

## Ein Stück Draht



ROLAND HIRSCH

Ein Stück Draht – nicht viel, werden Sie denken, aber: »Es kommt darauf an, was man daraus macht.« In Anlehnung an den Slogan der Bauindustrie kann gezeigt werden, dass im technischen und didaktischen Sinne in dem Objekt ein vielfältiges Potential steckt.

### 1 Einleitung

Technik ist vielfältig und komplex und die Herausforderung bestand darin, die Prozessorientierung als ein wesentliches Merkmal dieses Handlungsfeldes für die Öffentlichkeitsarbeit aufzubereiten. Die vollständige Handlung bildet eine Form des engineering design process ab, wie er von LACHAPPELLE, CUNNINGHAM & DAVIS (2018) für verschiedene Schulstufen abgehandelt wurde und beschreibt den Weg von der Idee zum fertigen Produkt (HÖPKEN, OSTERKAMP & REICH, 2003).

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit ist deshalb mithilfe von einfachem Draht ein Produkt konzipiert worden, in der die Welt der Technik in seinen wichtigsten Komponenten erfahrbar gemacht wird. Es wurde mehrere Jahre im Rahmen einer Kooperation zwischen Universität und eine Gesamtschule mit dem Fach Technik genutzt, um die vielfältigen methodisch-didaktischen Möglichkeiten aufzuzeigen.

Sowohl im Schullalltag, als auch in der Arbeitswelt und in der Öffentlichkeitsarbeit haben ökonomische und ökologische Aspekte bei technischem Handeln und Denken eine hohe Priorität.

Schweißstäbe sind preiswerte Materialien und lassen sich durch Weichlöten leicht verbinden. Aus diesem Ansatz heraus wurde u. a. ein Drahtschrauber (Abb. 1) und später auch weitere Produkte wie z. B. ein Kerzenhalter (Abb. 2) entwickelt.

Trotz dieser minimalistisch anmutenden Produkte lassen sich die sechs Phasen der vollständigen Handlung zur Herstellung eines Produktes abbilden, wobei sich einige technikedidaktische Lehrverfahren einbinden lassen.

1. Phase – Informieren
2. Phase – Planen
  - Soziotechnischen Gestaltungsprozess
  - Unterrichtsverfahren Experiment
  - Unterrichtsverfahren Fertigung (Technisches Zeichnen, Fließfertigung)
3. Phase – Entscheiden
4. Phase – Ausführen
  - Unterrichtsverfahren Fertigung (Einzelfertigung als Werkbankfertigung, Fertigungsverfahren)
5. Phase – Kontrollieren
6. Phase – Bewerten



Abb. 1. Drahtschrauber



Abb. 2. Kerzenhalter

## 2 Modell der vollständigen Handlung

Das Modell der vollständigen Handlung mit seinen sechs Phasen ist ein Prozess, der immer wieder abgearbeitet und in der jeweils letzten Phase reflektiert wird. Die Ergebnisse liefern dabei ggf. die Grundlage für eine Optimierung und einen oder weitere Zyklen.

### 2.1 1. Phase – Informieren

Am Anfang eines technischen Prozesses steht eine Problemstellung oder ein Lastenheft, das je nach Anwendungsfeld unterschiedlich angelegt ist. In der Schule beschreibt die Lehrkraft die zu lösende Problematik, die sich aus den curricularen Anforderungen speisen kann. In der Berufsschule bzw. im Ausbildungsbetrieb orientiert sich die Aufgabe an einer berufsrelevanten Situation z. B. einem Kundenauftrag.

Daran anschließend erfolgt die Beschaffung der Informationen z. B. durch Vergleiche oder eine Studie. Einerseits ist ein Überblick über die konkreten Elemente der zu lösenden Aufgabe

zu gewinnen, andererseits müssen fachliche Informationen zur Problembewältigung identifiziert werden. Die Bearbeitung sollte hierbei durch die Schüler/innen möglichst selbständig erfolgen und der Lehrer nur als Berater fungieren.

*Beispielanlass:* Es ist ein Produkt zu entwickeln, welches für einen Tag der offenen Tür an der TU Dortmund verwendet werden kann. Die konkrete Problemstellung dafür lautet:

1. Produkt zum Mitnehmen
2. Produkt soll in kurzer Zeit gefertigt werden
3. Aspekte der Technik sollen verdeutlicht werden

Die Anforderungen ergeben sich daher, dass seitens der Besucher eine höhere Aufmerksamkeit erzeugt wird, wenn ein (attraktives) Produkt mitgenommen werden kann. Die Beschäftigung mit der Fertigung als wesentlicher Aspekt der Technik darf für den Besucher nicht zu lange dauern. Da erfahrungsgemäß bei solchen Angeboten eine größere Stückzahl an Produkten umgesetzt wird, darf auch der Kostenaspekt nicht vernachlässigt werden.

In den meisten Fällen wird in dieser Phase eine Ideensammlung angelegt oder eine Problemlösetechnik wie z. B. Brainstorming angewendet, um geeignete Produkte zu identifizieren. Danach werden sie einer Bewertung unterzogen, die sich an den vor Ort befindlichen Rahmenbedingungen orientieren. Im konkreten Fall hat sich der Drahtschrauber herauskristallisiert, denn

1. das Produkt ist klein/handlich und kann mitgenommen werden.
2. durch noch zu entwickelnde Fertigungsvorrichtungen kann der Drahtschrauber schnell gefertigt werden.
3. durch Biegen, Trennen und Lötten werden wesentliche Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 angewendet.
4. als Werkzeug wird ein Lötcolben eingesetzt, der zu mindestens bei einem größeren Teil der Besucher einen Neuigkeitsgehalt hat und damit motivationsfördernd wirkt.
5. der Einsatz von Werkzeug ist typisch für die Technik.
6. ein Herstellungsprozess kann durchgeführt werden.
7. durch den Einsatz von Fertigungsvorrichtungen kann eine Brücke in die Realität geschlagen werden. Zum einen beschleunigen die Fertigungsvorrichtungen den Herstellungsprozess, zum anderen liefern sie in diesem Fall auch exaktere Ergebnisse.
8. der Materialeinsatz durch Schweißstab und Lötzinn ist ökonomisch optimal.
9. Die Werkstoffe lassen sich vergleichsweise einfach recyceln.

### 2.2 2. Phase – Planen

In dieser Phase werden verschiedene Wege zur Lösung der Aufgabe vorbereitet. Es sind nicht nur die Arbeitsschritte zu konzipieren, sondern auch die entsprechenden Werkzeuge, Materialien, der Zeitbedarf und der Ablauf zu ermitteln. Die Arbeitsverteilung innerhalb des Teams ist ebenfalls zu koordinieren.

Die Planung für den Herstellungsprozess umfasst mehrere Aspekte.

- Die Dicke des Schweißstabes beeinflusst die Trenn- und Biegebarkeit und damit den aufzubringenden Kraftaufwand.
- Die Option zur Erweiterung mit einem (teuren) Solarrotor sollte gegeben sein und hat deshalb Einfluss auf die Größe des Drahtschraubers.
- Die Fertigungsvorrichtungen müssen dimensioniert werden.
- Es müssen maßstabgerechte Zeichnungen der Fertigungsvorrichtungen erstellt werden.
- Es ist eine Anleitung anzufertigen.

### 2.2.1 Soziotechnischer Gestaltungsprozess

Der Prozess besteht aus Systemfunktion, Systemkonzept, Systemkonstruktion, Systemfertigung und Systemwartung (OTT, 2011). Die einzelnen Elemente ähneln der vollständigen Handlung, wobei im Systemkonzept und in der Systemkonstruktion eine möglichst große Vielfalt an Konstruktionsmöglichkeiten generiert und anschließend eine der Möglichkeiten für die Realisierung ausgewählt wird.

Im Maschinenbau existiert dazu ein Konstruktionsatlas, der anhand von Konstruktionsbeispielen hilft, werkstoff- und verfahrensgerecht zu konstruieren.

Am Beispiel des Drahtschraubers kann die Verbindungstechnik thematisiert werden. Die Drahtstücke können miteinander über verschiedene Techniken verbunden werden:

- Kleben
- Löten
- Schweißen
- Muffen. Die Drahtstücke können dann damit verschraubt oder verpresst werden.
- Lüsterklemmen
- Umwickeln der Verbindungsstellen mit dünnerem Draht

Im Anschluss daran werden die Verfahren hinsichtlich verschiedener Kriterien wie z. B. Durchführbarkeit, Kosten, Genauigkeit, Werkzeugeinsatz bewertet und eines davon ausgewählt.

### 2.2.2 Technisches Zeichnen

Technische Zeichnungen werden für die Gestaltung der Schablonen und Fertigungsvorrichtungen benötigt. Die Schablonen können für die Abmessung der Bauteile Korpus, Kufen und Verbinder als Differenzierungsmöglichkeit genutzt werden und bei Wegfall als Übungen zum Messen integriert werden. Als Fertigungsunterlagen müssen demnach die Drahtstücke gezeichnet und bemaßt werden. Als Differenzierungsmöglichkeit besteht noch die Möglichkeit, isometrische und dimetrische Darstellung in den Planungsprozess mit einzubeziehen (Abb. 3, 4).

### 2.2.3 Fließfertigung

Im Unterrichtsverfahren »Fertigen« ist Fertigung die geplante Folge von Handlungen, um ein Produkt unter der Verwendung von Werkstoffen, Halbzeugen und Werkzeugen herzustellen (HÜTTNER, 2009). Von den Phasen Fertigungsvorbereitung, Fer-

tigungsdurchführung und Fertigungskontrolle soll insbesondere die Fertigungsvorbereitung näher betrachtet werden.

In der Vorbereitung ist u. a. zu entscheiden, in welcher Fertigungsart (z. B. Einzelfertigung, Serienfertigung) und Fertigungsprinzip (z. B. Werkbankfertigung, Werkstattfertigung, Fließfertigung) vorgegangen wird und in welcher Form die Logistik hinsichtlich Stoff-, Energie- und Materialfluss angelegt wird. Die Herstellung des Produktes findet in der Fertigungsdurchführung statt, während in der Fertigungskontrolle die Qualitäts- und Quantitätskontrolle im Vordergrund steht.

Zu unterscheiden ist noch die Fertigung im Handwerksbetrieb, die durch Einzel- oder Kleinserienfertigung geprägt ist. Im Gegensatz dazu steht die industrielle Fertigung, in der die Serien- und Massenfertigung angewendet und in hohem Maße arbeitsteilig durchgeführt wird. Die Verantwortung für die Fertigungsschritte wird in einzelne Arbeitsschritte aufgeteilt und umfasst demnach nicht mehr das gesamte Produkt. (HÜTTNER, 2009)

Der Drahtschrauber und vor allem die Fertigungsvorrichtungen erlauben es, diesen Prozess als Fließfertigung anzulegen. Diese Art der Arbeitsorganisation erwartet im Regelfall Schüler/innen, wenn sie einen gewerblich-technischen Beruf ergreifen und ist damit ein Schritt in Richtung Berufsorientierung. Um alle Arbeitsstationen einmal kennen zu lernen, arbeitet jede Schüler/innengruppe für eine gewisse Zeit an einer Station (Abb. 5).

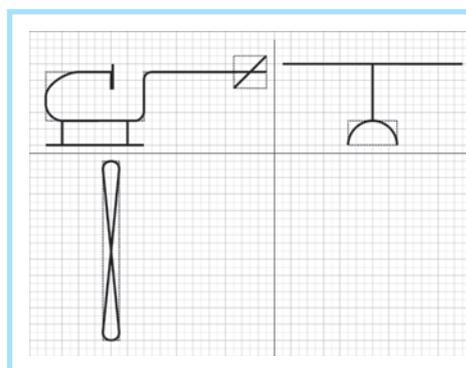


Abb. 3.  
3. Tafelprojektion des Hubschraubers mit Hilfslinien (gestrichelt)

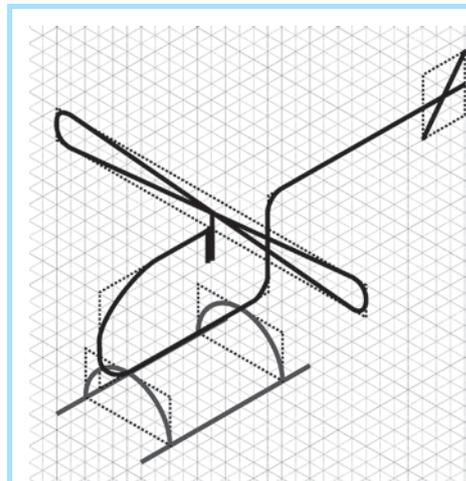


Abb. 4.  
Isometrische Darstellung des Hubschraubers

## 2.2.4 Unterrichtsverfahren Experiment

Das Experiment ist ein Verfahren, das in nahezu allen Wissenschaften angewendet wird. Mit Experimenten sollen neue Erkenntnisse gewonnen werden. Je nach Wissenschaft werden jedoch unterschiedliche Ziele verfolgt. Die naturwissenschaftlichen Experimente beschäftigen sich eher mit dem WARUM,

d. h. mit der Erklärung eines Ursache-Wirkungsprinzips, während technische Experimente eher der Frage nachgehen, WIE etwas passiert (Abb. 6). Der Zweck besteht darin, für eine technische Problemstellung einen Hinweis für eine Problemlösung zu erhalten. Im Vordergrund steht eine zu realisierende technische Anwendung (HÜTTNER, 2009)

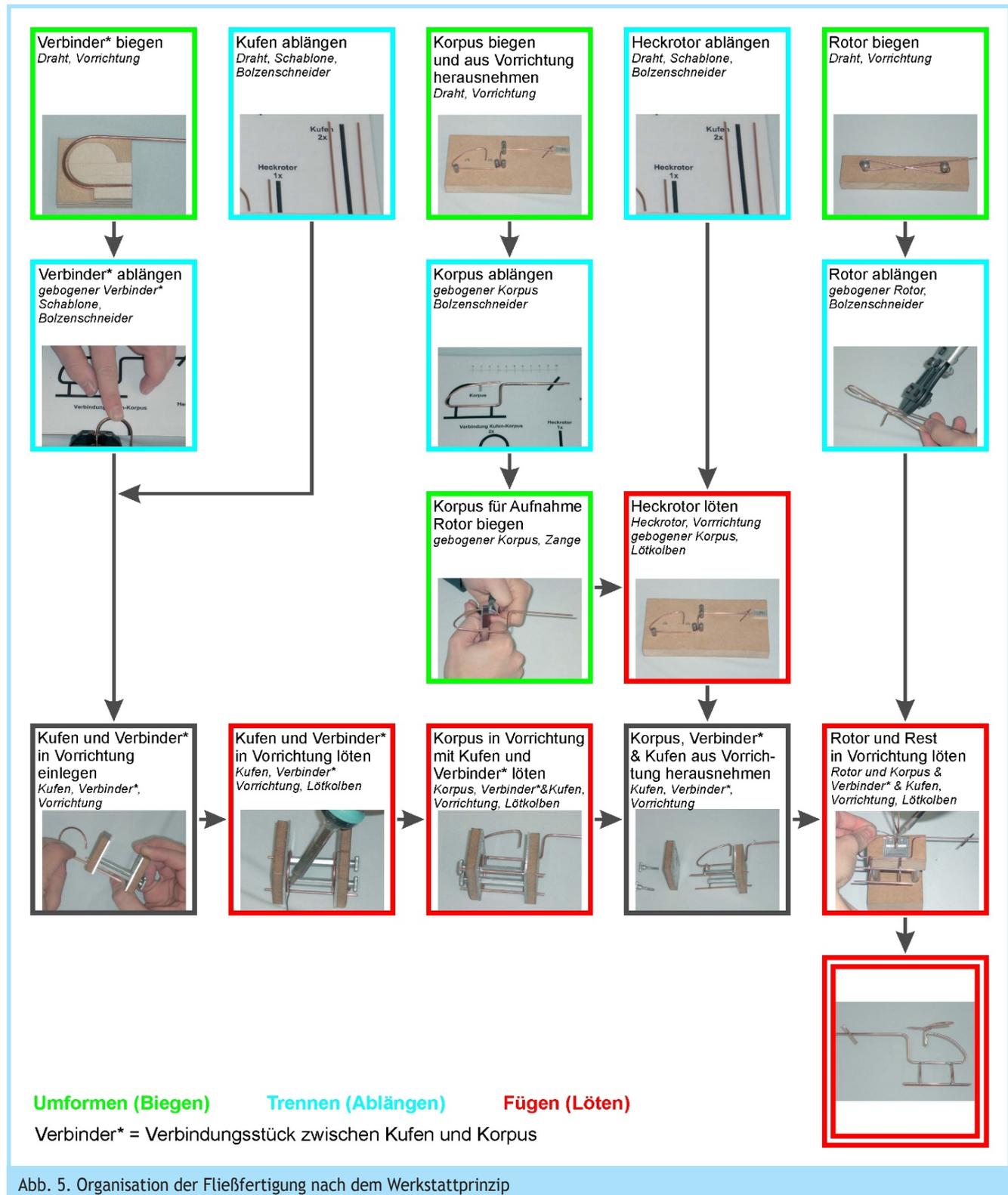
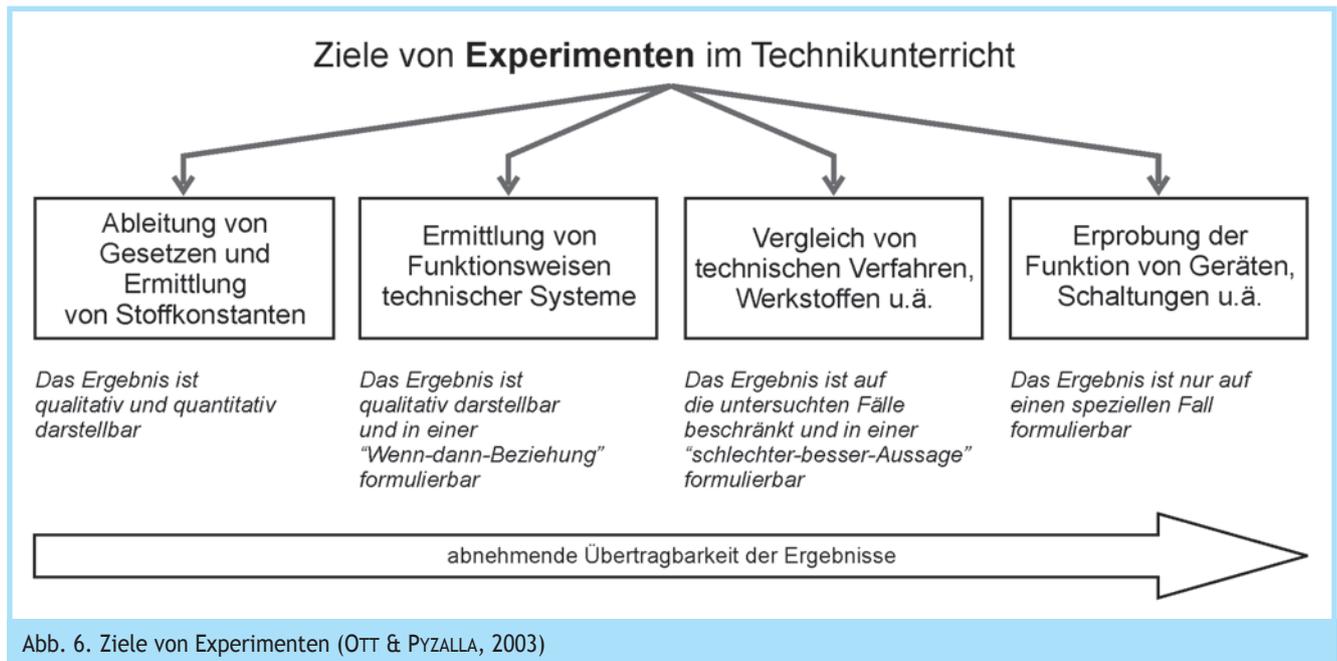


Abb. 5. Organisation der Fließfertigung nach dem Werkstattprinzip



In der Technik gibt es Bereiche, in denen die Gesetzmäßigkeiten und Stoffkonstanten bekannt sind und auch in Tabellenbüchern abgelegt sind. Dort würde es im Prinzip keinen neuen Erkenntnisgewinn ergeben, wenn die Schüler/innen das Experiment nochmals durchführen. In den Fällen, in denen die Schüler/innen das Experiment selbst durchführen, ist die Erkenntnis nachhaltiger und dies sollte auch realisiert werden, wenn die sicherheitsrelevanten und ökonomischen Bedingungen erfüllt sind.

Es gibt aber noch zwei weitere Gründe für die Durchführung technischer Experimente. Zum einen können die Parameter so schlecht erfassbar sein, dass erst ein Experiment eine Aussagekraft über die technische Verwendbarkeit ergibt, oder aber die Gesetzmäßigkeiten sind so komplex, dass sie erst mit sehr guten mathematischen Kenntnissen erschließbar sind und daher als Thema für die Sekundarstufe I ausscheiden. Im ersten Fall ist dies zum Beispiel bei der Ermittlung von Reibwerten von Oberflächen gegeben. Die Einflussgrößen sind so vielfältig, dass sie mathematisch gar nicht genau erfasst werden.

Der zweite Fall findet sich bei dem Produkt Drahtschrauber. Die Kufen werden gebogen. Jedes Material hat Rückfedereigenschaften. Am einfachsten lässt sich das schon bei Papier zeigen: Gerolltes Papier hat die Eigenschaft, sich wieder in seine Ausgangslage als fast glattes Papier zu legen.

Wenn Material umgeformt wird, kann es plastisch oder elastisch sein. Während Knetmasse völlig plastisch ist und Gummi in einem sehr großen Bereich elastisch, haben die meisten Werkstoffe jeweils einen Anteil Plastizität und Elastizität. Beim Biegen dieser Werkstoffe muss die Elastizität berücksichtigt werden, in dem das Werkstück überbogen werden muss, damit das Biegeteil nach der Rückfederung das gewünschte Maß hat. Diese Rückfederung ist jedoch von sehr vielen Parametern

abhängig, sodass eine Berechnung zwar möglich aber sehr umfangreich und komplex ist. Die Berechnung der Rückfederung nach einem Umformprozess stellt daher nach wie vor eine große Herausforderung dar und gelingt nur bei Simulationen mit reduzierten Parametern (KLOCKE, 2017).

Es bietet sich an, diese Rückfederungskompensation zu thematisieren und verschiedene Metalle auf ihre Rückfederungseigenschaften zu untersuchen. Dafür werden gleich dicke Metallstreifen aus Messing, Kupfer, Aluminium und Stahl verwendet, die dann in drei verschiedenen Biegevorrichtungen mit  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $90^\circ$  gebogen werden (Abb. 7). Wenn die Blechstreifen der Reihe nach in dieser Reihenfolge in den Vorrichtungen verwendet werden, dann wird pro Messreihe nur ein Streifen benötigt. In einer Messwerttabelle werden dann der eingestellte Winkel sowie der tatsächliche Winkel aufgetragen und in einem Diagramm ausgewertet (Abb. 8).



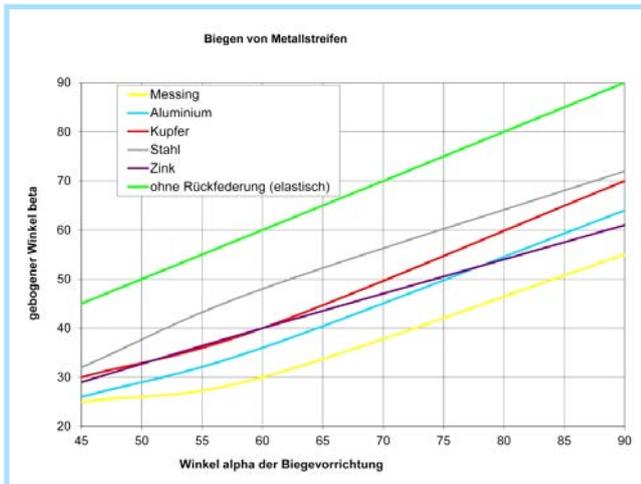


Abb. 8. Auswertung der Rückfederung mit Hilfe eines Excel-Diagramms. Werte entstammen aus einem selbst durchgeführten Experiment.

### 2.3 3. Phase – Entscheiden

Wenn die Planung abgeschlossen ist, wird das erarbeitete Konzept vorgestellt und diskutiert. Gegebenenfalls werden noch offene Fragen geklärt und Verbesserungshinweise gegeben. Es können auch »Fehler« zugelassen werden, sofern sie nicht sicherheitsrelevante oder gravierende ökonomische Aspekte betreffen.

### 2.4 4. Phase – Ausführen

Die finale Arbeitsplanung orientiert sich an den Gegebenheiten vor Ort, und die zuvor erarbeiteten Arbeitsschritte werden ausgeführt. Schon aus Zeitgründen sollte bei den verschiedenen Aufgaben im Team gearbeitet werden.

Die Produktion der Fertigungsvorrichtungen erfolgt z. B. mit einer CNC-Fräse, die in den Sek I Schulen einiger Bundesländer verfügbar sind. Damit können diese exakt und auch mehrfach hergestellt werden. Die Einarbeitung in eine CAD-Software fördert das räumliche Vorstellungsvermögen und stellt dabei durchaus eine zu bewältigende Herausforderung dar. Die Anleitung ist ebenfalls zu erstellen.

#### 2.4.1 Fertigungsverfahren

Beim Fertigen werden die Verfahren Umformen, Trennen und Fügen nach DIN 8580 angewendet.

Das *Trennen* der Schweißdrähte ( $\varnothing 2 \text{ mm}$ ) (Abb. 9) erfolgt mit einem stabilen Seitenschneider, besser jedoch mit einem kleinen Bolzenschneider oder einer Säge. Die Grate können durch Feilen als weiteres Fertigungsverfahren entschärft werden.

Das *Umformen* erfolgt durch Biegen mit Fertigungsvorrichtungen (Abb. 10), die für den Korpus und die Kufen zur Verfügung stehen. Dabei ist die Rückfederung des Materials mit zu berücksichtigen.

Das *Fügen* wird durch Lötten vorgenommen. Lötten ist das Herstellen unlösbarer Verbindungen metallischer Werkstoffe mit

Hilfe eines geschmolzenen, metallischen Zusatzwerkstoffes. Der Schmelzpunkt des Zusatzwerkstoffes liegt unter dem Schmelzpunkt der zu verbindenden Werkstoffe.

Die bereits vorgefertigten Drahtstücke (Abb. 11) werden in die Lötvorrichtung (Abb. 12) platziert. In den beiden Platten der Lötvorrichtung befinden sich Bohrungen und Schlitzlöcher sowie Magnete, die die Schweißdrähte aufnehmen und für die Dauer des Lötvorganges fixieren. Nach Beendigung des Lötvorganges können die Platten durch die Rändelschrauben gelöst werden und der fertige Korpus entnommen werden.



Abb. 9. Schweißdraht mit 2 mm Durchmesser ist preiswert und ist aufgrund seiner magnetischen Eigenschaft für die Fixierung in der Lötvorrichtung gut geeignet

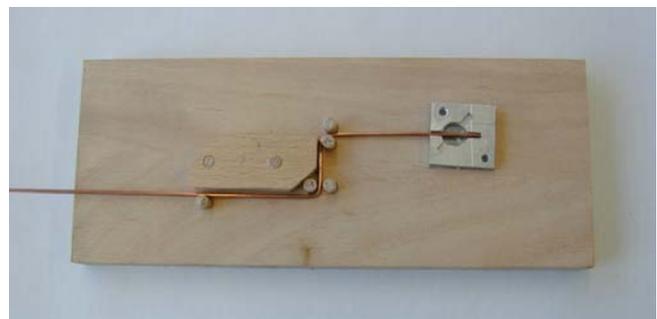


Abb. 10. Die Biegevorrichtung für den Rumpf mit integrierter Lötvorrichtung für den Heckrotor

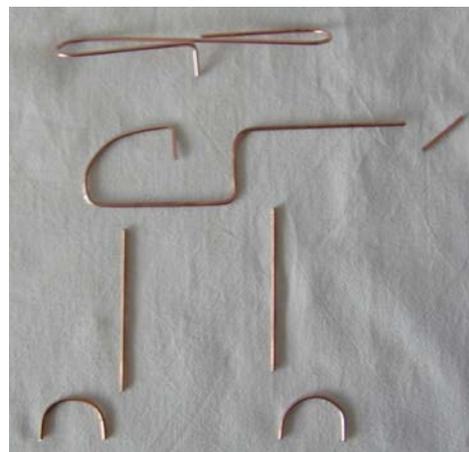


Abb. 11. Die gebogenen Einzelteile (von oben: Rotor, Korpus mit Heckrotor, Kufen, Verbindungsteile Korpus-Kufen), die zusammengeleitet die einfache Ausführung ergeben.

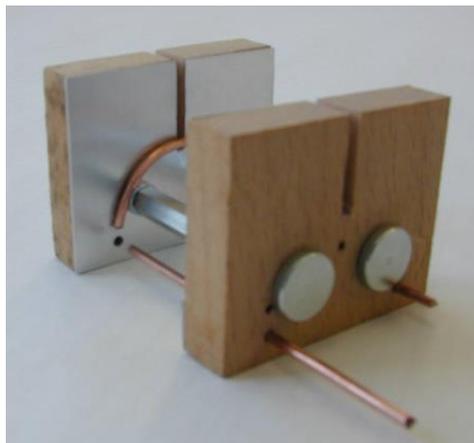


Abb. 12. Die Löt-  
vorrichtung  
zum Fixieren  
von Kufen und  
Rumpf. In den  
Holzplatten  
befinden  
sich starke  
Magnete,  
die die  
Drahtstücke  
halten.

Die *Beschichtung* ist eine Option. Durch Lackieren, Galvanisieren o. ä. kann das Objekt ein gleichmäßiges Aussehen erhalten und vor Witterungseinflüssen geschützt werden.

#### 2.4.2 Einzelfertigung als Werkbankfertigung

Für den Tag der offenen Tür steht im Vordergrund, einzelne Elemente der Fertigung anzureißen. Deshalb wird als Fertigungsart die Einzelfertigung angestrebt und als Werkbankfertigung angelegt, d. h. an einem Arbeitsplatz werden die Werkzeuge und Werkstoffe zur Verfügung gestellt (Abb. 13). Auch die Hilfsmittel und Fertigungsvorrichtungen werden bereitgelegt, um den Prozess der Fertigung zu beschleunigen und eine hinreichende Qualität sicher zu stellen.



Abb. 13. Neben der auf dem Bild zu sehenden Fertigungsvorrichtung werden noch die Werkzeuge LötKolben, Bolzenschneider, Zange sowie das Material Schweißdraht ( $d = 2 \text{ mm}$ ) und Lötzinn benötigt.

Im Technikunterricht lässt sich dieses Lernarrangement auch als leittextgestützte Methode anwenden (HÜTTNER, 2002). Als wesentliche didaktische Intention steht hier das Arbeiten nach Anleitung sowie die Anwendung der Fertigungsverfahren im Vordergrund. Dies bietet sich vor allem dann an, wenn die Schüler/innen an Fertigungsaufgaben herangeführt werden sollen und/oder es sich um leistungsschwächere Schüler/innen handelt.

Eine entsprechende Schritt-für-Schritt-Anleitung mit Minimierung des Textes ist als online-Beilage abrufbar ([www.mnu.de](http://www.mnu.de)).

#### 2.5 5. Phase – Kontrollieren

Das Ergebnis wird kontrolliert und bewertet und mit den Anforderungen verglichen. Es wird kontrolliert, ob der Arbeitsauftrag sach- und fachgerecht ausgeführt worden ist. Dies kann in Selbstbewertung oder in der Arbeitsgruppe stattfinden.

Ein erster Drahtschrauber wird durch einen ersten Satz von Fertigungsvorrichtungen probeweise gefertigt und geprüft, ob alle Abmessungen stimmen. Danach erfolgt die Serienproduktion der Vorrichtungen sowie eine Finalisierung der Anleitung.

#### 2.6 6. Phase – Bewerten

Das Ergebnis wird vorgestellt und die eigenen Handlungen reflektiert, um festzustellen, was in Zukunft besser erledigt bzw. optimiert werden kann. Der Vergleich der offenzulegenden Bewertungskriterien von Lernenden und Lehrenden hilft, die entsprechenden Kriterien nachzuvollziehen.

Die Bewertung des Produktes erfolgt hier nicht nur durch die Lernenden und Lehrenden, sondern auch durch die Besucher des Tages der offenen Tür. Die mehrmals durchgeführten Veranstaltungen am Tag der offenen Tür sowie der Einsatz im Unterricht haben gezeigt, dass die wesentlichen Intentionen erfüllt sind. Dennoch haben sich immer wieder Optimierungsmöglichkeiten ergeben, die im Laufe der Zeit umgesetzt wurden. (OTT, 2011)

### 3 Fazit und Ausblick

Der Drahtschrauber ist geeignet, vielfältige Aspekte der Technik bei den Lernenden und bei den Besuchern zu vermitteln. Die zu erreichenden Ziele stellen nur einen Ausschnitt dar:

- Umgang mit Werkzeugen wie LötKolben und Bolzenschneider
- Anwenden der Fertigungsverfahren Umformen, Trennen und Fügen, ggf. Beschichten
- Kennenlernen von Fertigungsvorrichtungen zum exakten Arbeiten und Beschleunigung des Arbeitsprozesses
- Werkstoffeigenschaften beim Biegen von Draht untersuchen
- Arbeitsschritte planen und durchführen
- Technisches Zeichnen anwenden
- Die Arbeit an einer Arbeitsstation ist geprägt durch Monotonie und unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad
- Die einzelnen Arbeitsschritte dauern unterschiedlich lang. Deshalb kann es passieren, dass einzelnen Stationen unter-, andere überfordert sind und der Fluss der Teile stockt. Daraus können sich Vorschläge ergeben, wie der Prozess zu verändern ist, um dies abzustellen.
- Jede Station ist eifrig bemüht, eine möglichst hohe Stückzahl zu produzieren. Die Praxis hat gezeigt, dass dann oft die Qualität leidet (zu lange oder zu kurze Drahtstücke) und das Endprodukt mangelhaft wird.

Das Potential von Objekten aus Draht ist erweiterungsfähig. Neben der Anwendung weiterer Unterrichtsverfahren können die Artefakte auch komplexer werden und bewegliche Elemente erhalten, wie die Abbildung 14 zeigt.

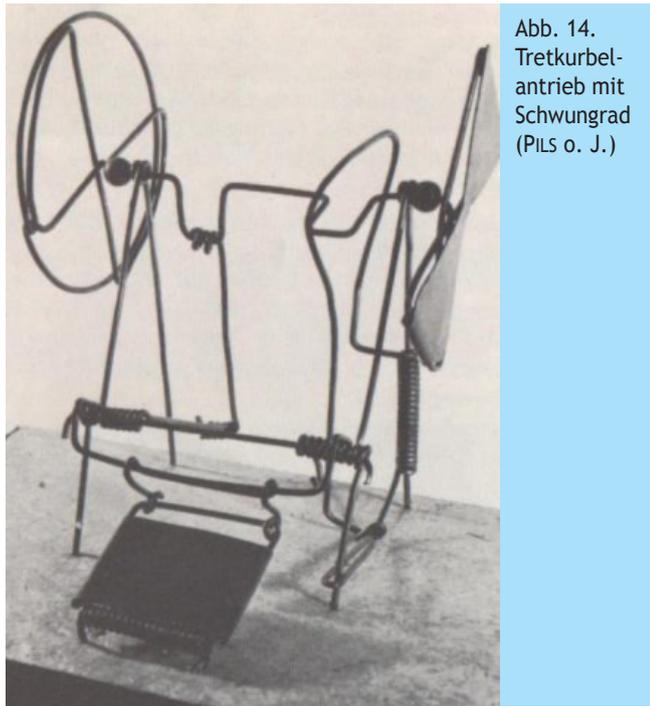


Abb. 14.  
Tretkurbel-  
antrieb mit  
Schwungrad  
(PILS o. J.)

KLOCKE, F. (2017). *Fertigungsverfahren 4 – Umformen*. Berlin: Springer Vieweg.

LACHAPPELLE, C. P., CUNINGHAM, C. M., DAVIS, M. E. (2018). Middle Childhood Education: Engineering Concepts, Practices, and Trajectories. In: M. DE VRIES (eds) *Handbook of Technology Education*. Springer International Handbooks of Education. Springer.

OTT, B. & PYZALLA, G. (2003). Versuchsorientierte Technikunterricht im Lernfeldkonzept. In G. BONZ & B. OTT (Hg.). *Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 117-130.

OTT, B. (2011). *Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehrens*. Berlin: Cornelsen

PILS, W. (o. J.). *ALS Werkstunde Nr. 4 – Maschinen aus Draht*. Frankfurt: ALS-Verlag.



## Literatur

HÖPKEN, G.; OSTERKAMP, S. & REICH, G. (Hg.) (2003). *Standards für eine allgemeine technische Bildung*. Villingen-Schwenningen: Rhein-Neckar-Verlag.

HÜTTNER, A. (2002). *Technik unterrichten*. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel.

Dipl. Ing. ROLAND HIRSCH ist Studienrat im Hochschuldienst an der TU Dortmund im Bereich Ingenieurdidaktik, Otto-Hahn-Str. 6, 44227 Dortmund, [roland.hirsch@tu-dortmund.de](mailto:roland.hirsch@tu-dortmund.de). ■□