mit dem Schlagwort „partizipative Schulentwicklung“ bezeichnet. Dabei ist (laut Selbstauskunft) sein Ziel, „[...] Schulen gemeinsam mit der gesamten

Schulfamilie räumlich wie pädagogisch weiter[zu]entwickeln¹⁾. Design könnte nach diesem Verständnis als Projektplanung verstanden werden, in der „das Ganze“ geplant und von dort aus Erfindungen und Konstruktionen angestoßen werden.

Ausblick

Und wie konstruieren Schüler nun, wie es im Titel heißt? Dort sind die einzelnen Merkmale oder auch Stufen, wie sie in den Begriffsdefinitionen hervorgehoben sind, nicht klar unterscheidbar, oder besser: Die Unterscheidung hat keine größere Bedeutung. Genauere Ausführungen folgen, aber so viel sei vorweggenommen, sie fühlen

sich von Problemen herausgefordert – ganz im Sinn des Bauingenieurs Belermann: Technikücken sind Entwicklungslücken.²⁾

Literatur

SCHLAGENHAUF, WILFRIED (2013): Methoden des Technikunterrichts – Situationsanalyse und Entwicklungsperspektiven. tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht (147), Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag, 9–16.

KIES, TORSTEN (2016): Technik einfach begreifen – Alltagsobjekte nachbauen und verstehen. Leipzig: Fachbuchverlag.

ZOBEL, DIETMAR (Hrsg.) (2006): Systematisches Erfinden. Methoden und Beispiele für den Praktiker. 4. Aufl. Renningen: expert-Verl.

MAREIS, CLAUDIA (2014). Theorien des Designs - zur Einführung. Hamburg: Junius.

KRÜGER, GEORG (2013): Klettverschlüsse. Materialien, Herstellung, Prüfung, Anwendungen. München: Hanser (Hanser eLibrary).

Abbildungen:

Abb. 3 links: Christian Fischer: Blütenköpfe einer Großen Klette (Arctium lappa) mit den typischen hakigen Hüllblättern. 30. Juli 2008; <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ArctiumLappa4.jpg>

Sonstige: Dirk Schade

¹⁾ <https://schulemachtsich.de/>

²⁾ zitiert nach <https://www.apophorismen.de/zitat/33864>

ANZEIGE

JENS JOHANNSEN

Kerzenboote

Knatterboote, Tuckerboote, Kerzenboote – wer kennt sie nicht?

Mit **Kerzenboote** stellen wir Bootsentwürfe, z. B. aus Milchtüten, Blechdosen oder ausgebuffte Neuentwürfe von Tuckerbooten vor, ergänzt mit detaillierten Anleitungen und eindrucksvollen Fotos. Lehrer, Werkstattmeister und Kinderpädagogen, finden in dieser Ausgabe spannende und anwendungsbezogene Anregungen. Die letzten physikalischen „Geheimnisse“ konnten wir allerdings dem Knatterboot mit seinem typischen Reaktionsantrieb, auch mit unserem aus Glas nachgebildeten Motor und den teilweise aufwendigen Berechnungen nicht enträtseln, wenngleich zwei angemeldete Gebrauchsmuster als das Produkt dieser Bemühungen angesehen werden können.

Wir verbinden mit **Kerzenboote** die Hoffnung, dass die Entwicklung am Tuckerboot neue Impulse bekommt und die Spielfreude für Jung und Alt erhalten bleibt.



NV Neckar-Verlag
Neckar-Verlag GmbH
78045 Villingen-Schwenningen
bestellungen@neckar-verlag.de
www.neckar-verlag.de

ISBN 978-3-7883-1616-7
Umfang 88 Seiten, DIN A4
Best.-Nr. 616
Preis € 14,90 [D]