

# ERFORSCHENDES UND ENTDECKENDES LERNEN IN TECHNIKWOCHEN

PÄDAGOGISCHE HOCHSCHULE  
FACHHOCHSCHULE NORDWESTSCHWEIZ

STEFAN KRUSE  
CHRISTIAN MATHIS

*Annalies Baier, Joanne Blannin, Rolf Beck, Pete Patrick Bürgy,  
Seamus Delaney, Franziska Detken, Karin Güdel, Ernest Hägni,  
Manuel Haselhofer, Rolf Hergert, Jürg Keller, Alexander Koch,  
Fraenzi Neuhaus, Christine Redman, Beni Sidler, Andreas Stettler,  
Duncan Symons, Joachim Zimmermann*

Das Projekt »Erforschendes und entdeckendes Lernen in Technikwochen« entstand im Rahmen einer Strategischen Initiative der FHNW, wodurch es auch finanziert wurde.

1. Auflage Januar 2019

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52a UrhG: Weder das Werk, noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Heftes befinden sich Verweise (Links) auf Internetadressen. Haftungsnotiz: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Seiten treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail ([p.woehner@klett-mint.de](mailto:p.woehner@klett-mint.de)) davon in Kenntnis zu setzen, damit bei Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Herausgegeben von der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
durch Dr. Stefan Kruse und Prof. Dr. Christian Mathis und Klett MINT GmbH.  
© Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Windisch und Klett MINT GmbH, Stuttgart

**Autoren:** Annalies Baier, Joanne Blannin, Rolf Beck, Pete Patrick Bürgy, Seamus Delaney, Franziska Detken, Karin Güdel, Ernest Hägni, Manuel Haselhofer, Rolf Hergert, Jürg Keller, Alexander Koch, Stefan Kruse, Christian Mathis, Fraenzi Neuhaus, Christine Redman, Beni Sidler, Andreas Stettler, Duncan Symons, Joachim Zimmermann

**Redaktion:** Hanne Lier, Medienwerk Lier, Stuttgart

**Projektkoordination und Herstellung:** Petra Wöhner, Klett MINT

**Gestaltung:** Bettina Herrmann, Stuttgart

**Umschlagabbildung:** Adobe Stock (Syda Productions)

**Druck:** C. Maurer GmbH & Co. KG, Geislingen/Steige

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>LÄNGER BEI DER SACHE IN TECHNIKWOCHEN</b> <i>Stefan Kruse &amp; Christian Mathis</i> .....	7
<b>1.1</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	7
<b>1.2</b>	<b>Was ist Technische Bildung?</b> .....	10
<b>2.</b>	<b>TECHNIKWOCHEN IN KINDERGARTEN UND PRIMARUNTERSTUFE</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Mit Wasserrädern die Energie des Wassers nutzen – Forschend-entdeckendes Lernen zum Thema Energie im 1. Zyklus</b> <i>Franziska Detken</i> .....	15
<b>2.2</b>	<b>Bauen mit Klötzen und Leisten</b> <i>Fraenzi Neuhaus</i> .....	27
<b>2.3</b>	<b>Konstruieren mit Stäben im Kindergarten und auf der Unterstufe</b> <i>Fraenzi Neuhaus</i> .....	34
<b>2.4</b>	<b>»Mit Füßen getreten« – Fächerverbindendes Erschliessen der Terrazzo-Technik</b> <i>Christian Mathis &amp; Rolf Hergert</i> .....	41
<b>2.5</b>	<b>»Kleiner Roboter, grosse Wirkung«</b> <i>Seamus Delanney, Joanne Blannin, Duncan Symons &amp; Christine Redman</i> .....	51
<b>3.</b>	<b>TECHNIKWOCHEN IN DER SEKUNDARSTUFE</b> .....	58
<b>3.1</b>	<b>Tüfteln im problemlösenden Unterricht mit Transistorschaltungen</b> <i>Joachim Zimmermann &amp; Manuel Haselhofer</i> .....	58
<b>3.2</b>	<b>On-the-fly-Beurteilen am Beispiel einer Ausschaltverzögerung</b> <i>Joachim Zimmermann &amp; Manuel Haselhofer</i> .....	68
<b>3.3</b>	<b>Der Zauberfinger – Ein Einblick in die technischen Eigenschaften von Geflechtem und Geweben</b> <i>Annalies Baier &amp; Ernest Hägni</i> .....	75
<b>3.4</b>	<b>Form macht Laut</b> <i>Pete Patrick Bürgy</i> .....	81
<b>3.5</b>	<b>Planung und Bau einer Designer-Stehleuchte – Projekthaftes technisches Arbeiten im historischen Kontext</b> <i>Stefan Kruse</i> .....	90
<b>3.6</b>	<b>Der Armleuchter</b> <i>Andreas Stettler</i> .....	102
<b>3.7</b>	<b>Digitales Gestalten in der Werkstatt – Lichtbild mit Musik</b> <i>Rolf Beck</i> .....	111
<b>3.8</b>	<b>Ein besonderes Stück Schokolade – fächerübergreifender Technikunterricht</b> <i>Karin Güdel &amp; Beni Sidler</i> .....	119
<b>3.9</b>	<b>Vom Musikautomaten zum Roboter</b> <i>Jürg Keller</i> .....	128
<b>3.10</b>	<b>Ausserschulischer Lernort: Das Schiffshebewerk</b> <i>Alexander Koch</i> .....	136
<b>3.11</b>	<b>Der Kabelsalat: Vom Design zum Produkt</b> <i>Ernest Hägni &amp; Beni Sidler</i> .....	142
<b>3.12</b>	<b>Elektromechanische Spielereien</b> <i>Ernest Hägni &amp; Beni Sidler</i> .....	147
<b>4.</b>	<b>ANHANG</b> .....	152
<b>4.1</b>	<b>Literaturangaben</b> .....	152
<b>4.2</b>	<b>Abbildungsnachweis</b> .....	156
<b>4.3</b>	<b>Zu den Autoren</b> .....	157
<b>4.4</b>	<b>Die Herausgeber</b> .....	159



## VORWORT

Das frühe Wecken von Begeisterung und Interesse für Naturwissenschaft und Technik bei Schülerinnen und Schülern ist der Schlüssel zur erfolgreichen Gestaltung unserer zunehmend technisierten Welt. *Erforschendes und entdeckendes Lernen in Technikwochen* möchte einen Beitrag dazu leisten, das Interesse von Schülerinnen und Schülern an technischen Themen zu wecken. Die im Folgenden angebotenen Unterrichtsbeispiele basieren auf spannenden und motivierenden Themenstellungen, die von den Autorinnen und Autoren erprobt und mit Sachinformationen und methodisch-didaktischen Hinweisen zur Förderung der allgemeinen Technischen Bildung aufbereitet wurden.

Natürlich sind die Faktoren für lernwirksamen Unterricht immer vielfältig. Soziokulturelle Aspekte wie die Klassensituation, örtliche Faktoren wie die Ausstattung der Schulen, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aber auch die Haltung, die Einstellung und das fachspezifische Wissen und Können der Lehrpersonen entscheiden maßgeblich über die erfolgreiche Umsetzung von Techniktagen oder -wochen mit.

Die Unterrichtsbeispiele in diesem Buch sollen Anregungen liefern, wie fächerverbindender, technikorientierter, erforschend entdeckender und nachhaltiger Unterricht in Kindergarten, Primar- und Sekundarstufe implementiert werden kann. Auch fachfremd unterrichtende Personen werden in den didaktischen Hinweisen zahlreiche Ratschläge finden, um sich vielleicht doch einmal an das ein oder andere bisher gemiedene Thema zu wagen.

Die einzelnen Themen in diesem Buch sind einerseits unabhängig voneinander umsetzbar, andererseits lassen sie sich teilweise gut kombinieren. Sie sind so angelegt, dass sie unkompliziert und ohne großen materiellen Aufwand in Projekttagen oder auch im regulären Unterricht der obligatorischen Schule durchgeführt werden können. Zu allen Themen finden Sie Bauanleitungen, Versuchsbeschreibungen oder Aufgaben sowie Hinweise zu Methodik oder Medienwahl. Einzelne Teile der Themen oder beiliegende Arbeitsblätter können als Kopiervorlage für den Unterricht verwendet werden.

Das Buch mit seinen vielfältigen Vorschlägen versteht sich nicht als Bildungskonserve, in der fertige Unterrichtsrezepte beliebig adaptierbar sind. Einige Fragestellungen werden individuell durch die Situation in den jeweiligen Klassen zu entwickeln und auszugestalten sein. Außerdem ist die Weiterentwicklung der vorliegenden Konzepte wünschenswert und sinnvoll.

Wir wünschen allen Lehrerinnen und Lehrern viel Freude, Erfolg und Energie bei der Förderung von erforschendem und entdeckendem Lernen in der Technischen Bildung.

*Stefan Kruse & Christian Mathis*

*Schwäbisch Gmünd / Zürich, im Dezember 2018*



# 1 LÄNGER BEI DER SACHE IN TECHNIKWOCHEN

Stefan Kruse & Christian Mathis

## 1.1 AUSGANGSLAGE

Der Begriff *Technikwochen* ist eine Wortschöpfung, wie sie für Schweizer Schulen typisch ist. Spätestens seit den 1980er Jahren gestalten Primar- und Sekundarschulen zusammen oder alleine Themenwochen, in denen sich die ganze Schule einer gemeinsamen Thematik widmet. Im Volksmund werden diese Wochen oft auch »Projektwochen« genannt, obwohl kein projektorientierter Unterricht stattfindet.<sup>1</sup> Viel mehr dominiert ein additiver Zugang zu einer festgelegten Thematik, die aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet oder derer sich mittels unterschiedlicher Zugänge und Methoden genähert wird.

Solche Themenwochen stellen für das gemeinsame Lernen in einer Schule eine grosse Chance dar. Altersübergreifendes Lernen kann dabei stattfinden, genauso wie interessengeleitete Atelierbetriebe, wo sich die Schülerinnen und Schüler entsprechend ihren Neigungen und Interessen in sogenannte Ateliers einschreiben und sich mit der Thematik oft mittels handlungsorientierter Lernarrangements auseinandersetzen.

Genau das ist in der vorliegenden Publikation mit dem Begriff »Technikwoche« gemeint. Schulen sollen sich eine Woche gemeinsam mit »Technik«, technischen Problemlösungen und soziotechnischen Fragestellungen beschäftigen. Dabei können unterschiedlich lange dauernde Lernarrangements zum Einsatz kommen. Wie in den folgenden Beiträgen dargestellt, können diese altersdurchmisch, stufenübergreifend oder klassenorientiert organisiert werden.

Alle in diesem Sammelband vereinten Beiträge lassen sich in einer sogenannten »Technikwoche« einsetzen, kombinieren oder aneinanderreihen. Die Beiträge lassen sich zudem durch den Besuch lokaler, leicht erreichbarer ausserschulischer Lernorte ergänzen. Weiter können externe Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Technik in die Schulen eingeladen werden. Das können spezielle Berufsvertreterinnen und -vertreter sein oder auch (Kunst-)Handwerkerinnen und -handwerker, deren technische Fertigkeiten und technisches Wissen für die Schülerinnen und Schüler heute kaum noch sichtbar und zugänglich ist.

Um die Motivationsspanne der Schülerinnen und Schüler bis zu einer Woche aufrechtzuerhalten, müssen die Lernarrangements für die Schülerinnen und Schüler ansprechend und motivierend gestaltet werden. Dem wird durch einen expliziten Lebensweltbezug, das Erweitern durch Lernsequenzen vor Ort und eine konsequente Handlungsorientierung der Lernarrangements Rechnung getragen.

Alle hier vorgestellten Lernarrangements orientieren sich an einem kompetenzorientierten Lernen im Sinne des Lehrplans 21, speziell der Fachbereiche »Natur, Mensch, Gesellschaft – NMG« und »Textiles und Technisches Gestalten – TTG«. Die vorliegenden Beiträge wurden alle in der Praxis erprobt und durchgeführt. Es ist selbstverständlich, dass die Aufbereitung und das Abfassen solcher Lernarrangements mit Auslassungen, Kürzungen und Verallgemeinerungen einhergehen. Die Praxis muss von professionellen Lehrpersonen situationsentsprechend und schul- sowie schülerinnen- und schüleradäquat gestaltet werden.

<sup>1</sup> Diese Bezeichnung ist sehr kritisch zu hinterfragen, weil in der Didaktik damit projektorientierter Unterricht oder Projektunterricht konnotiert wird. Meistens findet jedoch kein solcher Unterricht statt.

### 1.1.1 BILDUNGSTHEORETISCHE BEDEUTUNG DER TECHNISCHEN BILDUNG

Wir leben im Technotop. Seit der erste Mensch ein Stück Holz zu Hilfe nahm, um Ameisen aus einem hohlen Baumstamm zu holen, mit einem Stein eine Nuss öffnete oder mit einem Knochen eine Wurzel ausgrub, benutzt er technische Hilfsmittel.<sup>2</sup> Auch die heutige Welt ist stark durch Technik und Design geprägt.<sup>3</sup> Funktionale Alltagsobjekte sind Teil unserer Lebenswelt, die wir meist gar nicht mehr wahrnehmen. Selten stellen wir diesbezüglich Sinn- und Wertfragen. Technische Bildung soll genau dies ermöglichen, sie »klärt Sinn- und Wertfragen in Zusammenhang mit der Herstellung, der Gestaltung, dem Gebrauch und der Entsorgung von Produkten«, indem sie »deren kulturelle, historische, technische, ökonomische und ökologische Bedeutung« sowie »Zusammenhänge von technischen und kulturellen Entwicklungen und Produkten« für Kinder und Jugendliche erkennbar macht und ihnen hilft, »dazu Stellung zu beziehen«.<sup>4</sup>

Daneben bietet Technische Bildung den Kindern die Möglichkeit, bei der Lösung technischer Problemstellungen, bei Gestaltungs- oder Designprozessen grundlegende motorische und handwerkliche Fertigkeiten zu erwerben, die sie auch in ausserschulischen, alltagsweltlichen Situationen anwenden können. In diesem Zusammenhang formuliert der Deutschschweizer »Lehrplan 21« für die ästhetisch-funktional gestalterischen Technikfächer folgende Absicht:

»Im Textilen und Technischen Gestalten stellen Kinder und Jugendliche eigenständig persönliche Produkte her. Sie erleben die Auswirkungen ihrer Tätigkeiten unmittelbar, was den emotionalen Bezug zum Produkt fördert. Die Erfahrung, etwas hergestellt und Neues gelernt zu haben, stärkt das Selbstbewusstsein von Kindern und Jugendlichen und lässt sie Selbstwirksamkeit erfahren. Die eigenen Grenzen oder die Grenzen der Machbarkeit zu erkennen, fördert den Realitätsbezug.«<sup>5</sup>

### 1.1.2 FORSCHEND-ENTDECKENDES LERNEN UND FORSCHEND-ENTDECKENDER UNTERRICHT

Angebote aus den Bereichen der Technischen Bildung unterstützen Kinder dabei, ihre Umwelt wahrzunehmen, diese zu erschliessen, sich darin zu orientieren und in ihr handlungsfähig zu werden. Das längerfristige Ziel ist, dass sie ein sachliches Verhältnis zur naturgegebenen und sozial gestalteten Umwelt einnehmen können. Weiter sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Vorstellungen von der technischen Welt und deren Phänomenen weiterentwickeln.

Technikunterricht in den dafür vorgesehenen Fächerverbänden bietet Wissen an, auf das man sich über die aktuelle Situation hinaus verlassen kann. Dieses belastbare Wissen dient der verlässlichen Verständigung in der Gegenwart und ist die Grundlage für den Erwerb neuen Wissens, welches notwendig ist für die Gestaltung der zunehmend technisierten Welt. Technische Kernkonzepte sollen mit Dimensionen lebensweltlicher Erfahrung verbunden werden.<sup>6</sup>

2 Hessler, 2012.

3 »Design stellt die Qualität des Prozesses und die gestalterische Auseinandersetzung mit Funktionen und Formen in den Vordergrund. Technik umfasst alle menschlichen Tätigkeiten, die sich mit der Herstellung, mit dem Gebrauch, der Bewertung und der Entsorgung von technischen und textilen Produkten befassen«, vgl. <http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|7|2> (7.3.2018).

4 <http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|7|2> (7.3.2018).

5 <http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|7|2> (7.3.2018).

6 Kahlert, 2011, S. 487 ff.



Das didaktische Konzept *Forschen und Entdecken* ist nicht neu. Es verweist auf bekannte Namen wie John Dewey (1859–1952) oder Georg Kerschensteiner (1854–1932).<sup>7</sup> Etymologisch lässt sich das Wort *forsca* zurückführen. *Forschen* bezeichnet in den Naturwissenschaften methodisch kontrolliertes und zielorientiertes Handeln.<sup>8</sup> Für Huber zeichnet sich »Forschendes Lernen [...] vor anderen Lernformen dadurch aus, dass die Lernenden den Prozess eines Forschungsvorhabens [...] in seinen wesentlichen Phasen – von der Entwicklung der Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbstständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit in einem übergreifenden Projekt – (mit)gestalten, erfahren und reflektieren.«<sup>9</sup>

Höttecke spricht dabei von einem *Unterrichtsverfahren*, das er folgendermassen charakterisiert: Lernende gehen von (selbst)gestellten Fragen oder Problemen aus. Sie explorieren Probleme oder Phänomenbereiche und entwickeln und planen auf dieser Basis eigene Untersuchungen, führen Beobachtungen und Experimente durch. Ihre Messergebnisse stellen sie sachgerecht dar, analysieren und diskutieren diese. Zudem erschliessen sie sich weitere Informationsquellen. Lernende erklären Phänomene und lösen Probleme im Lichte bereits bekannten Wissens. Weiter treffen sie begründete Vorhersagen und kommunizieren über ihre Vorgehensweisen und Resultate. Schliesslich generieren sie neue Fragen und Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren.<sup>10</sup>

Im Rahmen des *entdeckenden* Lernens werden bestimmte Formen von Lernprozessen mithilfe bestimmter *Lehrmethoden* über entsprechend gestaltete Lernumgebungen ermöglicht. Das Ziel dabei ist, subjektiv bedeutsames und anwendbares Wissen aufzubauen und selbstständiges und kreatives Handeln zu fördern.<sup>11</sup> Entdeckendes Lernen bezeichnet also ein *methodisches Prinzip*.

Im *Akt der Entdeckung* wird etwas Gegebenes von den Lernenden je neu arrangiert oder transformiert. In der aktiven Auseinandersetzung erkennen sie dabei neue Ordnungen oder Beziehungen. Für Jérôme Bruner ist das Entdecken damit die Grundlage für abstrahierende Lernprozesse.<sup>12</sup> Von forschend-entdeckendem Lernen erhofft man sich eine höhere kognitive Herausforderung, die Förderung der intrinsischen Motivation, das Erlernen heuristischer Verfahren und eine grössere Behaltensleistung.<sup>13</sup>

Es ist falsch, dass forschend-entdeckendes Lernen *per se* offene Unterrichtsformen impliziert. Vielmehr kann es hinsichtlich verschiedener Dimensionen (z. B. der Strukturierung, Lenkung, sozialen Organisation des Lernens, der Dauer und des zeitlichen Bogens) unterschiedliche Öffnungsgrade aufweisen.<sup>14</sup>

Forschend-entdeckendes Lernen bewegt sich im »Spannungsfeld« zwischen den Erfahrungen der Kinder einerseits und den (inhaltlichen und methodischen) Angeboten der Fachwissenschaften andererseits. Dabei ist das Verhältnis dialektisch zu verstehen. Das Lernen wird durch die Dialektik zwischen eigener Vorerfahrung und dem »Neuen«, Fachlichen charakterisiert. Eine »gleichwertige und wechselseitige Berücksichtigung [...] ist konstitutiv für den Sachunterricht« resp. Technikunterricht.<sup>15</sup>

7 Bell, 2007.

8 Höttecke, 2012.

9 Huber, 2009.

10 Höttecke, 2010. Auch Unterrichtskonzepte wie offener Unterricht, problemorientierter Unterricht oder Projektunterricht weisen ähnliche Charakteristiken auf wie das forschend-entdeckende Lernen. Die Konzepte sind schwer voneinander abgrenzbar. Vgl. Labudde & Börlin, 2012.

11 Hartinger & Lohrmann, 2011.

12 Bruner, 1981.

13 Bruner, 1981.

14 Neber, 2008.

15 GDSU, 2013, 10.

### 1.1.3 FÄCHERVERBINDENDER, MULTIPERSPEKTIVISCHER UNTERRICHT

Eine weitere Chance für bildungswirksamen Unterricht in Technikwochen resultiert aus dem fächerübergreifenden bzw. multiperspektivischen Lernen. Denn über »eine multiperspektivische Betrachtung wird es möglich, mehrere Blicke von verschiedenen Seiten auf die Gegenstände zu richten und dabei zu erkennen, dass das Bild, das dabei entsteht, abhängig ist vom Standpunkt, der jeweils eingenommen wird. Es wird dabei sogar deutlich, dass erst die Perspektive

den Gegenstand der Betrachtung konstituiert.«<sup>16</sup> In einem so verstandenen und konzipierten Unterricht sollten die Fächer »nicht getrennt und unabhängig voneinander« gedacht werden. Der Unterricht in Technikwochen sollte die den Fächern »zugeordneten Inhalte und Methoden sinnvoll miteinander vernetzen, um übergreifende Zusammenhänge erfassbar und damit auch für Normen- und Wertfragen zugänglich zu machen.«<sup>17</sup>

## 1.2 WAS IST TECHNISCHE BILDUNG?

Technische Bildung wurde seit jeher nicht als abgeschlossener Bereich gesehen. Vielmehr steht sie stets zwischen verschiedenen Feldern und im Bezug zu den jeweiligen Schulfächern. Grundsätzliche Merkmale der Technik verdeutlichen deren Bezug einerseits zur Natur und andererseits zum Menschen. Technik lässt sich also in einem Wirkungsgefüge verschiedener Disziplinen ansiedeln, wobei die Technik zwischen dem Menschen und der Natur steht und eine Wechselwirkung von Wissen(schaft) und Handwerk bedingt.<sup>18</sup>

Technik lässt sich also als Bestandteil sowohl der objektiven als auch der selbst geschaffenen Umwelt des Menschen sowie als Grundlage seiner individuellen und gesellschaftlichen Existenz zusammenfassen. Das bedingt eine enge Verzahnung zwischen Naturwissenschaft und Technik. Übertragen auf die Arbeitswelt bedeutet dies, dass Expertinnen und Experten verschiedener Disziplinen in modernen Forschungs- und Produktionsteams eng zusammenarbeiten, da naturwissenschaftliche Forschungs- und Entwick-

lungsarbeit einerseits auf technische Geräte und Systeme angewiesen ist, aber andererseits die Entwicklung von technischen Geräten, Systemen und Werkzeugen (Artefakten) nur dank neuer Erkenntnisse der Naturwissenschaften möglich ist. Übertragen auf die allgemeine Technische Bildung in der obligatorischen Schule bedeutet dies, dass, basierend auf einer Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzen, technische und naturwissenschaftliche Inhalte aus multiperspektivischer Sichtweise behandelt werden sollten.

Eine zeitgemäße Technische (Allgemein-)Bildung mit der Einbindung in das curriculare System müsste also die oben genannten Merkmale von Technik berücksichtigen. Wie in den folgenden Beiträgen beschrieben ist es möglich, Technik in einer eigens dafür vorgesehenen Unterrichtseinheit (im Idealfall in einem eigenen Schulfach) oder in einer Kombination verschiedener Fachinhalte in einem Fächerverbund – oder eben wie hier in diesem Buch angedacht: in Technikwochen – zu unterrichten.<sup>19</sup>

<sup>16</sup> Duncker, 2005, 10.

<sup>17</sup> GDSU, 2002, 3.

<sup>18</sup> Wolffgramm, 2002.

<sup>19</sup> Graube, 2015, 100–113.

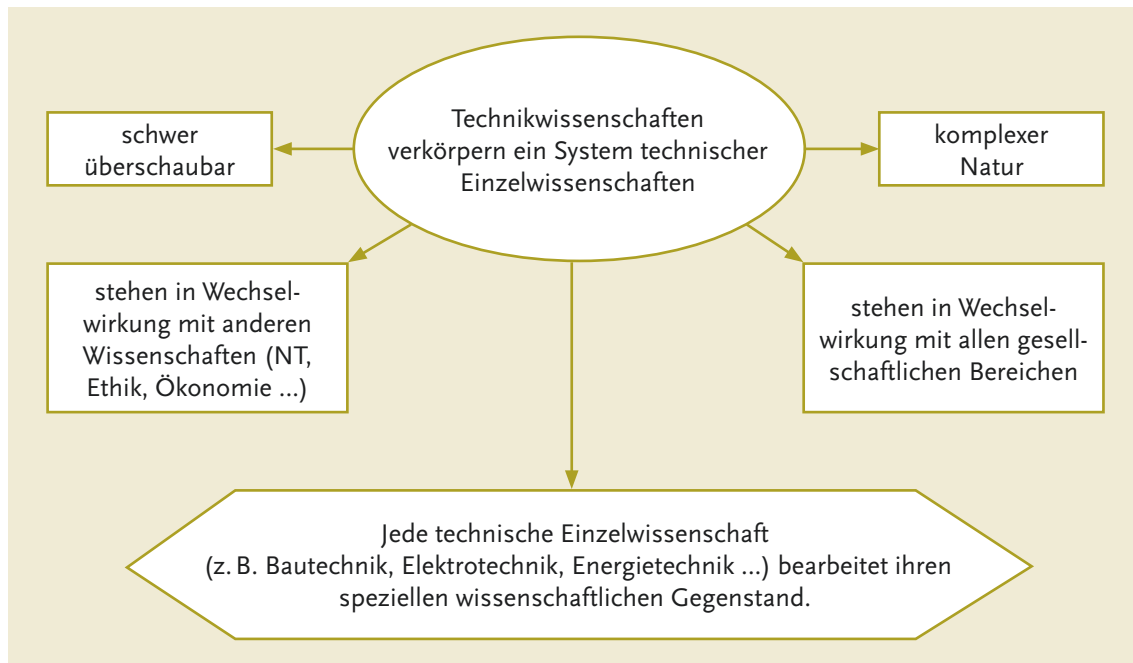


Abbildung 1: Systemcharakter der Technikwissenschaften<sup>20</sup>

### 1.2.1 KOMPETENZORIENTIERUNG BEIM TECHNISCHEM LERNEN

Zur Identifikation der Ziele einer allgemeinen Technischen Bildung sind ebenjene mit allgemeinbildender Charakteristik von besonderer Bedeutung. Generell sind diese Ziele auf sach- und soziotechnische Kompetenzen bezogen, also

auf spezifische Denk-, Handlungs- und Bewertungsfähigkeiten.<sup>21</sup> Bei der Umsetzung möglicher Kompetenzen lassen sich folgende Bereiche zugrunde legen:

Kompetenzbereich	Inhaltsbereich
Technik verstehen	Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
Technik konstruieren und herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen
Technik bewerten	Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen

Tabelle 1: Kategorisierung nach dem Verband Deutscher Ingenieure (VDI, 2007)

<sup>20</sup> Nach Hüttner, A. (2009). Technik unterrichten, Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten.

<sup>21</sup> Schlagenhauf, 2015, 5–11. Der Lehrplan 21 spricht von sogenannten Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, vgl. <https://v-fe.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|3> (4.6.2018).

## 1 LÄNGER BEI DER SACHE IN TECHNIKWOCHEN

Die inhaltliche Ausrichtung möglicher Themen in Primar- und Sekundarstufe lässt sich im Kontext der Kategorisierungen nach der mehrperspektivischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweise ausrichten.

Nähere Ausführungen zur Kompetenzorientierung finden sich im Abschlussbericht »Erfolgsfaktoren Technischer Bildung« der FHNW.

Kompetenzbereich	beispielhafte Inhaltsbereiche
Perspektive technikbezogener Fähigkeiten und Fertigkeiten (Handlungsperspektive)	z. B. Merkmale bekannter technischer Sachsysteme und Prozesse beschreiben
Perspektive technischer Kenntnisse und sachstruktureller Einsichten (Kenntnis- und Strukturperspektive)	z. B. für ein gegebenes technisches Problem eine einfache Lösung unter Anleitung sach- und sicherheitsgerecht fertigen
Perspektive der Bedeutung und Bewertung der Technik (Bedeutungs- und Bewertungsperspektive)	z. B. vorgegebene Bewertungen von Technik und deren Kriterien nachvollziehen
Perspektive vorberuflicher Erfahrungen und Orientierung (vorberufliche Orientierungsperspektive)	z. B. Auswirkungen von technischen Entwicklungen auf berufliche Strukturen und deren persönliche Bedeutung erfassen

**Tabelle 2:** Kategorisierung nach dem mehrperspektivischen Ansatz (Sachs, 2001; Schmayl, 2013)

### 1.2.2 METHODEN IN DER TECHNISCHEN BILDUNG

Die grundlegenden Methoden des Technikunterrichts vermitteln Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen. Dabei sind sie in zweifacher Funktion von Bedeutung. Einerseits erschließt das Vorgehen nach bestimmten Methoden einen von der gewählten Methode beeinflussten Ausschnitt des bearbeiteten Inhalts (Inhaltsorientierung). Andererseits können durch die Auswahl bestimmter Inhalte Methodenkenntnisse vermittelt werden (Methoden- bzw. Prozessorientierung).

In der sich rasch verändernden technischen Welt ist es notwendig, besonders auch die Methodenkompetenz zu stärken. Da Methoden und Inhalte nicht voneinander zu trennen sind, ist die Auswahl der Inhalte von Bedeutung. Dies gilt auch dann, wenn die Beherrschung von Methoden zum Inhalt des Unterrichts erklärt wird. Je nach didaktischem Ansatz stehen die Inhalte oder die Methoden im Vordergrund. Zweck- und zielgerichtete Technische Bildung ist in der Lage, techniktypische, finalorientierte Methoden, die der

Bewältigung von technischen Problemsituationen und einer Orientierung in einer technisierten Welt dienen, zu vermitteln.

Erforschendes und entdeckendes Lernen verlangt, sich mit grundlegenden Methoden und Entwicklungsprinzipien der Technischen Bildung auseinanderzusetzen, sich diese anzueignen und sie anzuwenden. Das bewusste Erlernen von Lösungswegen und Lösungsmethoden in konkreten Problemsituationen ist bedeutsamer als das Ergebnis. Auf diese Weise werden nicht nur wesentliche Schlüsselqualifikationen und Kompetenzen erworben, sondern auch grundlegende Voraussetzungen dafür geschaffen, dass effektiv gelernt werden kann.

Aneignungsgegenstand ist sowohl der technische Sachverhalt als auch der Weg, der mithilfe der Methoden des Problemerkennens und -lösens zu einer Problemlösung und zu neuen Erkenntnissen führt. Die Ausprägung von Methodenkompetenz schließt das Erlernen von Strategien des

Problemerkennens und Problemlösens in konkreten Anforderungssituationen ein. Diese ermöglichen es den Lernenden, bei ihrer Nutzung sich Wissen anzueignen, selbstständig Lösungs-ideen zu finden, systematisch Lösungswegen zu gelangen und Denkspielräume zu gewähren. Werden Problemlösestrategien hinsichtlich ihrer Elemente analysiert, so lassen sich die beiden grundlegenden Etappen »Problemerkennen« und »Problemlösen« aufzeigen. Methodenkompetenz lässt sich daher durch folgende Merkmale definieren:

- Fixieren von Zielen,
- Entwickeln von Problemlösungsstrategien,
- analogisieren, variieren, kombinieren, bewerten, modellieren und optimieren,
- Auswählen geeigneter Methoden des Problemerkennens und -lösens,
- zielgerichtetes und systematisches Vorgehen,
- selbstständiges Gewinnen, Strukturieren und Auswerten von Informationen.

Diese Handlungen stehen eng im Zusammenhang mit bedeutsamen Komponenten der Kreativität, z. B. Problemsensibilität, Problemvariabilität, Vorausschau, Analogiefähigkeit, Bewertungsfähigkeit oder Flexibilität. Durch die unterrichtliche Einbeziehung dieser Tätigkeiten kann technische Kreativität gefördert werden. Außerdem sind sie notwendige Elemente von Erfindungs- bzw. Problemlösungsprozessen. Die Voraussetzung für eine Einbindung ist jedoch eine geeignete didaktische Aufbereitung bzw. methodische Integration in das Unterrichtsgeschehen.

### 1.2.3 AUFGABEN IN DER TECHNISCHEN BILDUNG

»Anspruchsvolle, kognitiv aktivierende Aufgaben«, so der Lehrplan 21, »stellen wichtige Lerngelegenheiten dar und berücksichtigen die vier NMG-spezifischen Handlungsaspekte: Die Vielfalt der Welt wahrnehmen, sich bedeutsame Phänomene, Sachen und Situationen erschliessen, sich in der Welt orientieren und darin kompetent und verantwortungsvoll handeln.

Gute Lernaufgaben ermöglichen dabei die vertiefende Auseinandersetzung mit fachspezifischen Inhalten.«<sup>22</sup> Die Lehrperson soll je nach Zielsetzung eine fächerverbindende oder domänenspezifische Zugangsweise auswählen. Produktive Lernaufgaben zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- setzen bei einer Frage mit aktuellem, lebensweltlichem Bezug oder mit der Begegnung einer interessanten Sache an;
- ermöglichen aktives und entdeckendes Lernen;
- lassen Raum für Mitbestimmung und eigene Steuerung bei Lerninhalten und Lernwegen;
- fordern auf, ihre Erkenntnisse in unterschiedlichen Formen festzuhalten und zu dokumentieren, selber zu erzählen, zu erklären;
- regen zu Stellungnahmen, Beurteilungen oder Handlungen an;
- ermöglichen das Nachdenken und die Reflexion über die Welt;
- fördern das eigene Entwickeln, Gestalten und die Mitwirkung bei Vorhaben.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> <http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|3> (4.6.2018).

<sup>23</sup> ebd.

Die folgenden Beispiele für Unterricht in Technikwochen basieren auf den genannten Grundlagen. Sie sollen anregen, Technische Bildung in der Primar- und Sekundarstufe zu fördern. Durch den strukturierten Aufbau sollen auch fachfremd unterrichtende Lehrpersonen motiviert werden, die Schülerinnen und Schüler in *Technikwochen* – wie oben beschrieben – für technische Inhalte zu begeistern und Berührungspunkte abzubauen.

Es ist uns gelungen, Expertinnen und Experten aller Schulstufen und Fächer aus dem Bereich der Technischen Bildung zusammenzubringen. Ein besonderer Dank gilt den Autorinnen und Autoren für ihre kreativen und spannenden Lernarrangements und Umsetzungsbeispiele, für deren inhaltliche Qualität sie verantwortlich zeichnen.

## 2 TECHNIKWOCHEN IN KINDERGARTEN UND PRIMARUNTERSTUFE

### 2.1 MIT WASSERRÄDERN DIE ENERGIE DES WASSERS NUTZEN – FORSCHEND-ENTDECKENDES LERNEN ZUM THEMA ENERGIE IM 1. ZYKLUS

*Franziska Detken*

Energie – ein trockenes Thema? In diesem Lernarrangement rund um die Energie des Wassers und das Wasserrad als Energiewandler bleibt es gewiss nicht trocken! Die Kinder erfahren durch

die Konstruktion eines eigenen Wasserrades, wie die Energie des Wassers am besten genutzt werden kann. Für dieses Lernarrangement sollte rund eine halbe Woche eingeplant werden.

#### 2.1.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGE DER THEMATIK

Energie ist ein Schlüsselthema unserer Zeit: In den Naturwissenschaften zählt Energie zu den Grundkonzepten, welche das Verständnis ganz unterschiedlicher Phänomene erleichtern. Darüber hinaus hat die Energie eine grosse ökonomische und gesellschaftliche Bedeutung. Daher findet Energie als Unterrichtsthema insbesondere für jüngere Schülerinnen und Schüler mehr und mehr Beachtung, was sich auch in verschiedenen Bildungsplänen zeigt. Der Schweizerische Lehrplan 21 widmet dem Energiekonzept im Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG) eine eigene Kompetenz (NMG.3.2). Die Auseinandersetzung mit dem Thema Energie beginnt dabei im 1. Zyklus, also ab dem Kindergarten.

##### **Energie, Energieformen, Energieumwandlungen, Energieträger, Energiewandler**

Doch was ist Energie – und ist das nicht zu abstrakt für jüngere Schülerinnen und Schüler? Es ist tatsächlich nicht einfach, sich ein Bild von der Energie zu machen, denn Energie an sich ist nichts Stoffliches, Greifbares oder mit den Sinnen Wahrnehmbares. Aber Energie macht sich durch Veränderungen bemerkbar, und diese sind im Alltag vielfältig vorhanden und oft gut wahr-

nehmbar: Ein losgelassener Ball fällt zu Boden und springt wieder hoch, eine Taschenlampe leuchtet, nach dem Konsum eines Energieriegels kommt man wieder zu Kräften. All diese Veränderungen sind nur möglich, weil der Ball, die Taschenlampe oder der Riegel Energie haben. Allgemein kann man sagen: *Mit Energie kann man etwas tun; immer, wenn sich etwas verändert, ist Energie im Spiel.*

Energie hat verschiedene Erscheinungsformen und kann zwischen diesen Formen umgewandelt werden: Ein hochgehobener Ball hat *Lageenergie*. Fällt er, hat er *Bewegungsenergie*. Beim Aufprall auf dem Boden verformt er sich und hat *Spannenergie*. Die Batterie der Taschenlampe hat *chemische Energie*. Beim Schliessen des elektrischen Stromkreises wird daraus *elektrische Energie* und die Glühlampe (Glühbirne) wandelt diese in *Strahlungsenergie* und *thermische Energie* um: es wird hell und warm. Der Energieriegel zum Essen besitzt ebenfalls chemische Energie, die in den Zellen gespeichert werden kann und die man anschliessend beispielsweise zum Rennen (Bewegungsenergie) oder zum Treppensteigen (Lageenergie) einsetzen kann.

## 2 TECHNIKWOCHE IN KINDERGARTEN UND PRIMARUNTERSTUFE

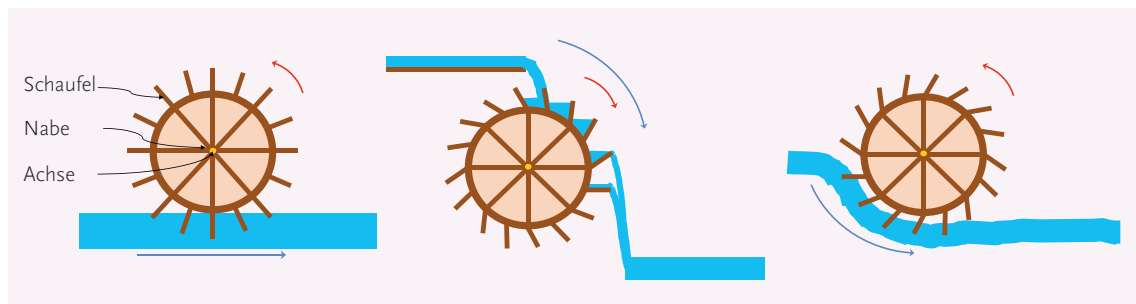
Gegenstände wie den Ball oder die Batterie, die Energie haben, nennt man *Energieträger* oder *Energiequellen*. Gegenstände wie die Glühlampe, welche eine Energieform in eine andere umwandeln, nennt man *Energiewandler*.

### Wasserräder

Wasser ist ein wichtiger Energieträger. In der Schweiz wird ca. 56% der elektrischen Energie mithilfe von Wasser zur Verfügung gestellt (Stand 2017).<sup>24</sup> Dabei wird die Bewegungsenergie des fließenden Wassers mittels Turbinen zum Antrieb von Generatoren genutzt. Auch die Lageenergie des Wassers spielt mit hinein, denn damit Wasser strömt, braucht es ein Gefälle. Turbine und Generator sind Energiewandler, welche die Bewegungsenergie des Wassers in Form von elektrischer Energie nutzbar machen. In früheren Zeiten wurde die Bewegungsenergie des Wassers mit Wasserrädern auf damit gekoppelte Maschinen, z. B. Sägewerke, Hammerwerke oder Mühlen, übertragen und so genutzt.

Es gibt verschiedene Bauformen von Wasserrädern. Allen gemeinsam ist der Aufbau aus drei Grundelementen, und zwar der *Achse*, der *Nabe* und den *Schaufeln* (vgl. Abb. 2). Man unterscheidet das *unterschlächlige*, *oberschlächlige* und *mittelschlächlige* Wasserrad (Abb. 2–4).

Verschiedene Faktoren beeinflussen, wie schnell sich ein Wasserrad dreht. Zum einen kommt es darauf an, wo das Wasser auf die Schaufeln trifft: Weiter weg von der Drehachse führt die gleiche Kraft zu einer grösseren Drehwirkung (Hebelgesetz). Unten am Wasserrad kann nur die Bewegungsenergie des Wassers genutzt werden. Oben am Wasserrad kommt über den Höhenunterschied noch die Lageenergie dazu. Auch die Bauweise des Wasserrads (z. B. Anzahl und Form der Schaufeln) und die Lagerung (Reibungsverluste) haben einen Einfluss.



**Abbildung 2:** Beim unterschlächtigen Wasserrad trifft das Wasser unterhalb der Nabe auf die Schaufeln. Es wird die Bewegungsenergie des Wassers genutzt, das Wasser sollte also möglichst schnell fließen.

**Abbildung 3:** Beim oberschlächtigen Wasserrad trifft das Wasser oberhalb der Nabe auf die Schaufeln. Das Rad bewegt sich aufgrund der Schwerkraft des Wassers; die Lageenergie des Wassers wird genutzt. Hier sollte also ein möglichst grosser Höhenunterschied vorhanden sein.

**Abbildung 4:** Das mittelschlächlige Wasserrad nutzt sowohl Bewegungs- als auch Lageenergie des Wassers.

### 2.1.2 BESCHREIBUNG DER AUSGANGSLAGE UND DES THEMAS

Für Kinder ist gut fassbar, dass in Wasser Energie steckt: Fließendes Wasser spritzt, drückt gegen Hände oder Füße, nimmt Gegenstände, den eigenen Körper oder auch Schmutz mit und kann,

z. B. bei einem Unwetter, zerstörerisch wirken. An diese Alltagserfahrungen kann gut angeknüpft werden, um Kindern das Thema Energie näher zu bringen.

<sup>24</sup> Quelle Bundesamt für Energie <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de> (7.6.2018)



Dieses Lernarrangement hat drei Schwerpunkte:

1. Wasser hat Energie. Ein selbst gebautes Wasserrad dient dazu, die Bewegungsenergie des Wassers sichtbar zu machen: Je schneller sich das Wasserrad dreht, desto mehr Bewegungsenergie wurde übertragen.  
*Ziel: Erkennen und Vertiefen, dass bewegtes Wasser Bewegungsenergie hat, welche auf den eigenen Körper oder Gegenstände wie das Wasserrad übertragen werden kann.*
2. Durch das Konstruieren, Ausprobieren und Verbessern ihres Wasserrads setzen sich die Kinder mit einem typischen Energiewandler modellhaft auseinander. Dadurch können sie einen ersten Eindruck davon bekommen, wie die Energie des Wassers genutzt wird und wie technische Konstruktions- und Optimierungsprozesse ablaufen.  
*Ziel: Durchlaufen eines Konstruktionsprozesses.*

3. Beim Untersuchen von Wasserrädern wird in altersgerechter Form das wissenschaftliche Arbeiten geübt. Dabei stehen die Frage »Woran liegt es?«, das faire Vergleichen<sup>25</sup> verschiedener Varianten und das Erkennen einfacher Zusammenhänge im Vordergrund.  
*Ziel: Untersuchen und Erkennen von einfachen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, z. B.: Je tiefer das Wasser fällt, desto schneller dreht sich das Wasserrad; je mehr Schaufeln das Wasserrad hat, desto schneller dreht es sich.*

Das Lernarrangement kann als eigenständiges »Technikprojekt« in einer Technikwoche und/oder in Ergänzung zur Lerneinheit »Energie«<sup>26</sup> durchgeführt werden. Es sollten mindestens drei Halbtage eingeplant werden.

### 2.1.3 VERANKERUNG DER THEMATIK IM LEHRPLAN / KOMPETENZBEZUG

- NMG.3.2.a: können Prozesse der Energieumwandlung wahrnehmen und darüber sprechen. *Hier: Lageenergie in Bewegungsenergie; Transfer von Bewegungsenergie; z. B. je mehr Fallhöhe oder je mehr Strömung, desto schneller dreht sich das Rad;*
- NMG.3.1.a: können Objekte auf verschiedene Arten in Bewegung bringen und über die Unterschiede sprechen. *Hier: Ein Wasserrad antreiben. Erweitert: mithilfe des Wasserrads etwas anderes in Bewegung bringen;*
- NMG.5.1.a: können durch Spielen und Ausprobieren entdecken und beschreiben, wie Alltagsgeräte technisch aufgebaut sind und funktionieren;
- NMG.5.1.b: können spielerisch und modellartig technische Geräte und Anlagen nachkonstruieren und dabei Vermutungen zu Konstruktion und Funktion anstellen sowie reale Beispiele suchen und beschreiben;

- TTG.2.A.3.a: können in einem Prozess angeleitete Schritte mit eigenen Ideen verbinden; können individuelle Produkte unter vorgegebenen Bedingungen und mit Unterstützung herstellen.

Zum Gebrauch der Fachsprache ist anzumerken, dass es im ersten Zyklus in erster Linie um das Wahrnehmen und Beschreiben von Energieumwandlungsprozessen geht. Die beobachteten Phänomene und Zusammenhänge können mit einfachen Floskeln wie »je ... desto ...«, »immer/nur, wenn ...« in Worte gefasst werden; im Prinzip auch ohne den Begriff »Energie« zu verwenden. Beispiele: »Je höher ich die Giesskanne halte, desto schneller dreht sich das Wasserrad.« Oder: »Nur wenn sich das Wasser bewegt, bewegt sich auch das Wasserrad.« Der Begriff »Energie« und die Energieformen werden spätestens im zweiten Zyklus eingeführt.

<sup>25</sup> Als »fairer Vergleich« wird ein Vergleich angesehen, bei dem alle Bedingungen ausser der interessierenden gleich gelassen werden. Möchte man beispielsweise den Einfluss der Anzahl der Schaufeln auf die Drehgeschwindigkeit feststellen, wird ein Wasserrad mit z. B. 3 Schaufeln mit einem mit z. B. 4 Schaufeln verglichen, während die übrigen Parameter des Wasserrads und die Wasserzufuhr nicht verändert werden.

<sup>26</sup> Lehrmittel NaTech. 1/2: Natur und Technik, Katrin Bölsterli Brandy. Lehrmittelverlag, Schulverlag plus 2017

### 2.1.4 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE ZU EINER MÖGLICHEN UNTERRICHTSSEQUENZ

#### Einstimmen

Wo kommt Wasser, insbesondere fließendes Wasser, vor? Was kann fließendes Wasser bewirken? Die Kinder tauschen ihre Erfahrungen aus: Strömung im Fluss, am Meer, Toilettenspülung, Wasserräder. Es können auch Bilder von Wasserrädern, historischen Anlagen oder Wasserkraftwerken gezeigt werden. *Fazit:* Fließendes Wasser kann Dinge in Bewegung bringen – Wasser hat Energie, und diese Energie kann man z. B. mithilfe eines Wasserrads nutzen.

#### Bau eines eigenen Wasserrads

Für die Konstruktionsaufgabe »Wasserradbau« wird ein problemorientierter Zugang gewählt: Die Kinder sollen aus den zur Verfügung gestellten Materialien frei ein Wasserrad konstruieren, welches sich drehen kann (Abb. 5). Dazu lernen die Kinder anhand eines Beispiels die drei wichtigsten Elemente eines Wasserrads (Schaufel, Nabe, Achse; vgl. Abb. 2) und die entsprechenden Begriffe kennen (*Tipp: Tafelbild mit Begriffen verwenden*). Die Lehrperson bespricht mit ihnen, welche Materialien und Werkzeuge für welche Bauelemente geeignet sind.



**Abbildung 5:** Konstruieren eines Wasserrads mit Schaufeln aus Holzspateln, einer Styroporkugel als Nabe und einem Holzspieß als Achse.

#### Freies Explorieren, Erkunden und Verbessern der Wasserräder

Die Kinder testen ihre selbstgebauten Wasserräder und können dabei erste Entdeckungen machen (Abb. 6–8): Dreht sich das Rad überhaupt? Wenn nein, woran könnte es liegen? Wo muss das Wasser auftreffen, damit sich das Rad

dreht? In welche Richtung dreht es sich unter dem Wasserhahn? Wie kann man die Richtung wechseln? Wie kann das Rad stabiler gemacht werden? Was könnte man tun, damit es sich besser dreht? Zum Abschluss dieser Sequenz können die verschiedenen Konstruktionen bestaunt und verglichen sowie der Konstruktionsprozess reflektiert werden.



**Abbildung 6:** Lagerung aus zwei Lochleisten, welche in Backsteine gesteckt wurden. Hier dreht sich das Wasserrad nicht, weil das Wasser in der Mitte auftrifft.



**Abbildung 7:** Nicht alle Konstruktionen funktionieren auf Anhieb – doch daraus lernt man beispielsweise, dass es auch auf die Stellung der Schaufeln ankommt.



**Abbildung 8:** Festhalten und Reflektieren des Konstruktionsprozesses

Eine Exkursion zu einem Bach bietet noch weitere Entdeckungsmöglichkeiten (Abb. 9–11): Hält das Wasserrad der Strömung stand? Wo kann es sich überhaupt drehen und wo nicht (Bachtiefe)? Wie kann das Rad gelagert werden? Dreht sich das Wasserrad in die gleiche Richtung wie am Wasserhahn? Dreht es sich, wenn es ganz eingetaucht oder mit der Achse parallel zur Strömung orientiert ist? Wie fühlt sich das strömende Wasser mit den Händen an?

Am Bach können die Kinder die Rolle des Wassers als Energieträger bewusst erleben: Dort, wo das Wasser schnell fließt (sichtbar an der Wasseroberfläche bzw. spürbar mit den eigenen Händen, Abb. 9 und 11), also viel Bewegungsenergie hat, dreht sich das Wasserrad schneller als an Stellen mit weniger Strömung. Die Kinder beobachten auch, dass sich verschiedene Wasserräder an der gleichen Stelle im Bach unterschiedlich schnell drehen. Wie gut nämlich das Wasserrad als Energiewandler die Energie des Wassers nutzen kann, hängt von seiner Konstruktion, aber auch seiner Lagerung ab.



**Abbildung 9:** Mit den Händen spüren die Kinder, welchen Einfluss die Orientierung der Schaufeln hat.



**Abbildung 10:** Wie dreht sich das Wasserrad? Wie kann man es lagern?



**Abbildung 11:** Wo im Bach dreht sich das Wasserrad schnell, wo langsam? Kann man es dem Wasser ansehen, wie schnell sich das Wasserrad drehen wird?

Diese beiden Aspekte, nämlich 1) die Rolle des Wassers (d.h. Fokus auf den Energieträger) und 2) die Rolle der Bauweise bei der Bewegung des Wasserrads (d.h. Fokus auf den Energiewandler), werden anschliessend je nach Zeitbudget systematischer untersucht, um einfache Zusammenhänge herauszuarbeiten (»je...desto...«). Methodisch steht hierbei in altersgerechter Weise das Experimentieren im Vordergrund, insbesondere die Kontrolle der Variablen – was für den ersten Zyklus (Kindergarten bis 2. Jahr der Primarstufe) ein anspruchsvolles Thema ist. Um den Einfluss von störenden Faktoren möglichst zu eliminieren, sollte mit sehr einfachen und stabilen Wasserrädern gearbeitet werden, z.B. Schwimmnudel mit Holzstäben oder Plastiklöffeln. (Rechteckige Querschnitte der Nabe und elastische Schaufeln sind weniger geeignet.)

### 1. Rolle des Energieträgers Wasser (vgl. Forscherauftrag 1)

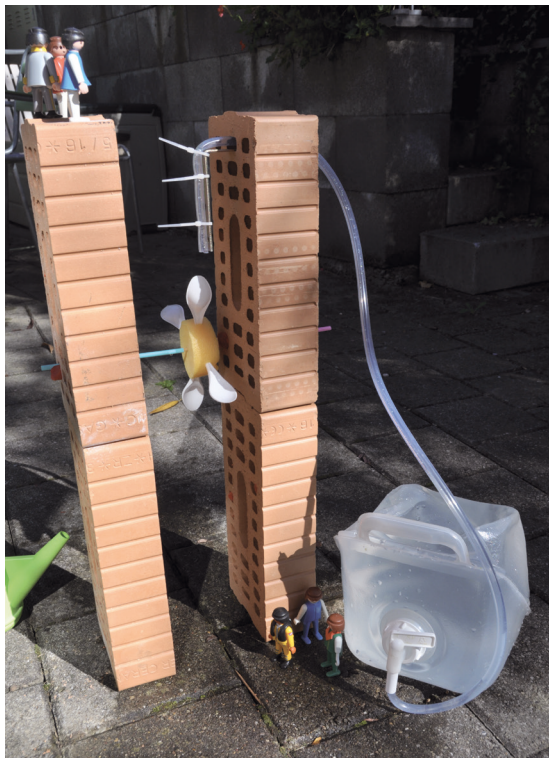
Die Kinder untersuchen in drei Experimenten, wie sich a) die Position des Wasserstrahls, b) die Menge des Wassers und c) die Fallhöhe auf die Drehung des Wasserrads auswirken. Die ersten beiden Experimente können sehr einfach unter einem Wasserhahn durchgeführt werden. Um bei der Fallhöhe den Zusammenhang »je höher, desto schneller« zeigen zu können, haben sich folgende Settings bewährt:

## 2 TECHNIKWOCHEN IN KINDERGARTEN UND PRIMARUNTERSTUFE

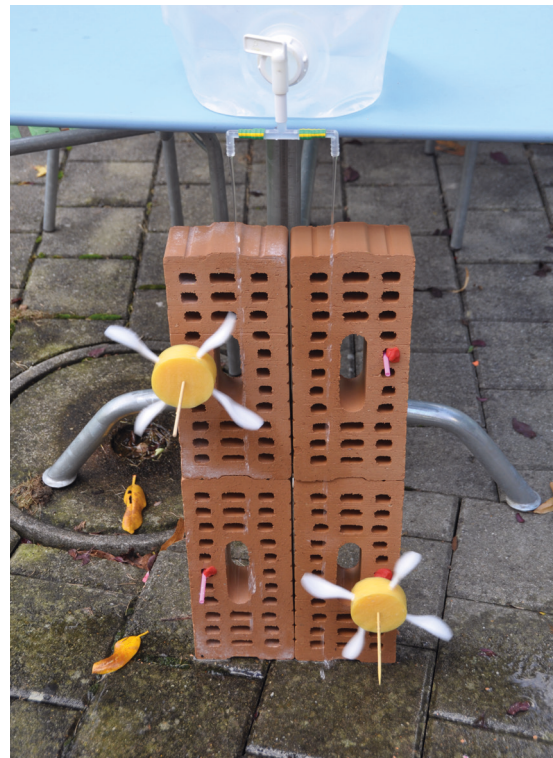
- Eine ortsfeste, nach unten gerichtete Wasser-austrittsöffnung, über Schlauch mit höhenverstellbarem Wasserreservoir verbunden; 1 fix montiertes Wasserrad (Abb. 12) ► Durch Variation der Höhe des Reservoirs wird die Lageenergie des Wassers und damit seine Bewegungsenergie beim Austritt verändert; die Kinder sehen unmittelbar, dass sich das Wasserrad bei höherem bzw. tieferem Reservoir schneller bzw. langsamer dreht. Es wird auch erfahrbar, dass es körperliche Anstrengung bedeutet, das Wasser anzuheben, also ihm Lageenergie zuzuführen.
- Ortsfestes Wasserreservoir mit 2 nach unten gerichteten Wasseraustrittsöffnungen, 2 parallel aufgebaute Wasserräder, eines davon höhenverstellbar (Abb. 13) ► Durch Variation der Höhe des einen Wasserrads ändert sich die Fallhöhe des Wassers und damit seine Bewegungsenergie beim Auftreffen auf das Wasserrad. Hier ist ein direkter Vergleich möglich, wenn beide Wasserstrahlen etwa gleich auf die Wasserräder auftreffen. Die Konstruktion ist jedoch etwas komplizierter als bei Abb. 12.

In Ergänzung zu den Beobachtungen, die die Kinder ohne Interpretation festhalten, können im Gespräch folgende Erkenntnisse herausgearbeitet werden: Fließendes Wasser kann seine Energie an das Wasserrad abgeben. An der Drehung des Wasserrads sieht man, ob das Wasser viel oder wenig Energie an das Wasserrad abgegeben hat:

- Das Wasserrad dreht sich schneller, wenn das Wasser *schneller* fließt. Schnell fließendes Wasser hat also mehr Bewegungsenergie als langsam fließendes Wasser.
- Das Wasserrad dreht sich schneller, wenn *mehr* Wasser auftrifft. Mehr fließendes Wasser hat also mehr Bewegungsenergie als weniger fließendes Wasser.
- Das Wasserrad dreht sich schneller, wenn das Wasser *von weiter oben* kommt. Wasser, das von weiter oben kommt, hat also mehr Bewegungsenergie als Wasser, das einen geringeren Abstand zum Wasserrad hat.



**Abbildung 12:** Ein Winkelstück richtet den Schlauch vertikal aus. Trinkhalme dienen als Lager für die Holzspieß-Achse. Sie werden mit Knetmasse in den Löchern der Backsteine fixiert.



**Abbildung 13:** Der Ausguss des Wasserreservoirs wurde mit einem T-Stück, zwei L-Stücken sowie zwei Schlauchstücken zu einem Doppel-Auslass erweitert. So können zwei Wasserräder direkt verglichen werden.

**2. Rolle der Bauweise des Energiewandlers  
Wasserrad (vgl. Forscherauftrag 2)**

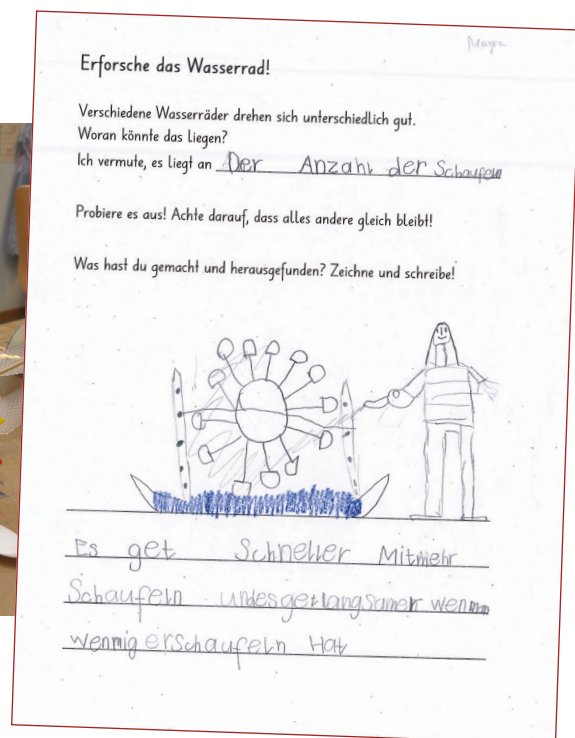
Die Kinder haben gemerkt, dass sich ihre Wasserräder unterschiedlich gut drehen. Es soll nun erforscht werden, woran das liegen könnte. Die Lehrperson bespricht mit den Kindern, dass ihnen eigene Experimente Antworten auf ihre Fragen geben können. Wenn man beispielsweise meint, mit 3 Schaufeln gehe es besser als mit 2 Schaufeln, muss man zwei Wasserräder mit 3 bzw. 2 Schaufeln bauen, die sonst aber gleich sind. Dann vergleicht man, wie gut sich diese drehen. Damit dieser Vergleich fair ist, muss man die Wassermenge und die Lagerung gleich lassen. In der Basisversion des Forscherauftrags 2 sind Ideen angegeben, welche Eigenschaften des Wasserrads man verändern könnte. Die Version für Fortgeschrittene geht von den Vermutungen des Kindes aus (Abb. 14).

Testen und vergleichen die Kinder ihre Wasserräder selbstständig unter dem Wasserhahn oder mit der Giesskanne, sind nur vage Aussagen möglich, weil viele Parameter (Lagerung, Wassermenge, Auftreffpunkt des Wassers etc.) von den Kindern selbst nicht gut konstant gehalten werden können. Sollen Zusammenhänge genauer erarbeitet werden, kann man die Kinder vorgefertigte Wasserräder in einer Testanlage (vgl. Abb. 13) ausprobieren lassen.

Die Kinder erfahren dabei, dass ein fairer Vergleich nur bei gleichen Bedingungen – mit Ausnahme der interessierenden Grösse – möglich ist. Ausserdem lernen sie, dass selbst einfache technische Konstruktionen eine Vielzahl von Merkmalen haben, die man ändern kann, um das Produkt zu verbessern.



Abbildung 14: Festhalten der Ergebnisse der Wasserraduntersuchung



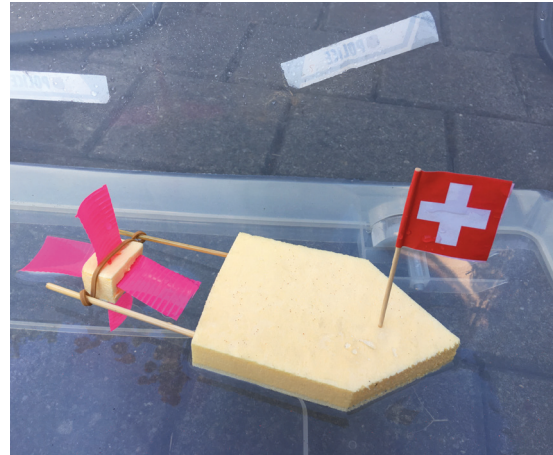
### 2.1.5 AUSBLICK

Im Folgenden kann versucht werden, die Energie des Wasserrads für etwas anderes zu nutzen, z. B. um ein kleines Fahrzeug zu ziehen oder ein leichtes Objekt anzuheben (Abb. 15). Umgekehrt kann das Wasserrad durch Fallenlassen des Objekts in Gang gesetzt werden. So werden



**Abbildung 15:** Der »Wasserlift« beeindruckt die Kinder. Beim Anheben der Giesskanne wird bewusst, woher die Energie zum Betreiben des Wasserrads und zum Anheben der Figur kommt.

Energieumwandlungen altersgerecht erfahrbar. Schliesslich können mit Schläuchen, Trichtern und geeigneten Lagerungen komplexere Wasserbahnen hergestellt werden. Die Wasserräder können auch zum Antrieb eines Bootes verwendet werden (»Gummibandmotor«, Abb. 16).



**Abbildung 16:** Wasserrad mit Gummiband als Antrieb eines einfachen Schiffs.

### 2.1.6 MATERIAL

Das Materialangebot richtet sich nach den Schwerpunkten der Lehrperson. Sollen die Schülerinnen und Schüler die Verwendung unterschiedlicher Materialien üben und deren Vor- und Nachteile erleben, kann ein breiteres Materialangebot zur Verfügung gestellt werden als in dem Fall, in dem es primär um die rasche Herstellung eines funktionsfähigen Wasserrads und um das weitere Erkunden seiner Eigenschaften geht. Es empfiehlt sich, die Mengen grosszügig anzusetzen, damit verschiedene Varianten hergestellt und erprobt werden können.

Als geeignet für die Altersgruppe haben sich erwiesen (Abb. 17):

- Nabe
  - Schwimmnudel (in Scheiben geschnitten)
  - Blöcke aus festem Schaumstoff (analog Schwimmnudel) mit quadratischem oder rundem Querschnitt (z. B. Reste von Verpackungsmaterial)
  - Knetmasse (wasserfest, z. B. Creall® Supersoft)
  - Rohrisolation (in Scheiben geschnitten, hohler Innenbereich mit Knetmasse ausgestopft)
- Erweitert (mit Hilfestellung bzw. für ältere Schülerinnen und Schüler):
  - Styroporblöcke bzw. -kugeln
  - Hartschaum-Blöcke (z. B. aus Hartschaumplatten zugeschnitten)
  - CDs
  - Korkzapfen

- Achse
  - Holzspiesse (z. B. Grillspiesse 30 cm lang)
  - Rundstäbe aus Holz
- Schaufeln
  - Holzspatel in verschiedenen Breiten und Längen
  - Kaffee- und Suppenlöffel aus Plastik
  - Getränkeverpackungen oder Trinkbecher aus Karton oder dünnem Plastik (werden in Stücke geschnitten)
 Erweitert (ermöglicht Variation der Schaufelform, Montage an Nabe jedoch schwierig):
  - Noppenfolie
  - Moosgummi
- Lagerung für das Wasserrad
  - Backsteine mit Löchern
  - Metallschiene gelocht
  - Drahtnetz (z. B. als Zylinder aufgestellt)
  - Holzspiesse (z. B. mit kleinem Abstand an Rand des Wasserbeckens geklebt)
  - Trinkhalme

- Wasserzufuhr
  - Wasserhahn
  - Giesskanne
  - Wassercontainer
  - Draussen: Gartenschlauch

Die Nabe sollte genügend fest sein, um die eingesteckten Schaufeln ohne Klebstoff zu halten, jedoch genügend weich, damit die Kinder die Schaufeln selbstständig entweder direkt oder nach leichtem Vorstanzen mit einer Schere oder einer Ahle einstecken können. Dazu ist es ideal, wenn die Schaufeln eine gewisse Steifheit haben (Holzspatel, Plastiklöffel). Grillspiesse als Achse lassen sich mit der Spitze voran direkt durch die Nabe stecken. Als Lager eignen sich Trinkhalme, die beispielsweise mit Knetmasse fixiert werden, Backsteine oder Konstruktionen mit gelochten Metallschienen.

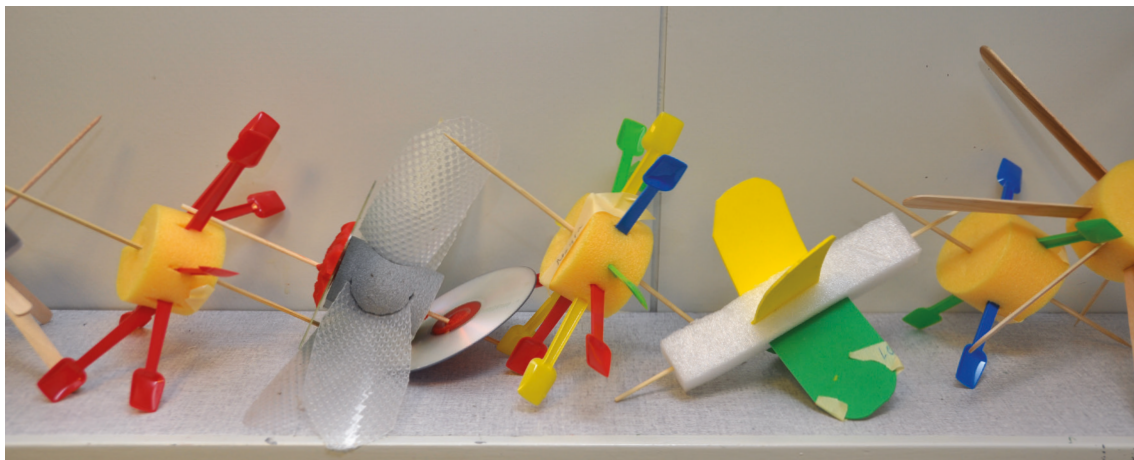


Abbildung 17: Mit einfachen Materialien entstehen viele verschiedene Wasserräder.

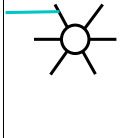
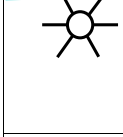
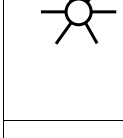
### 2.1.7 ARBEITSBLÄTTER

Die Arbeitsblätter mit den Aufträgen dienen dazu, das im mündlichen Austausch mit den Kindern erarbeitete Wissen festzuhalten.

Forscherauftrag 1

Niveau 1

2. Verändere, wie viel Wasser auf das Wasserrad trifft:

		
wenig Wasser (dünnere Strahl)	mässig viel Wasser (mittlerer Strahl)	viel Wasser (dicker Strahl)

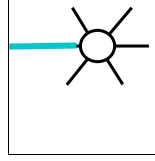
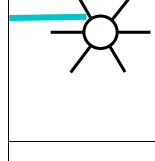
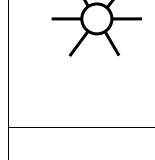
Das habe ich herausgefunden:

- Wenn \_\_\_\_\_  
dann dreht sich das Wasserrad am schnellsten.
- Je \_\_\_\_\_  
desto schneller dreht sich das Wasserrad.

**Erforsche das Wasserrad!**

Untersuche, wie du mit dem Wasser die Bewegung des Wasserrads verändern kannst.

1. Verändere, wo das Wasser auf das Wasserrad trifft:

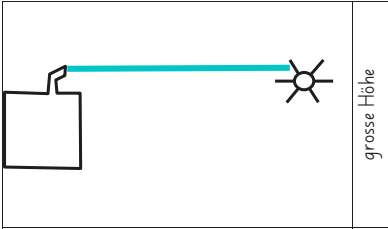
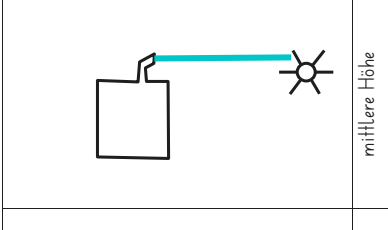
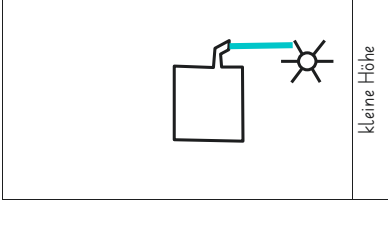
		
in der Mitte	innen an der Schaufel	aussen an der Schaufel

Das habe ich herausgefunden:

- Wenn \_\_\_\_\_  
dann dreht sich das Wasserrad am schnellsten.
- Je \_\_\_\_\_  
desto schneller dreht sich das Wasserrad.



3. Verändere die Höhe, aus der das Wasser auf das Wasserrad fällt:

	grosse Höhe
	mittlere Höhe
	kleine Höhe

Das habe ich herausgefunden:

- Wenn \_\_\_\_\_ dann dreht sich das Wasserrad am schnellsten.
- Je \_\_\_\_\_ desto schneller dreht sich das Wasserrad.

(Niveau 2 mit offenen Antworten, ansonsten gleich.)

### Forscherauftrag 2










#### Niveau 1

**Erforsche das Wasserrad!**

Verschiedene Wasserräder drehen sich unterschiedlich gut.  
Woran könnte das liegen?

Verändere etwas an deinem Wasserrad oder baue ein zweites, um dies herauszufinden. Achte darauf, dass alles andere gleich bleibt!

Kreuze an, was du ausprobierst:

Anzahl der Schaufeln	Länge der Schaufeln	Breite der Schaufeln
  	  	  

Eigene Idee:

Gibt es auch ohne Schaufeln oder mit einer?  
Wie schmal, breit, lang oder kurz kann die Schaufel sein?

Was hast du gemacht und herausgefunden? Zeichne und schreibe!

---

---

---

---

---

---

Niveau 2

**Erforsche das Wasserrad!**  
Verschiedene Wasserräder drehen sich unterschiedlich gut.  
Woran könnte das liegen?  
Ich vermute, es liegt an \_\_\_\_\_  
Probiere es aus! Achte darauf, dass alles andere gleich bleibt!  
Was hast du gemacht und herausgefunden? Zeichne und schreibe!

---

---

---

---

---

---

## 2.2 BAUEN MIT KLÖTZEN UND LEISTEN

*Fraenzi Neuhaus*

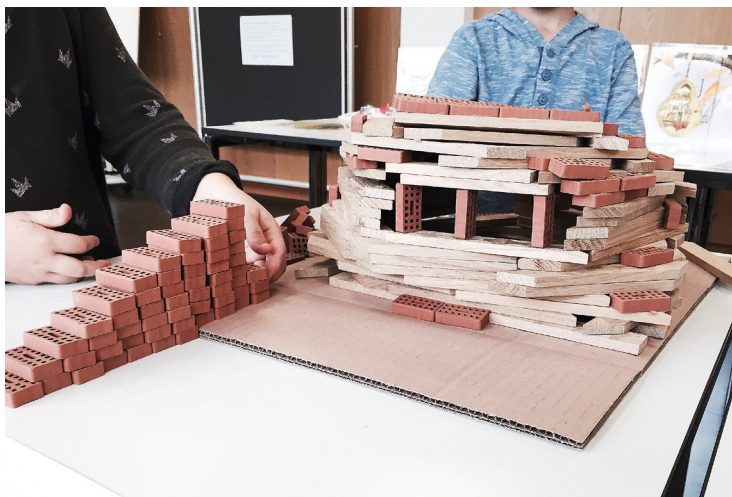
### 2.2.1 EINLEITUNG

Unsere Umwelt – und damit das Umfeld der Kinder – ist bebaut. Wir bewegen uns in Wohnhäusern und Schulbauten und anderen öffentlichen oder privaten Gebäuden. Diese Räume gilt es zu untersuchen, indem sie betrachtet, beschrieben, gezeichnet und nachgebaut werden.

Mit viel Elan und Kreativität bauen Kinder Hütten, Türme und Häuser. Bereits kleine Kinder sind fasziniert vom Legen und Bauen. Sie üben das Greifen und Loslassen und entdecken das gezielte Schichten. Das Spiel mit Bauklötzen ist sinnlich anregend und herausfordernd. Es lassen sich dabei vielfältige Welten gestalten. Im gemeinsamen Tun entdecken die Kinder die Vielfalt der Möglichkeiten und entwickeln miteinander weiterführende Varianten. Auch im Familienalltag, in den Kindertagesstätten, in Kindergärten und Primarschulen wird diese Faszination beim selbstständigen Tun bedient. Die Kinder sind begeisterte Bauerinnen und Bauer und erwerben sich dadurch ein breites Erfahrungswissen.

Der Bildungsauftrag der Institutionen Kindergarten und Schule ist es, die Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit der Welt, hier spezifisch mit der technischen Welt, zu fördern. Die Lehrpersonen unterstützen dabei die Kinder im Erwerben und Vertiefen von grundlegendem Wissen und Können. So erweitern die Kinder ihre Erfahrungen und entwickeln neue Interessen.<sup>27</sup>

Im hier vorgestellten Lernarrangement wird auf das Bauen im Sinne von Schichten fokussiert. Dabei liegt der Schwerpunkt beim Entwerfen und Entwickeln eines Bauwerks. Die Kinder sollen sich eigene Fragen stellen. Sie sollen technische Probleme durch forschend-entdeckendes Lernen selber lösen können. Inhaltlich erfahren, begreifen und verstehen die Kinder grundlegende physikalische Funktionsweisen und Gesetzmässigkeiten im Bereich der Statik. Es geht um Gewicht, Gleichgewicht und Gegengewicht, um Kraft und Kraftübertragung und um Kippmomente.



**Abbildung 18:** Hausbau nach Plan mit Treppe zur Dachterrasse



**Abbildung 19:** Stabiler Rundbau mit Leisten und Ziegelsteinen

<sup>27</sup> Vgl. <https://v-fe.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|3> (4.6.2018).

Die Schülerinnen und Schüler sollen diese Aspekte der Statik erleben, benennen, hinterfragen und gezielt anwenden lernen. So können sie ihr implizites Wissen (Erfahrungswissen) in ein explizites Wissen (verhandelbares, übertragbares Wissen) transferieren. Die Lehrpersonen unterstützen und begleiten die Bauprozesse der Kinder, indem sie insbesondere durch Fragen das Denken und Verstehen anregen: Welche Holzklötze sind schwerer? Wo sollen die schwereren Klötze platziert werden? Wann fällt der Turm um? Wie kann das Gleichgewicht hergestellt werden?

Begleitend zum Tun können die Kinder so ihren aktiven Wortschatz mit neuen Begriffen erweitern. So »vertiefen, differenzieren und verändern die Schülerinnen und Schüler« gemäss Lehrplan 21 »ihre Vorstellungen und Konzepte von der Welt. Neues Wissen wird erworben und neue Begriffe werden aufgebaut und gefestigt. Im Unterricht werden Schülerinnen und Schüler befähigt, ihr Wissen und Können zunehmend selbstständig zu erweitern und zu vertiefen. Der Kompetenzerwerb als Aufbau von Vorstellungen und Konzepten über die Welt geschieht dabei aktiv und in vielfältigen Formen des Austauschs. Lehr-Lerndialoge und die Unterstützung durch Lehrpersonen spielen dabei eine zentrale Rolle.«<sup>28</sup>

### 2.2.2 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGE: PHYSIKALISCHE GESETZMÄSSIGKEITEN DER STATIK

Statik ist die Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte, die an einem Körper, z. B. einem Gebäude, wirken. Zwei Aspekte spielen dabei eine wichtige Rolle, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

#### Standesicherheit durch Gleichgewicht

Um stabil stehen zu können, benötigt es ein Gleichgewicht der auf den Körper wirkenden Kräfte. Zu unterscheiden sind die Vertikalkraft, die Horizontalkraft sowie das Kippmoment und die Auskragung. Mitzudenken sind ferner die Aktionskraft (Kraft von aussen) und Reaktionskraft (reagierende Kraft). Man spricht von *Vertikalkraft*, wenn z. B. ein Ziegelbaustein mit seinem Gewicht auf den Tisch drückt. *Horizontalkraft*, ist die Seitenkraft, die auf einen Körper, am Gebäude z. B. durch den Wind, wirkt. Horizontalkräfte zeigen sich besonders bei hohen Türmen und exponierten Brücken. Für das *Kipp-*

*moment (Drehmoment)* und die *Auskragung* sei folgendes Beispiel genannt: Zwei Ziegelbausteine liegen aufeinander. Der obere Stein wird hinausgeschoben, bis er herunterfällt. Sobald der Schwerpunkt des oberen Steins ausserhalb der Auflagefläche zu liegen kommt, kippt er ab. Dieses Moment nennt man Kippmoment oder Drehmoment. Um zu verhindern, dass der obere Stein abkippt, wird er mit dem Gewicht eines anderen Steins belastet und dadurch stabilisiert. Im Falle von Abbildung 20 braucht es zwei Steine, um das Kippmoment aufzuheben. Der eine Stein hilft durch seine Lage und der andere durch sein Gewicht, das Kippmoment aufzufangen. Bei Abbildung 21 genügt jeweils das Gewicht, um das Kippmoment aufzuheben und die Holzleisten zu stabilisieren. Die beiden Steine, die über den Auflagstein herausragen, werden auch als *Auskragung* bezeichnet (Abb. 21).

<sup>28</sup> <https://v-fe.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|3> (4.6.2018).



Abbildung 20: Stabilisieren des Kippmomentes

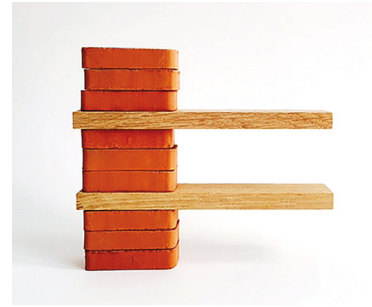


Abbildung 21: Zwei auskragende Leisten



Abbildung 22: Gleicharmiger Hebel A

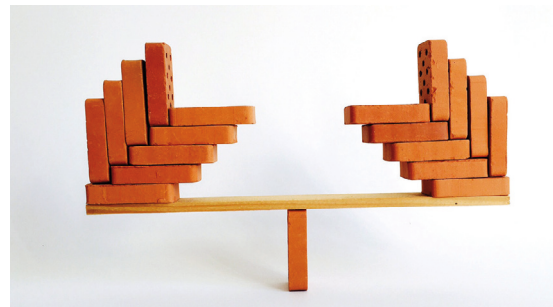


Abbildung 23: Gleicharmiger Hebel B



Abbildung 24: Ungleicharmiger Hebel A



Abbildung 25: Ungleicharmiger Hebel B

### Gleichgewicht durch Gegengewicht

Eine besondere Form der Stabilität durch Gleichgewicht wird durch sich ausgleichende Gewichte erzielt. Im Versuchsaufbau zeigt sich eine lange Holzleiste als gleicharmiger Hebel, der auf einem Drehpunkt aufliegt. Werden auf beiden Seiten gleich viele Ziegelbausteine aufgelegt, steht der Hebel im Gleichgewicht (Abb. 22 und 23).

Sind die Steine auf beiden Seiten ungleich verteilt, verschiebt sich der Abstand zur Drehachse. Es entsteht ein ungleicharmiger Hebel (Abb. 24 und 25).<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Erweiterte und genauere Beschreibungen zu den erklärten Phänomenen finden sich beispielsweise bei Lambert und Reddeck (2007).

### 2.2.3 DIDAKTISCHE ÜBERLEGUNGEN

Mit diesen Grundlagen der Statik können die an Konstruktionen wirkenden Kräfte thematisiert und verstanden werden. Erfahren und verstehen die Kinder das Prinzip des Kippmoments, können sie Handlungsweisen erarbeiten, welche die Kippmomente aufheben. An vielseitigen Beispielen des Auskragens und des zweiseitigen Hebels können die Gleichgewichtsverhältnisse erkundet, erprobt und verstanden werden. Dadurch werden Begriffe wie Gewicht, Gleichgewicht, Gegengewicht, Kraft, Kraftübertragung, Kippmoment, Auskragung und Hebel erfahren und gefestigt.

Die Begriffe werden je nach Interesse und Entwicklungsniveau der Kinder entweder verwendet und eingeführt oder nur handelnd erfahren und umschrieben. Können die Kinder diese Begriffe mit eigenen Worten adäquat beschreiben und allenfalls erklären, sollten die Kinder auch den Fachbegriff lernen.

Für das hier vorgestellte Lernarrangement sind folgende Lernanlässe denkbar:

- Das Gewicht als Vertikalkraft erproben und erklären.
- Horizontalkräfte durch Pusten herstellen und erklären, wie sie auf ein Bauwerk wirken.
- Erfahrungen mit Gleichgewicht und Gegengewicht machen und sich so dem Prinzip der Auskragung in einfachen Versuchen nähern.
- Einen auskragenden Baustein durch ein Gegengewicht stabilisieren.
- Auftretende Störungen des Gleichgewichts ausgleichen.
- Unterschiedliche Strategien und Vorgehensweisen erklären und diskutieren.
- Die Begriffe Gewicht, Gleichgewicht, Gegengewicht und Kippmoment verstehen und anwenden.
- Gefundene Lösungen zeichnerisch dokumentieren.
- Das Gelernte auf andere Beispiele übertragen.
- An realen Bauten Auskragungen erkennen und beschreiben.

Im Lehrplan 21 finden sich im Bereich Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG) verschiedene Kompetenzstufen, die zu den hier erklärten Phänomenen der Technischen Bildung passen:

#### **NMG 3.1: Stoffe, Energie und Bewegungen beschreiben, untersuchen und nutzen**

Die Schülerinnen und Schüler können Erfahrungen mit Bewegungen und Kräften beschreiben und einordnen.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können das Phänomen Gleichgewicht ausprobieren, Vermutungen anstellen und diese überprüfen (z. B. Wippe im Gleichgewicht halten, sicher stehen beim Balancieren, ...).
- können Wirkungen von Kräften in Alltagssprache beschreiben (z. B. Objekte bewegen: ziehen, anstossen, heben, fallen lassen).

#### **NMG 5.1: Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschliessen, einschätzen und anwenden**

Die Schülerinnen und Schüler können Erfindungen und technische Entwicklungen erkunden und nachkonstruieren.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können spielerisch Mauern, Türme oder einfache Brücken bauen und angeleitet über Gleichgewicht und Stabilität nachdenken und ihre Vorstellungen und Vermutungen beschreiben (z. B. verschiedene Materialien, ...).
- können Vermutungen zu Gleichgewicht, Stabilität und Bewegung bei Bauten und technischen Anwendungen in ihrer Umgebung anstellen und beschreiben (z. B. Baustelle, Bagger, Spielplatz).
- können Phänomene zu Gleichgewicht, Stabilität und Bewegung erproben und untersuchen, darüber sprechen und auf andere technische Anwendungen übertragen (z. B. Wippe, Balkenwaage, Mobile, Turm, Mauer, einfache Brücke).
- können aus verschiedenen Materialien einfache Modelle zu Bauten und technischen Anwendungen herstellen, dokumentieren und erläutern (z. B. Tunnel, Zugbrücke).

### 2.2.4 METHODISCHE HINWEISE

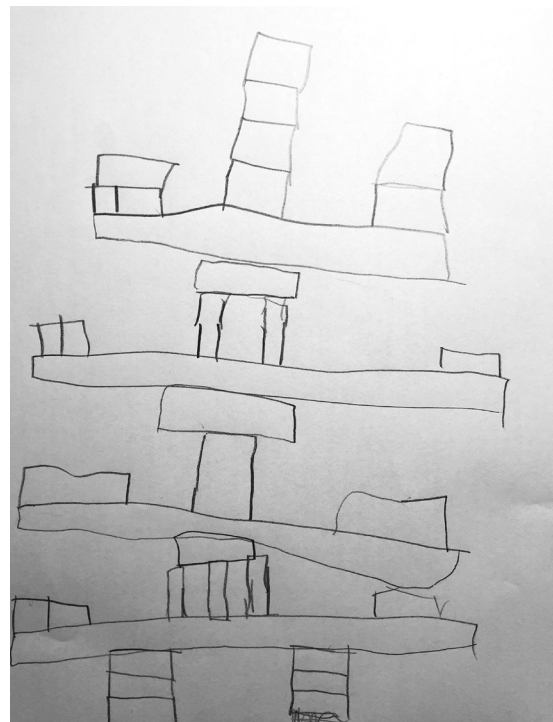
Das Bauen mit verschiedenen Materialien im Innen- und Aussenraum ist in der Lebenswelt der Kinder vielfältig verankert. Sie haben bereits viele Erkenntnisse gesammelt und bringen ein breites Erfahrungswissen mit. Nun gilt es, diese Erfahrungen aufzunehmen, sie zu ordnen und zu systematisieren. Dies gelingt besonders gut mit den Kindern zusammen, denn »Vorstellungen und Konzepte zu Phänomenen, Sachen und Situationen der Welt entwickeln sich durch Sprache und Begriffsbildung. Durch die Sprache bringen wir unsere Eindrücke, inneren Bilder, Erfahrungen, Erwartungen und Einstellungen zum Ausdruck, tauschen uns aus und verständigen uns.«<sup>30</sup> Es geht also darum, mit den Kindern über ihre Bauprozesse nachzudenken und Fragen nachzugehen wie: Was habt ihr gebaut? Wie habt ihr das gemacht? Was wäre passiert, wenn...? Was waren die Herausforderungen und Probleme beim Bauen? Und wie habt ihr sie gelöst?



**Abbildung 26:** Bauwerk zeigt Varianten vom Gleichgewicht durch Gegengewicht.

Ein Vorgehen könnte sein, mit der Kindergruppe zusammen ein Lernfeld, wie zum Beispiel die Bauecke als Freispielangebot mit zusätzlichem Material und anschlussfähigen und weiterführenden Aufgabenstellungen zu erweitern. Dabei kann eine Lernumgebung aufgebaut werden, die den Blick auf die »Standsicherheit durch das Gleichgewicht«, schärft.

Ein angepasstes, vielseitiges Materialangebot soll lustvolles, kreatives Bauen und »Tüfteln« ermöglichen. Sinnvolle Aufgabenstellungen regen zu besonderen Erprobungen, Denkprozessen und Problemlösungen an. Die Kinder können so durch forschend-entdeckendes Lernen ihren Erfahrungs- und Wissenshorizont erweitern. Sie entwickeln für ihre Freundinnen und Freunde selber ausgeklügelte Aufgaben. Durch das Besprechen der Resultate können sie ihre Kompetenzen erweitern und ihr Wissen festigen.



**Abbildung 27:** Skizze vom Bauwerk, Nilas, 8 Jahre

<sup>30</sup> <https://v-fe.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|3> (5.6.2018).

Der Lernprozess der Kinder verläuft vom Konkreten zum Abstrakten. Gemäss Jérôme Bruner wird die Denkentwicklung der Kinder durch die handlungsmässige, bildhafte und symbolische Darstellungsmethode repräsentiert. Für Lernprozesse bedeutet dies, dass ein Lerngegenstand erst handelnd (enaktiv), dann bildlich (ikonisch) und schliesslich symbolisch (z. B. sprachlich) erfahren werden soll. Die drei Repräsentationsformen prägen in ihrer Wechselwirkung das Lernen. Sie stehen gleichwertig nebeneinander.<sup>31</sup>

Ideal ist es, mit Kindern Zeichnungen und Skizzen von Bauvorhaben zu erstellen (Abb. 27). Zeichnen begünstigt die Vorstellung von technischen Sachverhalten. Zeichnerische Darstellungen sind konkreter als sprachliche Umschreibungen und abstrakter als das Bauen selber:

»Zeichnen gibt dem Wahrgenommenen und Vorgestellten einen höheren Bewusstseinsgrad, hilft Vorstellungsmängel zu entdecken und lenkt die Aufmerksamkeit.«<sup>32</sup>

Anregend wirken Beobachtungen in der näheren Umgebung. Dies können Tür- und Fensterstürze sein, Balkone, Aussichtsplattformen, Vordächer, Brücken etc. Hier geht es darum, den Blick der Kinder für ihre bebaute Umwelt zu schärfen, die Bauweisen genau anzuschauen, zu analysieren, zu benennen und sie gegebenenfalls abzuzeichnen. Es ist zu empfehlen, diese auch als Ausgangspunkt für Bauvorhaben oder -aufgabenstellungen zu nutzen. So schliesst sich der Bogen vom Erkunden des Gleichgewichts und vom Entdecken von Auskragungen im Kindergarten- und Schulalltag zur Realität in der bebauten Welt.

### 2.2.5 AUFGABENSTELLUNGEN ZUM BAUEN DURCH SCHICHTEN

Die im Folgenden formulierten Aufgabenstellungen für 4- bis 8-jährige Kinder sind »offene« Aufgaben. Je nach Interpretation der Kinder und der zur Verfügung stehenden Materialien werden sich die Umsetzungen unterschiedlich zeigen. Es wird davon ausgegangen, dass die Kinder mit dem Material bereits vertraut sind und schon viel gebaut haben.

**Material:** Restparkettklötze, Leistenreste, Bauklötze klein, Ziegelsteine klein

**Hilfestellung:** Ideal ist es, pro Aufgabe und Bauwerk eine Grundplatte aus Karton oder Holz zur Verfügung zu stellen. Die Grundplatte muss nicht dem Grundriss entsprechen. Sie hilft aber, die Grundfläche des Bauwerks einzugrenzen.

#### Mögliches, erprobtes Vorgehen

1. Gruppeneinteilung: jeweils 2-3 Kinder.
2. Besprechen: Wie wollen wir das machen?
3. Zeichnen: Pläne zeichnen und Ideen austauschen.
4. Bauen und Schichten, Bau ausführen.
5. Bau (Ziel) überprüfen.
6. Das Werk der Gesamtgruppe erklären.
7. Erfahrungen austauschen / Verschriftlichung im Lerntagebuch / abzeichnen.
8. Falls möglich, Beobachtungen in der Umgebung der Kinder, ansonsten Bilder von Bauten.
9. Zweiter Durchgang.

#### Aufgabenformulierungen für das nicht und kaum lesende Kind

- Baut zusammen ein Haus mit einem Eingang, einem Fenster und mit einem Dach.
- Baut zusammen ein rundes Haus mit einem Treppenaufgang, zwei Fenstern und einem Kuppeldach.

<sup>31</sup> Bruner, 1971.

<sup>32</sup> Biester, 1991, S. 61.



- Baut zusammen ein Haus, bei welchem eine Treppe ausserhalb des Hauses in den zweiten Stock führt.
- Baut zusammen ein Haus mit zwei Stockwerken. Das Grundgeschoss (Parterre) hat einen Gartenausgang, das erste Stockwerk einen Balkon.
- Baut zusammen ein Haus mit zwei Stockwerken und einer Aussentreppe.
- Baut zusammen ein Gebäude mit einem Zwischenboden, mit vier Fensteröffnungen und einem Dach.
- Baut zusammen ein Haus mit einem Eingang, einem Fenster und einer Treppe zur Dachterrasse.
- Baut zusammen ein Haus mit zwei Stockwerken und zwei Balkonen.

### Evaluationsformen

Hier eignen sich besonders sogenannte »angeleitete Gruppengespräche«: Die Kinder präsentieren ihre Bauten der Gruppe (vgl. Abb. 28–33). Sie erklären, wie sie geplant haben, zeigen ihre Skizzen, referieren über ihre Absprachen und die Zusammenarbeit. Sie umschreiben ihre Schwierigkeiten beim Bauen und verbalisieren Lösungen. Die Häuser werden durch andere Kinder gewürdigt. Sie beschreiben, was gut gelungen ist und halten fest, ob die Aufgabe erfüllt wurde.



Abbildungen 28 bis 33: Bauten von Kindern und Erwachsenen zu diversen Aufgabestellungen

## 2.2.6 WEITERFÜHRENDE INHALTE UND INFORMATIONEN

Diese grundlegenden und einfachen Aspekte der Statik können mit folgenden Themen erweitert werden:

- Stabilität durch Aussteifung (siehe Beitrag 2.3)
- Überbrückung mit Kragbogen
- Standsicherheit im Mauerwerkbau
- Turmbau Fachwerktürme
- Tragen und Lasten im Brückenbau
- Druck- und Zugkräfte im Brückenbau
- Stabilität durch Umformung
- Projekt »Brücken – und was sie so stabil macht«, vgl. zum Beispiel <https://www.youtube.com/watch?v=X2um-QjRYuo> (5.6.2018).

### 2.3 KONSTRUIEREN MIT STÄBEN IM KINDERGARTEN UND AUF DER UNTERSTUFE

*Fraenzi Neuhaus*

#### 2.3.1 TÜRME AUS HOLZSTÄBEN

Kinder beschäftigen sich in ihrem alltäglichen Spiel schon früh mit Aspekten der Statik. So bauen sie beispielsweise Hütten im Wald oder klettern auf Spielplatzgerüsten. Zudem wirkt unsere bebaute Umwelt anregend, sind doch Bauweisen von Gebäuden oft sichtbar. Offene Holzkonstruktionen oder Fachwerkbrücken faszinieren durch ihre Rhythmisierung, wirken formschön und haben eine starke Ausstrahlung.

Kinder sind also täglich mit vielen technischen Errungenschaften konfrontiert. In Städten und Dörfern fallen die offenen Konstruktionen von Baugerüsten, Hochhäusern und Hallen, Baukränen, Hochspannungsleitungen, Türmen oder Fachwerkbrücken auf. An diesen Bauten können wir die Tragsysteme ablesen. Wir nennen sie Skelettbauten.

Diese Bauten gilt es mit den Kindern zu untersuchen. Sie werden beschrieben, gezeichnet und nachgebaut. Beim Entwerfen, Entwickeln und Konstruieren sollen sich die Kinder eigene Fragen stellen. Sie sollen technische Probleme durch forschend-entdeckendes Lernen erkennen können. Dabei werden sie von den Lehrperso-

nen unterstützt ihre Lernwege zu planen, ihre Vorgehensweisen zu beschreiben, die Konstruktionen zu erstellen und ihre Erkenntnisse zu diskutieren.

Durch einen solchen Unterricht »sollen Phänomene aus Alltag und Technik besser verstanden und eigene Erfahrungen mit der Umwelt erklärt werden können. In der Auseinandersetzung mit Phänomenen und technischen Objekten erlernen die Kinder und Jugendlichen zudem typische Handlungsweisen: Sie beobachten, beschreiben, fragen, vermuten, messen, untersuchen, experimentieren, konstruieren und ziehen Schlüsse. Dabei sind sowohl die direkte Begegnung und die Erklärung der Phänomene als auch die Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für technische Anwendungen von Bedeutung. Diese Verknüpfung von Naturwissenschaften und Technik bildet die Grundlage für ein ausbaufähiges Technikverständnis.«<sup>33</sup>

In der Betrachtung und beim Nachbauen von Skelettbauten soll es darum gehen, das Bauprinzip »Stabilität durch Aussteifung« zu durchschauen und anwenden zu können.

#### 2.3.2 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN: STABILITÄT DURCH AUSSTEIFUNG

Im Folgenden wird die Stabilität durch Aussteifung beim Konstruieren mit Stecken oder Stäben erklärt. Das einfachste Fachwerk ist ein Dreieck aus drei Stäben und drei Verbindungen. Für den Unterricht wird es mit Stäben und Knoten-

verbindungen aus Gummibändern nachgebildet. Die Stäbe werden mit den Gummibändern gebunden. Die so entstehenden Knoten bleiben flexibel.

<sup>33</sup> vgl. <https://v-fe.lehrplan.ch/index.php?code=e|6|2> (5.6.2018).

Das Dreieck ist die stabilste Form für den Skelettbau, da es sich nicht verwindet und verformt (Abb. 34). Die Struktur des Dreiecks bleibt bei Krafteinwirkung von aussen stabil.



Abbildung 34: Das Dreieck mit drei Stäben und drei Knoten als stabilste Form im Fachwerkbau.

Ganz anders reagieren Viereck und Quadrat. Wirkt die Aktionskraft von oben oder seitlich auf ein Viereck, verformt und verdreht sich die Struktur erheblich. Die Struktur des Vierecks wird instabil (Abb. 35).

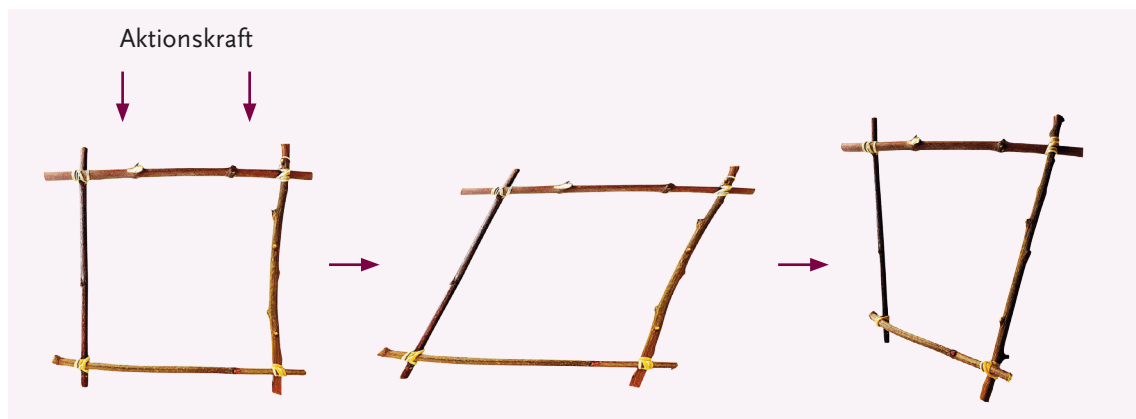


Abbildung 35: Auswirkung von Kräften

Damit die Struktur stabil bleibt, muss ein Viereck mit einem oder zwei Stäben ausgesteift werden. Diese Stabilisierung oder *Aussteifung* lässt wie-

derum Dreiecke oder Vielecke entstehen. Diese Strukturen sind stabil (Abb. 36).



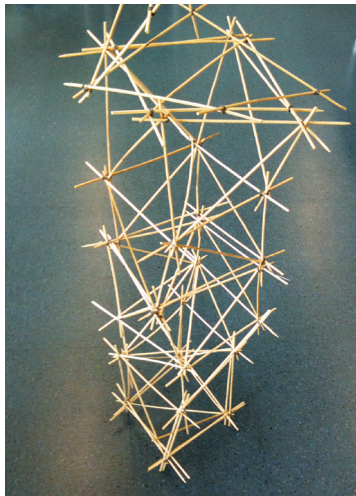
Abbildung 36: Auswahl der Lösungen

Mit diesen Grundlagen können Kinder Türme und dreidimensionale Gebilde konstruieren. Am einfachsten ist es, nur mit Dreiecken zu konstruieren. Ein Dreieck als Basis (horizontal) und über jeder Geraden des Dreiecks ein Dreieck (vertikal) und wieder ein Dreieck (horizontal) und so weiter bis die gewünschte Höhe erreicht wird (Abb. 37).

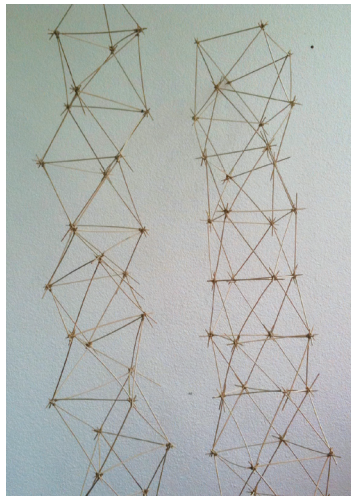
Türme können auch aus *versteiften Quadraten* konstruiert werden. Interessant sind (je nach Material versteifte) *Fünf- oder Sechsecke* als Basis und Zwischenböden (horizontale Vielecke). Ihr grösserer Querschnitt ist einer Kreisform ähnlich und erweist sich besonders für hohe Konstruktionen als sehr stabil (Abb. 38).

## 2 TECHNIKWOCHEN IN KINDERGARTEN UND PRIMARUNTERSTUFE

Wichtig sind die *Knoten*. Das sind die Punkte, an denen die einzelnen Stäbe verbunden werden. Je mehr Stäbe sich in einem Knoten finden, desto stärker muss der Knoten gebunden werden. Es empfiehlt sich, mehrere Gummibänder satt über die Verbindungen zu binden (Abb. 39). An diesen Knoten werden die Vertikal- und Horizontalkräfte um- und weitergeleitet.



**Abbildung 37:** Turm aus Bambusstäben mit Dreieck als Grundfläche.



**Abbildung 38:** Turm aus Bambusstäben mit Dreieck und Fünfeck als Grundfläche.



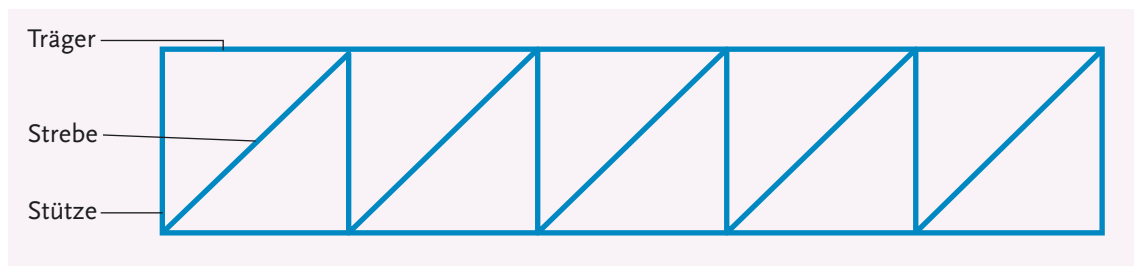
**Abbildung 39:** Knotenpunkt; Verbindung mit Gummibändern.

Diese *Knoten* können auch bei Skelettbauten in der Umgebung beobachtet werden. Das Tragwerkssystem von Skelettbauten bei Hallen oder Hochspannungsleitungen besteht aus drei Elementen: Stützen, Träger und Streben (Abb. 40).

*Träger* sind meist horizontal verlegte Stäbe, die aufliegende Vertikallasten (Eigenlast, Verkehrslast) horizontal an die Stützen weiterleiten. Träger sind tragende Bauelemente. *Stützen* sind meist vertikale Stäbe, die die Druckkräfte (von den

Trägern) in die Fundamente und den Baugrund ableiten. Stützen sind tragende Bauelemente. *Streben* sind diagonale, schräge Bauteile, die das Bauwerk aussteifen und dadurch stabil machen. Streben sind stabilisierende Bauelemente.

Die Anschlusspunkte von Stützen, Trägern und Streben werden – wie bereits oben erwähnt – *Knoten* genannt. Bei Stahlbauten handelt es sich um sogenannte steife Knoten.<sup>34</sup>



**Abbildung 40:** Tragsystem im Fachwerkbau

<sup>34</sup> Erweiterte und genauere Beschreibungen zu den erklärten Phänomenen finden sich in Lambert und Reddeck (2007) oder Kalberer (2007).

### 2.3.3 ZIELE DES LERNARRANGEMENTS

Durch das Aussteifen von Vierecken lernen die Kinder die physikalische Grundlage der »Stabilität durch Aussteifung« kennen. Sie erkennen, dass das Dreieck die stabilste Form im Skelettbau ist, da es sich nicht verformt oder verdreht. Dies ermöglicht ihnen, mit Stäben und Stecken Türme, Brücken und andere Architekturen zu konstruieren.

Die Kinder können ...

- das Prinzip der Stabilität durch Aussteifung erkennen und anwenden;
- selbstständig verschiedene Modelle konstruieren und so das System des Dreieckverbandes festigen;

- mit Stecken hohe Türme mit Dreiecken oder ausgesteiften Vierecken konstruieren und die Kraftübertragung erklären;
- steife Knoten von beweglichen Knoten unterscheiden;
- die statische Funktion von Trägern, Stützen und Streben unterscheiden;
- Skelettbauweisen in ihrer Umgebung erkennen und erklären;
- Pläne von Baumhäusern, Türmen und Brücken zeichnen und diese bauen.

### 2.3.4 LEHRPLANBEZUG

Im Lehrplan 21 finden sich in den Bereichen Natur Mensch Gesellschaft (NMG) verschiedene Kompetenzstufen, die mittels der hier erklärten Phänomene der Technischen Bildung erarbeitet werden können:

#### **NMG 5.1 – Die Schülerinnen und Schüler können Alltagsgeräte und technische Anlagen untersuchen und nachkonstruieren.**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- können durch Spielen und Ausprobieren entdecken und beschreiben, wie Alltagsgeräte technisch aufgebaut sind und funktionieren (z. B. Spielgeräte, einfache Haushaltgeräte und Werkzeuge, Schloss und Schlüssel, Regenschirm).
- können Alltagsgeräte untersuchen und dabei einfache naturwissenschaftliche und technische Prinzipien erkennen und erläutern (z. B. Gleichgewicht bei Wippe, Balkenwaage, Stabilität bei Brücken, Türmen, Mauern, Hebel bei Schere, Zange, Hammer).

- können zentrale Elemente von Konstruktionen bei Bauten und technischen Geräten und Anlagen entdecken, modellartig nachkonstruieren und darstellen (z. B. Winkel-, Zickzack- und U-Profile aus Papier und Karton, Umlenkrollen mit Fadenspulen, Ausgleichsgewichte bei Barrieren, Zugbrücken, Fallschirm, Heissluftballon).
- können bei technischen Geräten, Bauten und Anlagen naturwissenschaftliche und technische Prinzipien erkennen, die Funktionsweisen beschreiben und erklären (z. B. Konstruktionsweisen bei Fahrrad, Kran, Ruderboot, Barriere).

Verbindliche Inhalte: Hebel, Umlenkrolle, Keil, schiefe Ebene, Gleichgewicht, Stabilität, Bewegung.

#### **NMG 3.1 – Stoffe, Energie und Bewegungen beschreiben, untersuchen und nutzen.**

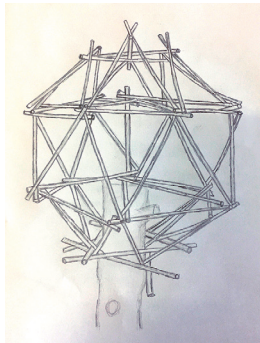
Die Schülerinnen und Schüler...

- können Wirkungen von Kräften in Alltagssprache beschreiben (z. B. Objekte bewegen: ziehen, anstossen, heben, fallen lassen).

### 2.3.5 DIDAKTISCHE HINWEISE

Im Folgenden werden mögliche Vorgehen beim Konstruieren von Türmen aus Stäben aufgezeigt. Je nach Stufe und Interessen zeigen sich die Herangehensweisen unterschiedlich. Primarschulkinder könnten nach der Einführung der »Stabilität durch Aussteifung« die Bauvorhaben im Voraus zeichnen. Es geht darum, die Vorstellung der Stabilität im Kopf durchzuspielen und zeichnerisch wiederzugeben sowie die Darstellungen anschliessend zu diskutieren (Abb. 41–44).

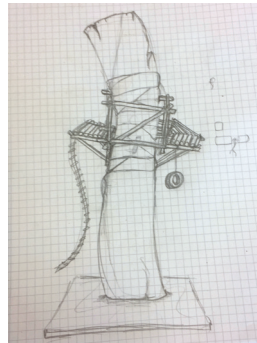
Für die Kindergartenkinder kann es sinnvoll sein, die Strukturen der Dreiecksverbände zuerst mit »Steckmaterial«, z. B. mit Trinkhalmen und Plastilinkugeln oder Fleischspiesschen mit Styroporwürfeln, nachzubilden, um sie so zu erkunden und anschliessend mit Stäben oder Stecken zu bauen. So können Kindergartenkinder während der freien Tätigkeit im Aussenraum einen Unterschlupf konstruieren, wobei sie zu viert ohne Hilfe der Lehrperson die Stabilität durch Aussteifung anwenden.



**Abbildung 41:** Skizze zum Bauen eines Rundhauses aus Ästen



**Abbildung 42:** Rundhaus aus Ästen als Baumhaus



**Abbildung 43:** Skizze zum Bauen eines kleinen Baumhauses



**Abbildung 44:** Baumhaus aus Ästen

#### Mögliche Aufgabenstellung zur Konstruktion mit Stäben (Primarstufe)

Eine anregende Aufgabenstellung kann zum forschend-entdeckenden Lernen herausfordern. Hier lautet die Aufgabe exemplarisch: »Baut zusammen einen 80 Zentimeter hohen Turm aus Bambusstäbchen und Gummibändern. Die Konstruktion muss stabil sein und ästhetisch klar. Das bedeutet, dass sie auch schön aussehen soll.«

#### Vorgehen:

1. Auftrag lesen und besprechen.
2. Gemeinsam nach Möglichkeiten suchen, Hypothesen bilden.
3. Skizzen vergleichen.
4. Sich auf eine Vorgehensweise einigen.
5. Konstruktion realisieren und der Grossgruppe vorstellen.

Es empfiehlt sich, die Strukturen zuerst im Kleinen mit Bambusspiessen oder Ästen von 30 cm Länge zu konstruieren. Die entstandene Stabilität der Struktur soll überprüft und allenfalls optimiert werden. Anschliessend können Strukturen mit Bambusstäben von 75 cm oder 105 cm Länge konstruiert werden. Bei einem Turm von rund sieben Metern Höhe zeigen sich erfahrungsgemäss die Kräfte der Eigenlast und die Horizontalkräfte besonders gut, wenn es darum geht, den Turm aufzustellen (Abb. 45–47). Dabei wird sich zeigen, ob die Knoten fest genug gebunden worden sind oder allenfalls noch verstärkt werden müssen.

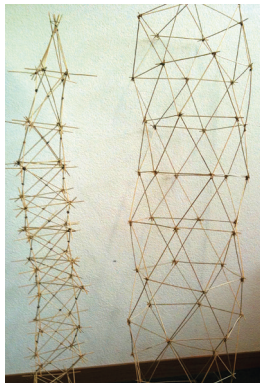


Abbildung 45: Türme aus Bambusstäben



Abbildung 46: Türme aus Bambusstäben

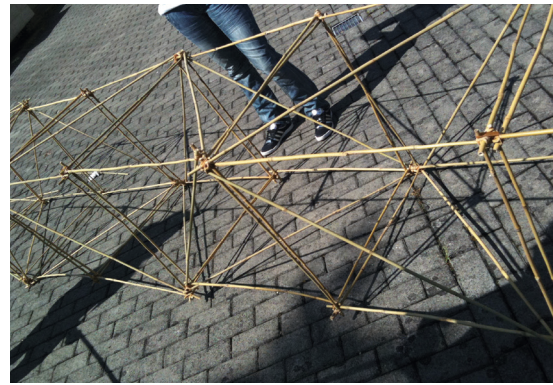


Abbildung 47: Turm aus Bambusstäben vor dem Aufstellen

### Mögliche Aufgabenstellung zur Konstruktion mit Stäben (Kindergarten / Unterstufe)

Im Folgenden finden sich Aufgabenstellungen für 4- bis 8-jährige Kinder. Es sind alles »offene« Aufgaben. Je nach Interpretation der Kinder und den zur Verfügung stehenden Materialien werden die Umsetzungen unterschiedlich ausfallen. Es wird davon ausgegangen, dass die Kinder mit dem Material vertraut sind und sie eine Einführung zum Binden der Knoten erhalten haben. Um das Interesse an Konstruktionen im Kindergarten- und Primarschulalltag zu unterstützen, eignen sich neben der originalen Begegnung im Aussenraum auch Bilder- und Sachbücher. In der Literaturliste finden sich verschiedene Titel.

#### Mögliche Materialien:

- Stecken oder Äste, geschnitten auf ca. 28 cm Länge, Dicke ca. 1 cm und Gummibänder
- Bambusplitt, 30 cm und Gummibänder
- Bambusstäbe / Tonikstäbe, 75 cm und 105 cm Länge, 8 mm bis 10 mm Dicke und Gummibänder
- Bei Bedarf: Tücher, Blachen, Papiere, Wäscheklammern, Schnüre, Seile u. a. m.

Eine praxiserprobte, mündliche Aufgabenstellung steht in der rechten Spalte.

Konstruiert miteinander ...

- einen Turm mit Stecken oder Bambusplitt mit einem Dreieck als Grundform, der euch etwa bis zum Bauchnabel reicht;
- einen Turm mit Bambusplitt und einem ausgesteiften Fünfeck als Grundform, der euch etwa bis zum Bauchnabel reicht;
- einen 6 m hohen Turm mit Bambusstecken und einem ausgesteiften Fünfeck als Grundform (6 m: ihr könnt euch etwa fünfmal in der Länge hinlegen);
- einen 6 m hohen Turm mit einem Stern als Grundform;
- einen 6 m hohen Turm mit Bambusstecken und einem ausgesteiften Sechseck als Grundform;
- eine Pyramide;
- ein Eingangstor;
- eine Brücke;
- eine Kugel;
- eine Hütte;
- einen Unterschlupf;
- eine Bank oder einen Hocker.

Als unterstützende **Leitfragen** haben sich für die Lernbegleitung folgende als sinnvoll erwiesen:  
 Wo gibt es bei eurer Konstruktion Dreiecke?  
 Wie habt ihr denn die Stabilität untersucht?  
 Was habt ihr euch beim Bauen überlegt?  
 Wo kommen tragende Elemente in eurem Bau vor?

### Mögliche weiterführende Aufgabenfelder

Skelettbauten sind sehr verbreitet und prägen unsere Umwelt in hohem Masse (Abb. 48 und 49). Die Kinder erkennen in ihrer Umgebung Architekturen, die durch Dreiecksverbände ausgesteift sind. Sie erkennen Tragkonstruktionen bei Fachwerkbrücken, Scheunen und Industriebauten.

Dieser sensibilisierte Blick auf Skelettbauten in der bebauten Umwelt ermöglicht unter anderem auch im Unterricht, damit zusammenhängende Berufe und Berufsfelder zu thematisieren und zu erarbeiten. Dabei kann etwa folgenden Fragen nachgegangen werden: Wer baut was in unserer Umgebung? Welche Männer und Frauen arbeiten an diesen Bauten? Wie heissen die Berufe? Welche Firmen sind an den Bauten beteiligt?

Es bietet sich auch an, Fachpersonen wie Architekten/Architektinnen, Holzbauer und Stahlbauer, Brückeningenieurinnen und -ingenieure zu ihrem Berufsfeld zu befragen. Damit erschliesst sich nebst der Perspektive »Natur und Technik«, die Perspektive »Wirtschaft und Arbeit« des Sachunterrichts bzw. Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG).

Die Stabilität der Aussteifung kann durch statische Feinheiten erweitert werden:

- Überbrückung mit Kragbogen
- Standsicherheit im Mauerwerksbau
- Turmbau Fachwerktürme
- Tragen und Lasten im Brückenbau
- Druck- und Zugkräfte im Brückenbau
- Stabilität durch Umformung
- Projekt »Brücken – und was sie so stabil macht« <https://www.youtube.com/watch?v=X2um-QjRYuo> (6.6.2018).



Abbildung 48: Fachwerkbrücke, Liestal

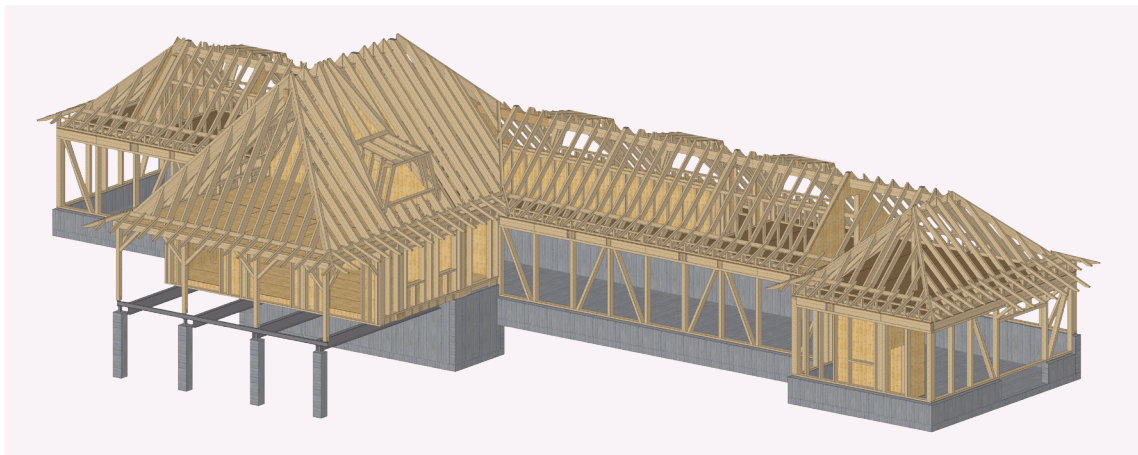


Abbildung 49: Modell, Holzbau Späti AG, Bellach



## 2.4 »MIT FÜSSEN GETRETEN« – FÄCHERVERBINDENDES ERSCHLIESSEN DER TERRAZZO-TECHNIK

*Christian Mathis & Rolf Hergert*

### 2.4.1 EINLEITUNG

Böden werden von uns im Alltag – im wörtlichen Sinne – mit Füßen getreten. Kaum jemand überlegt sich, woraus der Boden eigentlich gemacht ist oder warum und wie er gestaltet wurde. Form, Farbe, Material oder Struktur unserer heutigen Fussböden werden jedoch in den seltensten Fällen zufällig gestaltet und ausgewählt. In ihre Gestaltung und Auswahl werden von den unterschiedlichsten Personen viel Zeit, Können und Überlegungen investiert.

Seit Beginn der Sesshaftigkeit haben Menschen die Böden ihrer Häuser nicht nur aufgrund funktionaler Überlegungen gestaltet. Dabei spielten oft auch ästhetische und kulturelle Überlegungen eine Rolle.

Das hier vorgeschlagene Lernarrangement beschäftigt sich mit einer besonderen Form von Kunststeinböden, die bis heute in zahlreichen Schulhäusern (Abb. 50), Treppenhäusern und Hausfluren sowie Einkaufszentren eingesetzt wird. Es handelt sich um den sogenannten »Terrazzo« oder »Terrazzoplatten-Boden«. Das Lernarrangement lässt sich in den ersten Jahren der Primarstufe in rund zweieinhalb bis drei Tagen verwirklichen.

### 2.4.2 ÜBERLEGUNGEN ZUM BILDUNGSGEHALT

Die Gestaltung von Fussböden mittels der Terrazzo-Technik lässt sich bereits in der heutigen Türkei für die Jungsteinzeit nachweisen.<sup>35</sup> Auch gegenwärtig folgt die Entscheidung für einen Fussboden funktionalen und ästhetischen Überlegungen. Es scheint gar eine kulturhistorische Konstante zu sein, dass die Menschen absichts- und planvoll unter ästhetischen Gesichtspunkten ihre Böden gestalten. Dies zu durchschauen, selbst einen solchen Gestaltungsprozess zu durchlaufen und dabei Autonomieerfahrungen zu machen, kann Kinder unterstützen, künftig Entscheidungen hinsichtlich der Gestaltung und Auswahl funktionaler Alltagsobjekte zunehmend selbstständig fällen zu können.



Abbildung 50: Terrazzo im Schulhaus Dohlenzelg in Windisch

<sup>35</sup> [https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/\\_estriche/terrazzo-1313987](https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/_estriche/terrazzo-1313987) (1.2.2018); <http://www.zeit.de/1985/31/terrazzo-aus-der-steinzeit> (1.2.2018).

Hinzu kommt, dass in der Lebenswelt der Kinder häufig Kunststeinplatten- oder Terrazzoböden vorzufinden sind; vielleicht im eigenen Haus oder in öffentlichen Gebäuden. Am Beispiel des Terrazzo soll exemplarisch ein Verständnis für die Beschaffenheit, Geschichte und Gestaltbarkeit von solchen Fussböden aufgebaut werden. Der Terrazzo ist aus fachdidaktischer Sicht ein funktionales Alltagsobjekt, dessen nachvollziehendes Erschliessen eine emanzipatorische Aufgabe im technischen Bildungsprozess der Kinder übernehmen kann. Kinder können dabei die Erfahrung machen, dass sie den Alltagsobjekten nicht ausgeliefert sind, dass Fragen nach Verfahren, materieller Beschaffenheit, Konstruktions- oder Herstellungsprozessen sowie nach der Erscheinungsform einerseits und nach der Zeit der Entstehung, der Herkunft und des Wandels oder Fortbestehens in der Zeit andererseits beantwortet werden können.

Das hier vorgestellte Lernarrangement lässt die Kinder erfahren, wie mit Mitteln des Technischen Gestaltens und des Sachunterrichts<sup>36</sup> ein Sachverhalt erschlossen und verstanden werden kann.<sup>37</sup> Im Erkunden verschiedener Bodenbeläge aus der Umgebung und in Verbindung mit einer historischen Perspektive wird ihre Wahrnehmungsfähigkeit geschult. Die Ausdrucksfähigkeit der Kinder wird gefördert, indem auf der Basis verschiedener Erkundungen eigene Bodenplattenmuster kreiert werden. So leisten die Auseinandersetzungen einen Beitrag zum Erwerb fundierter Wissensbestände im abgesteckten Themenbereich, welche zukünftiges selbstständiges und verantwortungsbewusstes Handeln unterstützen.

### 2.4.3 MÖGLICHE ZIELE

Bei der Gestaltung, Durchführung und Erprobung dieses Lernarrangements orientierten wir uns an der Idee einer »transversalen Didaktik«.<sup>38</sup> Im Kern steht dabei die Frage, wie fächerverbindender Unterricht gestaltet werden soll, damit möglichst alle beteiligten Fächer bzw. disziplinären Perspektiven voneinander profitieren und dabei gleichberechtigt beteiligt sind. Das Hauptanliegen dieser »Didaktik transversalen Unterrichts« ist es, nicht nur die Fächer in einem Lernarrangement zu verbinden, sondern zudem das domänenspezifische oder fachliche Lernen zu stärken. Deshalb werden neben fachlichen Zielen auch sogenannte transversale Ziele bzw. fächerverbindende Ziele formuliert und verfolgt:

- Die Kinder können die Frage »Was ist Terrazzo?« aus der Sicht des Sachunterrichts/der Geschichte wie auch aus der Sicht des Technischen Gestaltens beantworten.
- Sie wissen, wie der Bodenbelag (sichtbare Schicht) im Gang ihres Schulhauses aufgebaut ist und dass es sich dabei um eine alt hergebrachte technische Methode handelt.
- Sie können den Zusammenhang des aufwendigen Herstellungsprozesses und des zunehmenden Verschwindens von Terrazzoböden mit eigenen Worten erklären.

<sup>36</sup> Konkret wurde aus dem Sachunterricht nur die historische Perspektive gewählt, vgl. GDSU, 2013.

<sup>37</sup> Im Rahmen von HarmoS und der Einführung des Lehrplans 21 in der deutschsprachigen Schweiz sind hier die Fächer TTG und NMG gemeint, vgl. [www.lehrplan.ch](http://www.lehrplan.ch) (1.2.2018)

<sup>38</sup> Vgl. Valsangiacomo, Widorski, & Künzli David, 2014; Widorski, Künzli David, & Valsangiacomo, 2014.

Als fachliche Ziele aus dem Sachunterricht/ NMG/Geschichte wurden folgende Ziele formuliert:

- Die Kinder können anhand von historischen Beispielen erzählen, dass die absichtsvolle und ästhetische Gestaltung von Fussböden durch die Menschen seit der Jungsteinzeit von Dauer ist (Dauer und Wandel).
- Die Kinder können eine rudimentäre Zeitleiste erstellen und historische Ereignisse und Epochen einordnen (Orientierung in der Zeit).

Aus dem Bereich Technisches Gestalten/TTG sind es folgende Ziele:

- Die Kinder können die Herstellung eines Modells für eine Terrazzobodenplatte aus Gips beschreiben.
- Sie können die Gestaltung des Musters durch die bewusste Auswahl der Komponenten steuern und sich dabei auf aktuelle und historische Beispiele beziehen.

#### 2.4.4 SACHANALYSE

Für die Sachanalyse funktionaler Alltagsobjekte lohnen sich meist Anrufe bei Expertinnen und Experten. Internetsuchen führen oft zu detailverliebten Abhandlungen, die für die Vorbereitung auf den Unterricht in der Primarstufe nicht geeignet sind. Als Experten im konkreten Fall wurden die lokale Denkmalpflege, ein Architekturbüro, eine Restaurateurwerkstatt sowie ein Kunststeinwerk konsultiert. Gerade das Kunststeinwerk konnte über die Produktion, die Materialien und die unterschiedlichen Erscheinungsformen anschaulich und fachlich korrekt informieren sowie Muster abgeben (Abb. 51).

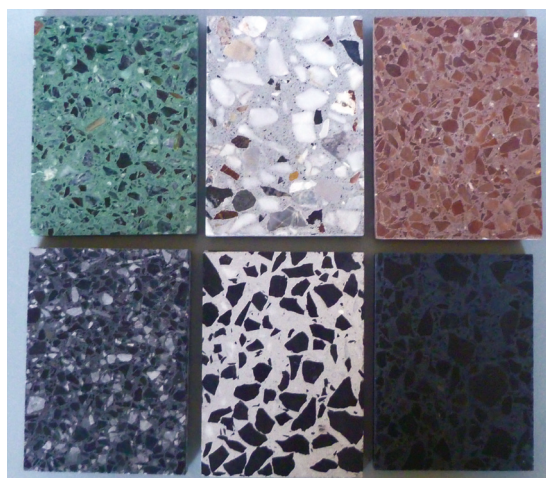


Abbildung 51: Handflächengrosse Muster für Terrazzo

#### 2.4.5 BEGRIFFLICHE BESTIMMUNG

»Terrazzo ist die Bezeichnung für einen bereits seit der Antike bekannten Bodenbelag, der durch das direkte Auftragen von dekorativen, oft farbigen Zuschlagstoffen auf eine meist zementgebundene Estrich-Unterlage mit dieser eine Einheit bildet und im Anschluss an die Trocknung durch Schleifen und Polieren seine endgültige,

glänzende Oberfläche erhält«, lässt sich bei Wikipedia nachlesen.<sup>39</sup>

Der Begriff Terrazzo wurde in Italien geprägt und nimmt Bezug auf die flachpolierte Oberfläche. Im Gegensatz zu anderen Plattenböden zeichnet sich Terrazzo als fugenloser Boden aus.

<sup>39</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Terrazzo> (1.3.2018); weitere Informationen und anschauliche Auskünfte gibt es unter: <http://materialarchiv.ch/app-tablet/#detail/1479/terrazzo-kalkgebunden> (1.3.2018).

Ursprünglich war der Terrazzo ein kalkgebundener Bodenbelag; heute wird meist die kostengünstigere zementgebundene Variante eingesetzt. Das zementgebundene Gemisch wird vor Ort ausgebracht, geschliffen und poliert. Durch das Mischen der Einschlussteile unterschiedlicher Farbe und der gefärbten Zementmischung bestimmt der Zufall das Erscheinungsbild; dies entzieht sich in einem gewissen Masse der Plan-

barkeit und ist also einzigartig. Im Unterschied zum Terrazzo schliessen Mosaikböden durch die meist strenge Anlage und Ornamentik den Zufall bei der Bodengestaltung explizit aus. Für das hier vorgestellte Lernarrangement sind also der »Zufall« und die »nur bedingte Planbarkeit« hinsichtlich der Erscheinung des Terrazzobodens zu betonen.

### 2.4.6 SACHANALYSE FÜR SACHUNTERRICHT/NMG/GESCHICHTE

Nicht immer waren die Menschen sesshaft. Böden aufwendig zu gestalten lohnte sich nur, wenn man genügend lang vor Ort blieb. Eine Ausnahme machten Kultorte. Hier konnten von Archäologen auch für die Mittelsteinzeit – also die Zeit vor dem Sesshaftwerden der Menschen in der Jungsteinzeit – absichtlich, planvoll und aufwendig gestaltete Böden festgestellt werden.<sup>40</sup>

Mit der Sesshaftigkeit und dem Bau von Häusern und festen Unterkünften aus Holz und Lehm wird die Gestaltung des Bodens Teil der Einrichtung bzw. der Gestaltung von (Wohn-)Räumen. Die meisten Häuser der Jungsteinzeit besaßen einen gestampften Lehm Boden. Diese Fussbodenart bleibt über die Jahrhunderte bzw. Jahrtausende die verbreitetste. Sie ist wasserundurchlässig, was den Innenraum trocken zu halten

half. Bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts bleibt der gestampfte Lehm Boden vor allem in ärmlichen, ländlichen Gegenden erhalten. Wo man es sich leisten konnte, wurden Holzdielen auf Estrich verlegt.

Böden, die einerseits besonderer Belastung ausgesetzt waren oder andererseits als repräsentativ galten, wurden mit Steinmaterialien konstruiert. Dabei reicht die Spanne von einfachen Sandsteinplatten zu aufwendig und kostbar verarbeiteten Mosaikböden, in unserer Gegend insbesondere zur Zeit der römischen Antike.<sup>41</sup>

Im Hinblick auf das Lernarrangement ist die Sesshaftwerdung der Menschen als Voraussetzung der systematischen Bodengestaltung im Innenbereich von zentraler Bedeutung.<sup>42</sup>

### 2.4.7 SACHANALYSE FÜR DAS TECHNISCHE GESTALTEN UND ERKUNDUNGEN ZU DEN OBJEKTEN

Für das modellartige Nachbauen von Terrazzoplatten auf der Kindergarten- und Primarstufe ist Gips gut geeignet. Er lässt die Verfahren zur Herstellung gut nachvollziehen und mit kindergerechtem Zeitaufwand durchführen. Gips dient einerseits als Bindemittel und andererseits als

Material zur Herstellung von Einschlüssen. Um den Gips einzufärben sind Acrylfarben geeignet. Sehr intensive Einfärbungen sind nicht empfehlenswert, da der Farbzusatz die Abbindezeit des Gipses deutlich verlängern und die Festigkeit herabsetzen kann.

<sup>40</sup> <http://www.zeit.de/1985/31/terrazzo-aus-der-steinzeit> (1.2.2018).

<sup>41</sup> Bellettatti & Schwarz, 2010.

<sup>42</sup> Mathis, 2016.

Um das Anmachwasser einzufärben und die Gipsmasse mit den Einschlüssen zu mischen, eignen sich Plastikbeutel sehr gut. Um aus der Terrazzomischung Platten herstellen zu können, wird ein Rahmen benötigt, in welchen die Masse gegossen werden kann. Dazu hat sich ein Rahmen aus Leisten bewährt, der auf der Unterseite mit einer aufgeklebten Folie geschlossen wird.

Die gegossene Terrazzoplatte wird im Wasserbad in einer flachen Wanne mit Nassschleifpapier geschliffen. Nach dem vollständigen Austrocknen der Platte wirken die Farben eher blass. Durch eine Behandlung der Oberfläche kann die Farbtintensität erhöht werden. Geeignet sind Öl-Wachsgemische für Steinböden, pflanzliche Öle, die nicht ranzig werden, oder farblose Schuhcreme. Hier lohnt es sich, eigene Erkundungen durchzuführen um zu prüfen, ob das Ergebnis den Erwartungen entspricht.

### 2.4.8 VORGEHEN ZUR HERSTELLUNG EINES GIPSMODELLS EINER TERRAZZOPLATTE

#### Material für eine Platte in der Grösse

8 cm x 8 cm x ca. 2 cm

- Modellgips
- 2 Leisten 12 cm x 3 cm x 2 cm
- 2 Leisten 8 cm x 3 cm x 2 cm (Damit der Gips nicht am Rahmen haftet, werden die Längsseiten der Leisten mit Plastikklebeband oder Klebefolie überzogen.)
- 1 Klebefolie 12 cm x 12 cm
- Ein breites Gummiband, um den Rahmen zusammenzuhalten
- 1 Unterlage ca. 20 cm x 20 cm (z. B. MDF, Hartpavatex, Sperrholz), dazu ein gleich grosses Stück Polystyrol 1 cm dick
- 2 kleine Plastiktassen (Espressotassen; die eine, um Gipspulver abzumessen, die andere, um Wasser abzumessen)
- 1 Plastikbeutel
- 1 flache Wanne mit einem groben und einem feinen Nassschleifpapier (Korn 80 und 120)
- Acrylfarben (zum Abmessen der Farbmenge, je ein Plastik Kaffeelöffel pro Farbe)

#### Herstellen des Holzrahmens

Für die Zielstufe (1./2. Kl.) bewährt sich ein Verfahren, bei welchem fertig gemischte Terrazzomasse in einen Rahmen gegossen wird. Dazu wird der Rahmen lediglich mit einem Gummiband zusammengehalten und auf der Unterseite mit einer Klebefolie geschlossen (Abb. 52). Dies ermöglicht ein problemloses Entfernen des

Rahmens, nachdem der Gips fest geworden ist. Unterlage (20 cm x 20 cm) auf das Styropor stellen und den Rahmen darauf platzieren.



Abbildung 52: Holzrahmen (ca. 12 cm x 12 cm) aus vier Einzelteilen, Klebefolie, zusammengehalten mit Gummiband.

#### Die Einschlüsse herstellen

- 2 kleine Tassen Wasser in einen Plastikbeutel giessen; 2 bis 3 Kaffeelöffel Acrylfarbe nach Wahl dazugeben. Den Beutel oben mit der einen Hand festhalten, mit der anderen durch vorsichtiges Kneten des Beutels die Farbe mit dem Wasser mischen. (Die Farbe muss sich vollständig auflösen!)
- 4 kleine Tassen Gipspulver in den Beutel mit dem gefärbten Wasser geben. Durch vorsichtiges Kneten des Beutels die Masse gut mischen.

- Den Beutel auf einem Tisch flach ausbreiten und glattstreichen, sodass eine gleichmässig dicke Schicht entsteht (Abb. 53). Nach dem Abbinden des Gipses den Beutel entfernen und die Platte in einer flachen Wanne mit einem Hammer in kleine Stücke zerschlagen. So entstehen Einschlüsse in verschiedener Grösse (Abb. 54).



Abbildung 53: Herstellen der Einschluss-Stücke in einem Plastikbeutel.

### Mischen der Terrazzo-Modell-Masse und Eingiessen in Holzrahmen

- 1 kleine Tasse Wasser in einen Plastikbeutel giessen; 1 bis 2 Kaffeelöffel Acrylfarbe nach Wahl dazugeben. Gut mischen (s. Einschlüsse herstellen).
- 1 kleine Tasse mit Einschlüssen füllen (verschiedene Farben nach Wahl). Einschlüsse in den Beutel mit dem gefärbten Wasser geben.
- 1 kleine Tasse Gipspulver in den Beutel geben. Die Masse durch vorsichtiges Kneten des Beutels gut mischen. (Sollte die Masse noch sehr flüssig sein, kleine Menge Gipspulver dazugeben.)
- Eine untere Ecke des Beutels anheben, Beutel schütteln, damit die Ecke frei von der Masse wird und die Ecke mit der Schere grosszügig wegschneiden. Die Masse durch die weggeschnittene Ecke in den Rahmen giessen.
- Mit dem Hammer auf die Unterlage klopfen. So wird die Masse vibriert und allfällige Luftblasen steigen an die Oberfläche.
- Die Masse fest werden (abbinden) lassen (dauert ca. 30 min). Die Abbindezeit kann je nach Farbton und -menge variieren und auch deutlich länger dauern.

### Platte schleifen

Die Platte nach dem Abbinden aus dem Rahmen nehmen. Dazu das Gummiband entfernen und die einzelnen Rahmenstücke von der Platte wegbrechen. Um die Einschlüsse und damit das Muster der Terrazzoplatte sichtbar zu machen, muss diese angeschliffen werden. Das geht am besten im Nassschleifverfahren: Eine flache Wanne mit etwas Wasser füllen (zwei Finger breit genügen), ein grobes Nassschleifpapier auf den Boden der Wanne legen. Die Terrazzoplatte durch vorsichtiges Hin- und Herschieben auf dem Schleifpapier auf der Unterseite anschleifen. Immer wieder kontrollieren, wie sich das Muster der Einschlüsse verändert. Die Oberseite ebenfalls anschleifen. Nach dem Grobschliff ein feines Schleifpapier für den Feinschliff verwenden.



Abbildung 54: Terrazzo-Modell-Platten, die bei der Erprobung in einer 1. Klasse entstanden sind.

### Platte trocknen lassen und Oberfläche behandeln

Nach dem Schleifen soll die Platte vollständig trocknen. Dies kann je nach Luftfeuchtigkeit mehrere Tage dauern. Durch den Trocknungsprozess verblassen die Farben. Damit diese wieder intensiver zur Geltung kommen, kann eine Oberflächenbehandlung vorgenommen werden: Oberflächen mit einem öl-/wachshaltigen Pflegemittel für Steinböden bestreichen und mit einem Lappen polieren. Geeignet sind auch pflanzliche Öle aus der Küche oder farblose Schuhcreme. Es lohnt sich Versuche im Vorfeld durchzuführen, um die Wirkungen der Behandlung zu prüfen. Bei Bedarf kann die Oberflächenbehandlung wiederholt werden.

## 2.4.9 VERLAUFSPLANUNG

### 1. Einstieg ins Thema, Erkundung mittels Fragen

Mögliche Fragen können sein:

- Welche Böden haben wir im Schulhaus?
- Welche Böden habe ich zuhause?
- Wo habe ich welche Böden?
- Wie sehen sie aus (Farben, Muster...)?
- Wie fühlen sie sich an (warm, kalt, hart, weich usw.)? Mit Händen, barfuss, Körper usw. erkunden.
- Wie klingen sie?
- Woraus bestehen sie (Holz, Stein, Kunststoff)?
- Welcher Boden gefällt mir besonders gut? Warum?
- Welchen Boden hätte ich gerne in meinem Zimmer, wenn ich wählen könnte?

Das Erkunden der Böden ist auch mittels Schraffur-Technik möglich. Dadurch können die Oberflächenstrukturen sichtbar gemacht werden. Es hat sich bewährt, die Kinder anschliessend einen Boden aus der Erinnerung malen zu lassen (Abb. 55). Hierbei sollten neben der Wiedergabe der Farben auch die Strukturen betont werden. Die dabei gewonnenen Einsichten können später während der explorativen Phase bei der Herstellung des Modells aktiviert werden.

### 2. Wie haben Menschen früher hier gewohnt?

In diesem Teil geht es darum, sich mit den Kindern in der historischen Zeit zu orientieren; also an ihrer Orientierungskompetenz zu arbeiten.<sup>43</sup> Markus Kübler und sein Team konnten zeigen, dass fast alle Kinder mit ca. acht Jahren folgende vier Epochen nennen und dazu einige Merkmale aufzählen können: Steinzeit, Römerzeit, Ritterzeit und Moderne Zeit.<sup>44</sup> Deshalb sollten mindestens für diese vier Epochen Lebensbilder der Archäologie oder aus Schulbüchern in den Unterricht mitgebracht werden.

Im Gesprächskreis stellt die Lehrperson die Frage, wer vor ihnen denn schon an diesem Ort gelebt und gewohnt habe. Die Schülerinnen und Schüler nennen erfahrungsgemäss zuerst die Grosseltern oder die alte Nachbarin und kommen dann gewöhnlich auf die oben genannten vier »Epochen« zu sprechen. Die Lehrperson sollte die Kinder erzählen lassen, was sie zu diesen historischen Zeiten wissen.

Danach zeigt sie ihnen die mitgebrachten Bilder (wobei für die Steinzeiten unbedingt eines aus der Alt- und eines aus der Jungsteinzeit vorliegen muss). Dabei lenkt sie das Gespräch auf die Behausungsformen und Wohngebäude. Die Bilder werden in chronologischer Reihenfolge vor den Kindern als Zeitstrahl angeordnet.

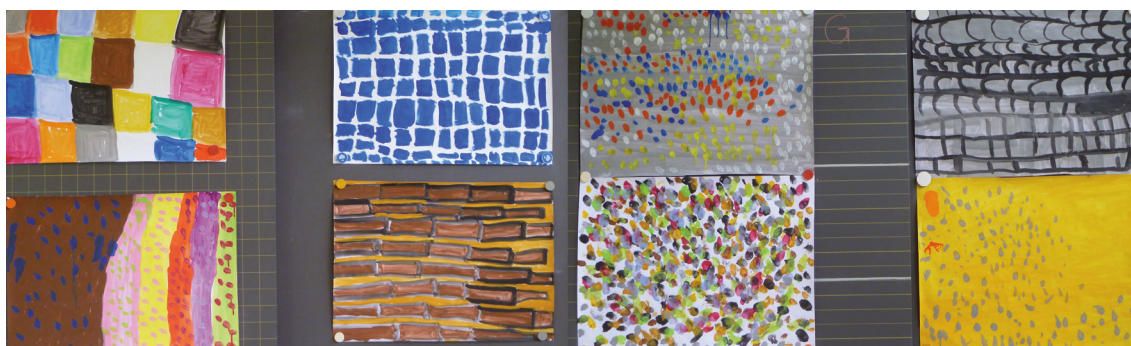


Abbildung 55: Von den Kindern aus der Erinnerung gemalte Bodenbeläge.

43 Ebd.

44 Kübler, 2010.

Die Lehrperson stellt die Frage, ob den Kindern an den Gebäuden etwas auffällt. Sie fragt nach den Lebensformen. Zentral in diesem Gespräch ist die Erkenntnis für die Kinder, dass die Menschen nicht immer sesshaft waren.

### 3. Was ist ein Terrazzoboden?

Einführung zum Bodenbelag »Terrazzo«: Dazu wird vor Ort im Schulhaus der Terrazzoboden im Flur erkundet (vgl. Abb. 50). Leitende Frage könnte sein: Wo gibt es noch solche Böden? Evtl. lassen sich je nach Gehdistanz auch Terrazzoböden im Kaufhaus oder Gemeindesaal usw. erkunden. Die Kinder formulieren Vermutungen über das Herstellungsverfahren.

### 4. Herstellen der Platten für Gipseinschlüsse

Die Lehrperson kann zu Beginn Beispiele von bereits hergestellten Terrazzo-Plattenmodellen zeigen. Auch können allfällig bei einem Kunststeinwerk besorgte Muster gezeigt werden (Abb. 51). Nun sollen die Einschlüsse aus farbigem Gips hergestellt werden (Abb. 56).



Abbildung 56: Eingefärbte Einschlüsse in verschiedenen Grössen.

### 5. Zwischenauswertung

Es ist für dieses Lernarrangement wichtig, den Schülerinnen und Schülern die bisherigen Erkenntnisse bewusst zu machen. Diese Reflexionsphase kann in einem Klassengespräch erfolgen. Dabei soll im Sinne einer Ergebnissicherung festgestellt werden, ob die Kinder in eigenen Worten das Verfahren formulieren können; zudem sollten sie eine Verbindung zum historischen Zeitstrahl machen können.

### 6. Blick in die Geschichte

In diesem Abschnitt werden Beispiele von alten Terrazzoböden gezeigt. Im antiken Rom wurde die Terrazzotechnik vielfach in Badeanlagen eingesetzt (Abb. 57). Dabei kam es oft zu Kombinationen und Kontrastierungen mit Mosaikböden. Um 1900 wurden die Terrazzoböden erneut populär. Sie wurden vor allem in Bereichen eingesetzt, wo man die Böden nass reinigen wollte. Dadurch findet man Terrazzoböden oft in Küchen und Treppenhäusern dieser Epoche (Abb. 58).<sup>45</sup>



Abbildung 57: Historischer Terrazzo aus dem antiken Römischen Reich (Herculanaeum, Italien).

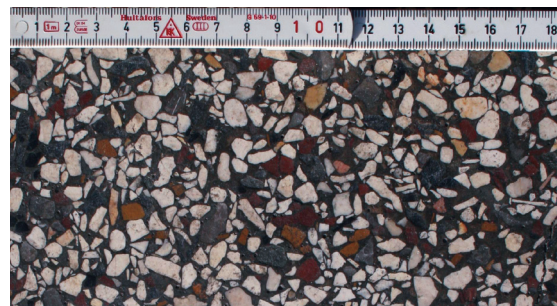


Abbildung 58: Terrazzo im Hausflur eines Hauses, das um die Jahrhundertwende (ca. 1900) gebaut wurde.

<sup>45</sup> Wey, 2011.



### 7. Wie entstehen die Musterungen im Terrazzo? Explorationen zur Erscheinung

Nun werden die Einschlüsse durch Zertrümmern der Platten mit dem Hammer hergestellt (Abb. 59).



Abbildung 59: Einschlüsse aus zerkleinerten Gipsplatten

Um die Kinder zum gezielten Gestalten ihrer Terrazzoplatten anzuregen, kann folgendes Experiment durchgeführt werden. Es handelt sich um ein Kernelement des Technischen Gestaltens, um ein »Experiment« zur Erscheinung der Terrazzoplatten:

Dazu können die Einschlüsse nach Farbe und Grösse sortiert werden (z. B. drei Grössen: klein, mittel, gross). So entsteht die Experimentieranordnung mit dem Experimentiermaterial (Abb. 60): Farbige Papierquadrate in verschiedenen Pastelltönen (stellen das Bindemittel dar).



Abbildung 60: Auslegeordnung für das »Experiment« zur Erscheinung

Die Kinder stellen mit einer vorgegebenen Anzahl Einschlussstücke eigene Kompositionen zusammen. Dazu legen sie ausgewählte Einschlussstücke auf ein farbiges Papierquadrat ihrer Wahl, beschreiben assoziativ die Wirkung der Komposition, verändern diese bei Bedarf und vergleichen ihre Werke miteinander.

Dabei sollen sie Bezüge zu den historischen Vorlagen (Abb. 57 und 58) herstellen. Der Gestaltungsprozess wird so stimuliert und aus einer historischen Perspektive leicht gesteuert. Die Kinder lernen in dieser Phase, dass sie die Erscheinung der Terrazzoplatten steuern können, indem sie die Komponenten gezielt auswählen.

Die Komponenten haben folgende Variablen:

- Bindemittel (eingefärbter Gips) ▶ Farbton
- Einschlüsse (Bruchstücke aus eingefärbtem Gips) ▶ Farbton, Grösse, Menge

### 8. Ein eigenes Modell herstellen

Für die Herstellung des eigenen Modells muss zuerst der Rahmen für das Giessen der Platten vorbereitet werden (Abb. 52). Danach stellen die Kinder die eigene Terrazzomischung her und giessen sie in den Rahmen.

Anschliessend erfolgt eine kurze Ergebnissicherung, wobei die Spannung zwischen den Steuerungsmöglichkeiten und dem Zufallscharakter der Terrazzo-Technik herausgearbeitet werden sollte: Während die auf der Oberfläche sichtbare Grösse, die Art und Dichte der Anordnung sowie das Muster der Einschlüsse dem Zufall unterliegen, können unterschiedliche Farben – in Realität auch die Materialien – oder Form und Grösse der Einschlüsse gesteuert werden. Durch das Herstellen des Modells können die Kinder nun in eigenen Worten dieses Spannungsverhältnis beschreiben.

### 9. Abschluss

Schliesslich gilt es die gegossenen Platten nass glatt zu schleifen (Abb. 61 und 62). Anschliessend erfolgt eine Begutachtung der Ergebnisse. Dabei können nochmals der Zeitstrahl und der Bruch in der Wohn- und Lebensweise in Folge der Sesshaftwerdung während der Jungsteinzeit besprochen werden. In einer kurzen Reflexionsphase in Partnerarbeit und / oder in einem Klassengespräch sollen die Kinder eine Verbindung zwischen der Erscheinung des eigenen Modells und den historischen Vorlagen aus der Römerzeit oder der Zeit um 1900 herstellen (Abb. 63). Zum Beispiel: In den Erprobungen dieses Lernarrangements wählten die meisten Kinder knallige Farben für ihre Modelle, was der Farbwahl der römischen Antike sehr nahekommt.

Als Abschluss des Lernarrangements können die Modelle beispielsweise einer anderen Klasse, anderen Gruppen in den Technikwochen oder den Eltern präsentiert werden, wobei die Kinder in eigenen Worten das Verfahren erklären und dabei Bezüge zum Terrazzoboden im Schulhaus und zu den historischen Vorbildern herstellen.

Zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die Platten ganz ausgetrocknet sind, kann noch die Oberfläche behandelt werden, sodass die Farben wieder intensiver werden.



**Abbildung 61:** Das Modell wird nass geschliffen.



**Abbildung 62:** Das Muster kommt zum Vorschein.



**Abbildung 63:** Vergleich des eigenen Modells mit Bildern der historischen Vorlage.

### Variationen und Ausbau des Lernarrangements

- Exkursion zum Original (z. B. grossflächiger Terrazzo im Brugger Neumarkt, Terrazzo in Ausgrabung des römischen Bads beim Friedhof Windisch usw.)
- Besuch bei Herstellern von Terrazzo (Prozess, Schleifmaschine, Lärm, Vibrationen oder andere »Kräfte«, Gerüche etc.)
- Film zur Herstellung von Kunststeinplatten oder zum Einbau von Terrazzo
- Was ist Zement? Woher kommt Zement? Wie und wo wird Zement hergestellt?
- Was ist Marmor? Woher kommt Marmor?
- Ständiges, regelmässiges Üben der neuen Begriffe (z. B. Jungsteinzeit, Terrazzo etc.)
- Systematische Erkundung der Böden im Schulhaus; Explorationen zu Parkett, Keramikplatten, PVC, Linoleum usw.
- Konsequentes (mehrmaliges) »Zusammenführen« der Inhalte der beiden Fächer

## 2.5 »KLEINER ROBOTER, GROSSE WIRKUNG«

*Seamus Delaney, Joanne Blannin, Duncan Symons & Christine Redman*

### 2.5.1 AUSGANGSLAGE

Interdisziplinäres und geführtes erforschendes Lernen sind Schwerpunkte vieler MINT-Curricula weltweit. Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre Fähigkeit entwickeln, verschiedenartige Probleme zu lösen, kritisch zu denken und in der Lage sein, ihre Argumentationen für Strategien in gruppenbasierten Projekten zu kommunizieren. Diese Schlüsselqualifikationen werden als entscheidend für junge Menschen angesehen, um in der zukünftigen Arbeitswelt bestehen zu können (Prinsley und Baranyai, 2015).

Eine Möglichkeit, diese Fähigkeiten bereits früh im Unterricht der Primarstufe auszubilden, sind erste Erfahrungen mit der Programmierung einfacher Roboter. Im vorgestellten Unterrichtsbeispiel lernen Schülerinnen und Schüler der 2.-Zyklus-Primarstufe (3. bis 6. Klassenstufe) zwei einfache Kodierverfahren, um einen kleinen Roboter so zu programmieren, dass er eine einfache Aufgabe bewältigen kann. Die Herausforderung in diesem Beispiel besteht darin, den Roboter so zu programmieren, dass er das Marsgelände erforschen kann. Durch die Aufgabe beteiligen sich die Lernenden daran, wissenschaftliche, ingenieurwissenschaftliche und mathematische Herausforderungen durch kreative Umsetzungen zu lösen. Aufgrund der Einfachheit der Programmierung des genutzten Systems ist es für die Schülerinnen und Schüler möglich, sich auf grundlegende Problemlösungskompetenzen zu konzentrieren, ohne eine komplizierte Syntax erlernen zu müssen.

Die Lehrerinnen und Lehrer müssen in erster Linie dabei helfen, ein Bewusstsein für den Zusammenhang von Problemlösen, digitalen Technologien, digitalem Design und Technik zu entwickeln. Sie bieten Hilfestellung, um das relevante technische, pädagogische und inhaltliche Wissen zu entwickeln, um die Programmierfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler auszubilden und gleichzeitig ein motivierendes Umfeld zu bewahren. Das Thema »Mars« eignet sich auch als interessantes interdisziplinäres Thema.

Ein weiterer Vorteil der Einführung von Programmen und technischen Aktivitäten in jungen Jahren besteht darin, die Kluft zwischen den Geschlechtern im MINT-Engagement zu überwinden, die bereits im Kindergartenalter bedeutend ist (Hobbs et al., 2017). Wenn man die junge Altersgruppe in ihrer Entwicklung im Umgang mit modernen, interessanten und motivierenden Technologien anspricht, kann dies dazu führen, dass auch Mädchen im Kontext der MINT-Fächer ein größeres Interesse und eine größere Selbstwirksamkeit in Informatik und Technik entwickeln (Master et al., 2017).

Die Robotik im Klassenzimmer wird hier in einem einfachen Beispiel demonstriert. Das Beispiel wurde mit Lehrpersonen, Studierenden, Schülerinnen und Schülern des Victorian Space Science Education Centre in Australien entwickelt und erprobt. Neben der Einführung in das Thema »Mars« werden auch mögliche Vorgehensweisen für das unterrichtliche Geschehen nach der Durchführung der Unterrichtseinheit vorgeschlagen und weiterführende Links bereitgestellt.

2.5.2 BESCHREIBUNG DES THEMAS

Programmierbare Roboter bieten eine motivierende Möglichkeit, um Schülerinnen und Schüler bereits in der Primarstufe mit dem Programmieren und Kodieren vertraut zu machen. Das System »Ozobot« ist ein solches Beispiel. Diese kleinen Roboter mit »Persönlichkeit« können leicht und ohne das Erlernen einer komplexen Programmiersprache programmiert werden. Die Ozobots folgen einer schwarzen Linie. Farbmarkierungen entlang der schwarzen Linie ermöglichen dem Roboter dann, besondere Aktivitäten auszuführen. Im Folgenden werden zwei Beispiele dazu beschrieben. Die codierten Ozobots können sich dabei über eine detaillierte Karte oder eine komplexe Landschaft bewegen. Das Licht oben auf dem Ozobot leuchtet beim Abfahren der Strecke in dem jeweilig erfassten Farbcode auf (Abb. 64). Sounds und Interaktionen mit anderen auf der Strecke befindlichen Ozobots gestalten die Lernerfahrung unterhaltsam und ansprechend.

Eine zweite Methode zur Programmierung der Ozobots ist die Programmierumgebung Ozoblocky. Dies kann über einen Computer oder über

ein Smart Device (z. B. ein iPad) erfolgen. Die einfache Vorgehensweise über »Drag-and-Drop«-Menüs des Programms ist leicht verständlich. Zur Differenzierung oder für weiterführende Klassenstufen kann die Schwierigkeit von einer einfachen »Symbol-Programmierung« bis hin zu einer detaillierteren Programmierung geändert werden. Nach der Erstellung des Programmcodes wird dieser einfach durch eine grafische Übertragung vom Computer/iPad-Bildschirm zum Ozobot übertragen.

Die eigentliche Denkleistung für die Schülerinnen und Schüler liegt darin, dem Miniroboter entweder durch die Aufbringung von Farbcodes auf der Fahrstrecke oder durch die Programmierung mit dem Programm Ozoblocky eine interessante Aufgabe auf einer großen Karte, d. h. in einem Gelände, lösen zu lassen. Dies bereitet die Lernenden darauf vor, die zunehmende Autonomie von Robotern in der Gesellschaft der Zukunft zu verstehen. Beispielsweise könnten Anwendungen dieser Art zukünftig bei selbstfahrenden Autos, Pflegerobotern oder elektronischen Haushaltshilfen auftreten.

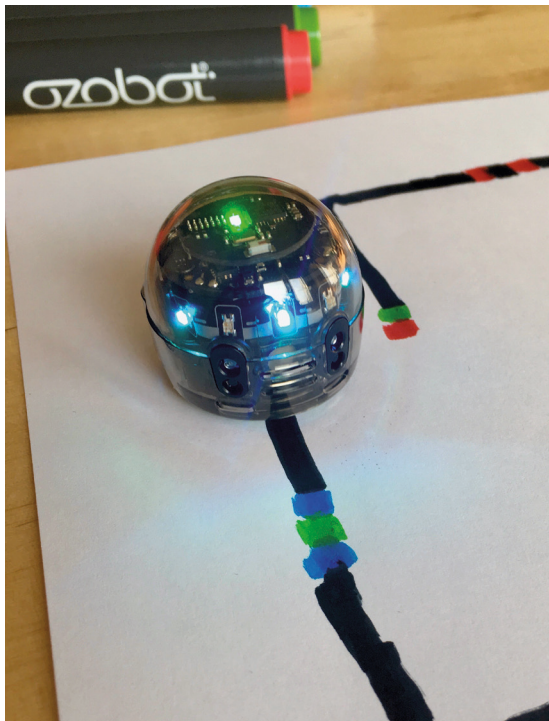


Abbildung 64: Das Ozobot Evo

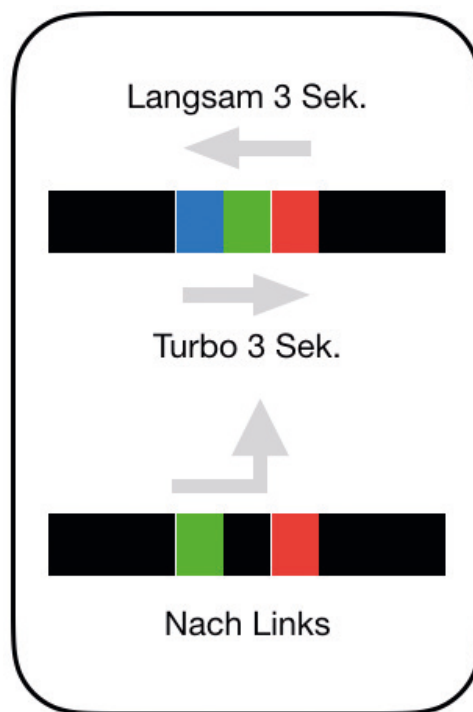


Abbildung 65: Zwei Beispiele der Ozobot-Farbcodes

Mit der hier vorgestellten Aktivität programmieren die Schüler und Schülerinnen den Miniroboter so, dass dieser sich über die Oberfläche des Planeten Mars bewegen kann. Roboter wurden bereits vor über vierzig Jahren zum Mars geschickt, um die Mars-Umgebung zu erforschen und zu analysieren. Sie sind nach wie vor ein wichtiges Forschungsgebiet für Agenturen wie die Europäische Weltraumorganisation (ESA) oder die Deutsche Luft- und Raumfahrtgesellschaft (DLR). Da die Kommunikation zwischen Erde und Robotern auf der Mars-Oberfläche schwierig ist, müssen Roboter so programmiert werden, dass sie bei Bedarf autonom agieren.

Im Victorian Space Science Education Centre (VSSEC), Australien, haben Lehrpersonen, Studierende, Schülerinnen und Schüler in diesem Kontext mit dem elementaren Trainingsmedium Ozobot verschiedene herausfordernde Szenarien realisiert. In Abbildung 66 ist die Kooperation von Kleinstrobotern zum Bewegen und Durchführen von einfachen Aufgaben auf der Mars-Oberfläche dargestellt. Die im Unterrichtsbeispiel vorgestellten Aktivitäten wurden aus diesen Erfahrungen entwickelt.

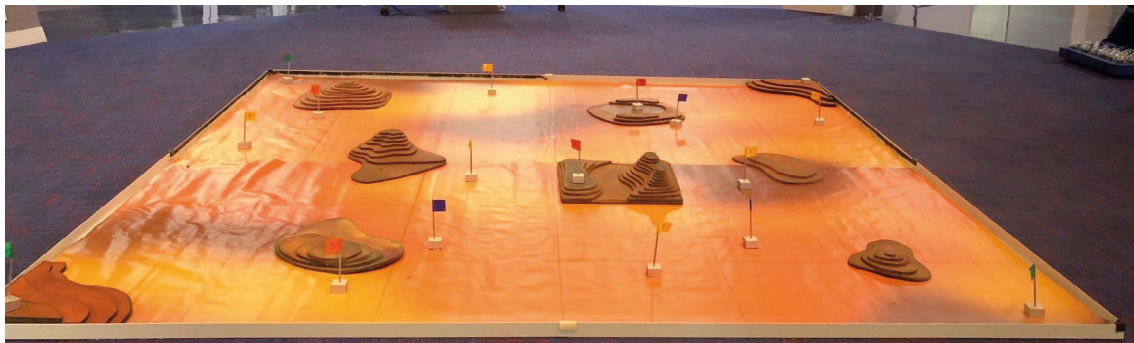


Abbildung 66: Die Mars-Oberfläche, die für die Roboter-Aktivitäten bei der VSSEC verwendet wurde.

### 2.5.3 KOMPETENZBEZUG DES THEMAS

Der Einsatz von Robotik im Unterricht kann durch eine Reihe fachspezifischer und überfachlicher Kompetenzen für Schülerinnen und Schüler mit dem Lehrplan 21 verknüpft werden:

#### Natur, Mensch, Gesellschaft

##### Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschliessen, einschätzen und anwenden

Schülerinnen und Schüler ...

- können Alltagsgeräte und technische Anlagen untersuchen und nachkonstruieren.
- können elektrische und magnetische Phänomene sowie deren technische Anwendungen untersuchen.
- können Bedeutungen und Folgen technischer Entwicklungen für Mensch und Umwelt einschätzen.

#### Mathematik

##### Formen und Raum

Schülerinnen und Schüler ...

- verstehen und verwenden Begriffe und Symbole.
- können Figuren und Körper abbilden, zerlegen und zusammensetzen.
- können in einem Koordinatensystem die Koordinaten von Figuren und Körpern bestimmen, bzw. Figuren und Körper aufgrund ihrer Koordinaten darstellen sowie Pläne lesen und zeichnen.

### Medien und Informatik

#### Anwendungskompetenz

Schülerinnen und Schüler ...

- können Geräte ein- und ausschalten [...] und einfache Funktionen nutzen [...].
- können mit grundlegenden Elementen der Bedienoberfläche umgehen.

#### Informatik

Schülerinnen und Schüler ...

- können Daten aus ihrer Umwelt darstellen, strukturieren und auswerten.
- verstehen Aufbau und Funktionsweise von informationsverarbeitenden Systemen [...].
- können einfache Problemstellungen analysieren, mögliche Lösungsverfahren beschreiben und in Programmen umsetzen.

### Überfachliche Kompetenzen

#### Personelle Kompetenzen

Schülerinnen und Schüler ...

- können Fehler analysieren und über alternative Lösungen nachdenken.
- können Herausforderungen annehmen und konstruktiv damit umgehen.

#### Methodische Kompetenzen

Schülerinnen und Schüler ...

- können die Aufgaben- und Problemstellung sichten und verstehen und fragen bei Bedarf nach.
- können bekannte Muster hinter der Aufgabe/dem Problem erkennen und daraus einen Lösungsweg ableiten.

### 2.5.4 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE FÜR EINE MÖGLICHE UNTERRICHTSSEQUENZ

Bei den hier vorgestellten Unterrichtsinhalten sollten die Schülerinnen und Schüler bereits Erfahrungen mit den Ozobots gesammelt haben oder in Grundzügen mit dem System vertraut sein. Hierzu steht eine Reihe von Unterrichtsmaterialien in deutscher und englischer Sprache zur freien Verfügung. Die beiden QR-Codes in Abbildung 67 verlinken auf zwei deutschsprachige Ressourcen (eine Creative-Commons-lizenzierte Ressource der Pädagogischen Hochschule Schwyz und eine lizenzfreie Ressource der Technischen Universität Graz, Österreich) mit einer Fülle von Lehr- und Lernmaterialien.

In den Beispielen werden verschiedene Anfangsaktivitäten dargestellt, die mit Schülerinnen und Schülern vorgenommen werden können, um grundlegende Erfahrungen mit den Ozobots zu sammeln und eventuell elementare Programmierkenntnisse zu entwickeln.

- Ein guter Erstkontakt mit dem System besteht darin, eine zufällig aufgezeichnete schwarze Linie durch die Ozobots abfahren

zu lassen und den Roboter in Aktion zu beobachten. An Kreuzungen der Linien wählen die Ozobots (sofern nicht programmiert) ihre Strecke nach dem Zufallsprinzip aus.

- In einer zweiten Stufe können die Schülerinnen und Schüler damit beginnen, Farbcodes entlang der Linie hinzuzufügen. Dadurch lassen sich die verwendeten Ozobots z. B. lenken, beschleunigen oder bei der nächsten Intervention mit einem Farbcode nach rechts oder links abbiegen, umdrehen usw.
- Eine weiterführende Aktivität für die Schülerinnen und Schüler z. B. zur Differenzierung wäre die Programmierung der Ozobots mit der Software, um sich z. B. auf einer Karte zu bewegen oder einen Weg durch ein Labyrinth zu finden. Die Schüler können ermutigt werden, ihre eigenen Karten und Labyrinth zu entwickeln, ähnlich wie bei den hier vorgestellten Unterrichtsbeispielen, um ihr kreatives und kritisches Denken einzubringen und Problemlösungsfähigkeiten zu entwickeln.



Abbildung 67: QR-Codes als Link zu den Projektideen



Abbildung 68: Ozoblocky-Code-Lösung

Alle vorgestellten Beispiele lassen sich am besten in kleinen Gruppen durchführen. Dies bietet den Lernenden die Möglichkeit der Teamarbeit, der Kommunikation und der Begründung, z. B. bei der Anwendung von einer entwickelten Strategie.

Im Folgenden werden zwei Arbeitsblätter zum Thema »Roboter auf dem Mars« vorgestellt. Die Blätter haben jeweils einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad.

— Im ersten Beispiel (Teil 1) ist eine unvollständige Labyrinth-Aktivität dargestellt, bei der die Schülerinnen und Schüler die richtigen Farbcodes hinzufügen müssen, damit ihr Roboter seine Mission auf dem Mars erfüllen kann. Es wird empfohlen, das Arbeitsblatt auf ein DIN-A3-Blatt zu vergrößern. Die Schülerinnen und Schüler benötigen für die Aufgabe erfahrungsgemäß 45–60 Minuten.

— Die zweite Aktivität (Teil 2) zeigt eine leere Mars-Oberfläche. Die Schülerinnen und Schüler können entweder ihre eigenen Linien auf der Karte zeichnen oder die Ozoblocky-Programmierungsumgebung verwenden, um die gleiche Mission zu erfüllen. Auch hier ist es empfehlenswert, die leere Mars-Oberflächenvorlage zu einem DIN-A3-Blatt zu vergrößern. Die Schülerinnen und Schüler brauchen dafür erfahrungsgemäß 75–90 Minuten.

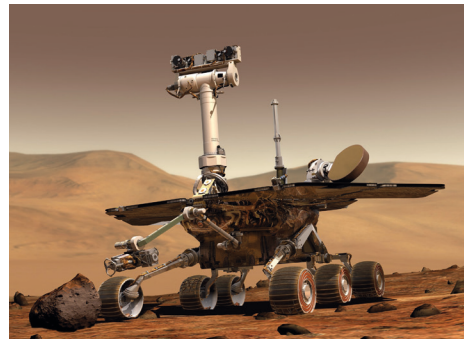
Der QR-Code in Abbildung 68 stellt einen Link zum Arbeitsblatt her und ermöglicht eine Ozoblocky-Code-Lösung für das zweite Beispiel.

2.5.5 ARBEITSBLÄTTER

**Roboter auf dem Mars**

**Worum geht es?**

Roboter werden unter anderem dazu verwendet, um mehr über die Oberfläche und die Umgebung eines Planeten zu erfahren. Sie sollen nach Lebenszeichen suchen, um zukünftige bemannte Missionen zu planen. Aufgrund der großen Entfernung ist es jedoch nicht möglich, die Roboter von der Erde aus direkt zu steuern. Daher müssen die Roboter so programmiert werden, dass sie wissen was zu tun ist, wenn sie auf ein Problem stoßen.



Vor kurzem landete erfolgreich ein Rover auf dem Mars! Seine programmierte Mission besteht darin, die Marsoberfläche zu untersuchen und die Wrackstellen abgestürzter alter Marsmissionen aufzuspüren.

**Was benötigt ihr?**

- Ozobots
- Stifte
- Blatt: Marskarte Teil 1
- Blatt: Marskarte Teil 2
- Blatt: Farbcodes
- Papier

**Was soll gemacht werden?**

- Blatt: Plant den Weg durch eine Karte.
- Blatt: Nutzt alle Farbcodes zur Richtungsänderung des Ozobots.
- Blatt: Erteilt eurem Ozobot Anweisungen, um ein vorgegebenes Ziel zu erreichen.
- Blatt: Programmiert den Ozobot mit einer visuellen Blocksprache.

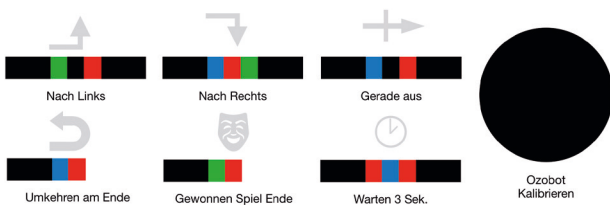
**Wie geht ihr vor?**

Betrachtet die Karte (Marskarte Teil 1). Legt euren Ozobot auf die Startposition. Der Mars-Roboter muss eine Reihe von »Aufgaben« ausführen, bevor er die endgültige Position erreicht.

- Umfährt die *Hellas Planitia*, macht eine Pause für die Vermessung der Wrackteile der *Polar Lander*.
- Sagt »Hallo« zu *Curiosity* und besucht die Wrackteile der *Beagle 2* in der *Isidis Planitia*.
- Fahrt nach Norden, um zu den *Syrtis Major Planum* und dann zu den Wrackteilen des *Schiaparelli EDM Lander* zu gehen.
- Fahrt nach Süden unter die *Valles Marineris* und findet die Wrackteile des *Mars 3*.
- Fahrt nach Norden um die *Thalis Montes* herum zu dem polaren *Phoenix-Lander*.
- Führt den *Viking 1 Lander* zu seinem endgültigen Zuhause, dem *Lunae Planum*.

In Teil 1 fügt ihr der Karte die Farbcodes hinzu, um den Ozobot für die Marsoberfläche zu programmieren (hilfreiche Codes findet ihr weiter unten). Denkt daran, euren Ozobot vor dem Start zu kalibrieren!

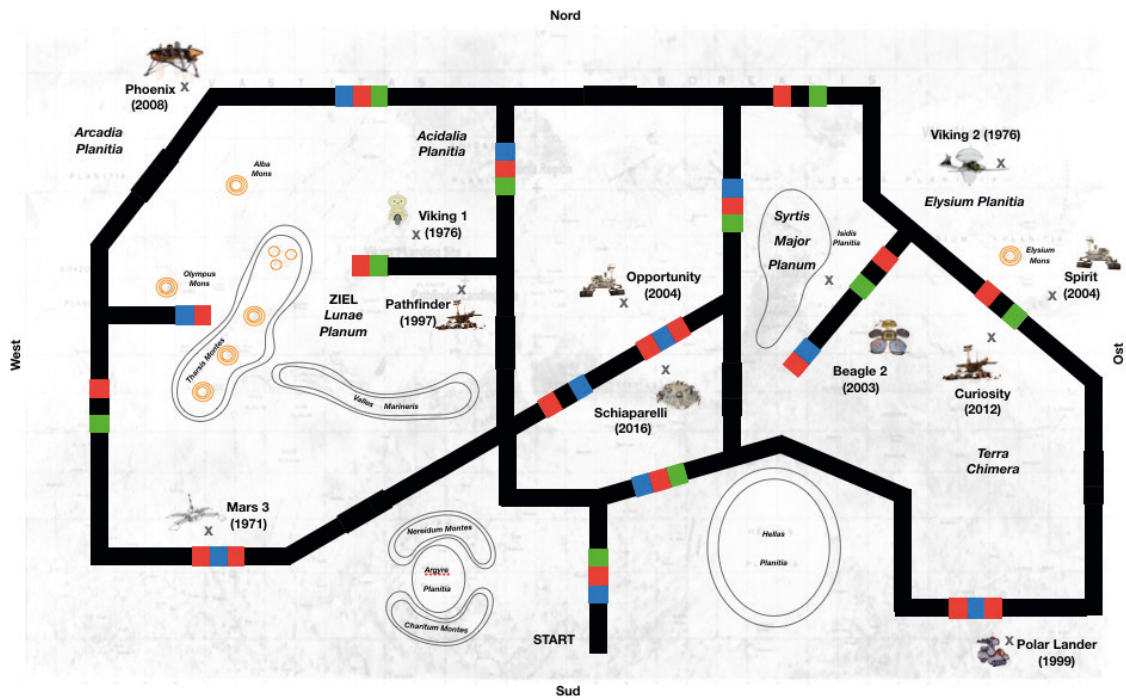
In Teil 2 entwickelt ihr euren eigenen Weg mit einer schwarzen Linie und Farbcodes, um so viele alte Mars Lander wie möglich zu bewegen und zu vermessen! Alle, die eine zusätzliche Herausforderung suchen, können die Programmierumgebung Ozoblocky nutzen, um das Gleiche zu versuchen!



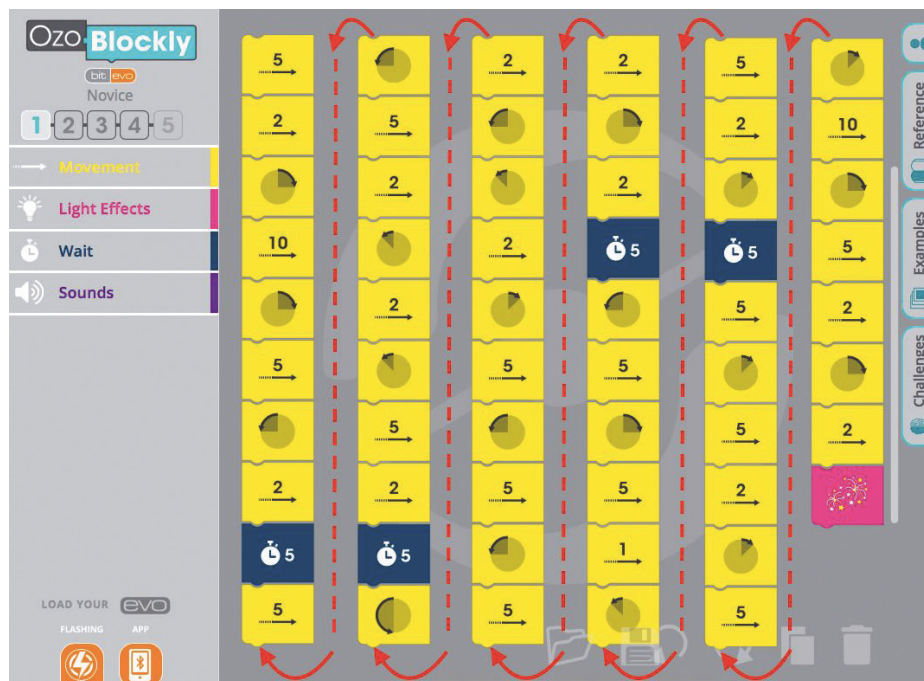


## Mögliche Lösungen

### Teil 1 (Roboter auf dem Mars)



### Teil 2 (Ozoblocky)



## 3 TECHNIKWOCHEN IN DER SEKUNDARSTUFE

### 3.1 TÜFTELN IM PROBLEMLÖSENDE UNTERRICHT MIT TRANSISTORSCHALTUNGEN

Manuel Haselhofer & Joachim Zimmermann

Eines der wohl wichtigsten Halbleiterelemente ist der Transistor. Jedes automatisierte Gerät, jeder Computer, jede moderne Wasch- oder Geschirrspülmaschine wird massgeblich von Tran-

sistoren gesteuert. Dieses elementare elektronische Bauteil wird in den folgenden zwei Kapiteln näher betrachtet und mithilfe von alltagsnahen Beispielen beleuchtet.

#### 3.1.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

##### Vorbemerkung

Der Begriff *elektrischer Strom* stellt einen komplexen Sachverhalt der Elektrotechnik vereinfacht dar. Physikalisch gesehen wird als elektrischer Strom die Bewegung von Ladungsträgern in einem elektrischen Leiter bezeichnet.<sup>46</sup>

Nachfolgend wird zur Erklärung des Transistors als Verstärker sowie als Schalter aus didaktischen Gründen auf die verbreitete *Wasseranalogie* Bezug genommen. Nicht unerwähnt soll dabei bleiben, dass die Vorstellung von elektrischem Strom und dem Fließen von Wasser Grenzen hat, hier jedoch das Kriterium der Anschaulichkeit überwiegt.

##### Transistor als Verstärker

In der Schaltung in Abb. 69 »fließt« der elektrische Strom aus der Stromquelle über den ersten, grossen ohmschen Widerstand ( $R = 100 \text{ k}\Omega$ ) zum Vorwiderstand ( $R_V = 330 \Omega$ ) der LED. Aufgrund des insgesamt grossen zu überwindenden elektrischen Widerstands ( $R + R_V = 100,33 \text{ k}\Omega$ ) fällt die Stromstärke, welche letztlich an der LED anliegt, sehr gering aus und bringt die LED – wenn überhaupt – nur schwach zum Leuchten.

Derselbe Widerstand wird nun in eine zweite, erweiterte Schaltung integriert (Abb. 70). Hier fließt der elektrische Strom aus der Stromquelle und geht dann ab Punkt X zweigeteilte Wege:

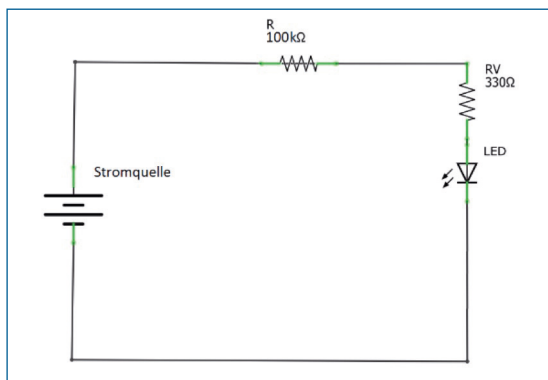


Abbildung 69: Einfacher Stromkreis mit grossem LED-Vorwiderstand

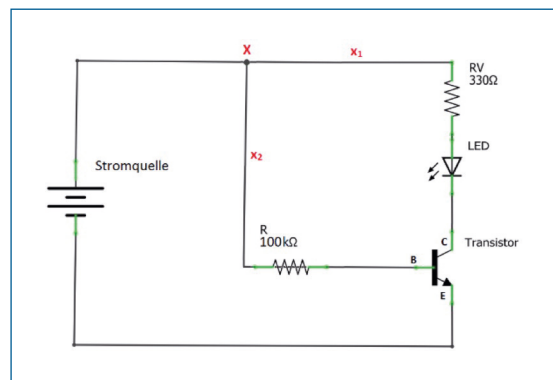


Abbildung 70: Einfache Verstärkerschaltung mit einem NPN-Transistor

<sup>46</sup> vgl. Busch, 2011, S. 2ff.

- $x_1$ : Der elektrische Strom fliesst über den Vorwiderstand und die LED zum **Kollektor (C)** des Transistors. Dort wird er *gestaut* bzw. *gesammelt* (colligere, lat. sammeln – daher »Kollektor«). Er kann von hier zunächst nicht weiterfliessen.
- $x_2$ : Der elektrische Strom fliesst über den grossen ohmschen Widerstand ( $R = 100\text{ k}\Omega$ ). Dieser verringert die elektrische Stromstärke um ein Vielfaches, sodass nur ein sehr kleiner elektrischer Strom an der **Basis (B)** des Transistors ankommt. Dieser kleine, übrig gebliebene elektrische Strom fliesst nun über die Basis und den **Emitter (E)** ab und gelangt zurück zur Stromquelle. Da nun an der Basis (B) ein elektrischer Strom anliegt (der sehr kleine Strom ist dafür schon ausreichend), kann auch der am Kollektor gestaute Strom über den Emitter (E) abfliessen.

Der sehr kleine elektrische Strom wird Basisstrom genannt und steuert bzw. reguliert den grösseren Strom, welcher – wie oben beschrieben – am Kollektor (C) anliegt. Der kleine Basisstrom wird daher auch **Steuerstrom** und der grössere Kollektorstrom **Arbeitsstrom** genannt. Zur Veranschaulichung dient Abb. 71.

Wird die Basis (B) mit einem sehr geringen Steuerstrom versorgt (Schleuse an Basis), kann nur ein kleiner Arbeitsstrom fliessen (Schleuse am Kollektor öffnet sich im Verhältnis zur Schleuse an Basis). Je höher also der Steuerstrom an der Basis, desto höher der Arbeitsstrom. In diesem Falle stellt der Transistor einen Verstärker dar.

Wird die Sättigung des Transistors, also die minimale und maximale Öffnung der Schleuse an der Basis, in zwei Zustände zusammengefasst, nimmt der Transistor die Rolle eines Schalters ein: Steuerstrom an Basis ► Arbeitsstrom an Kollektor fliesst; kein Steuerstrom an Basis ► Arbeitsstrom an Kollektor fliesst nicht ► Transistor sperrt.

Mithilfe des Transistors wird der kleine Basisstrom verstärkt, sodass die LED leuchten kann. Wie hoch die Verstärkung des Steuerstroms im Verhältnis zum Arbeitsstrom ist, hängt von der Bauart des Transistors ab und kann seinem Datenblatt entnommen werden. Der gesamte Strom, der über den Emitter (E) des Transistors abfliesst, fliesst wieder zur Stromquelle zurück. Somit ist der Stromkreis geschlossen. Zusammengefasst bedeutet dies:

Kein / ein kleiner Steuerstrom ► Arbeitsstrom wird am Kollektor **gesperrt/durchgelassen** ► LED **leuchtet nicht / leuchtet**

#### LDR-Schaltung, Transistor als Schalter

Wie im vorherigen Beispiel teilt sich der elektrische Strom an Punkt X ( $x_2$ : der elektrische Strom wird am Kollektor (C) gesammelt, vgl.  $x_1$  in Abb. 70).

- $x_1$ : Der Strom fliesst zunächst über das Potenziometer (einstellbarer ohmscher Widerstand) zur Basis (B) des Transistors und über den Emitter (E) ab. **Der lichtabhängige Widerstand (LDR)** verändert je nach **Lichteinstrahlung** seinen Widerstandswert. Je mehr

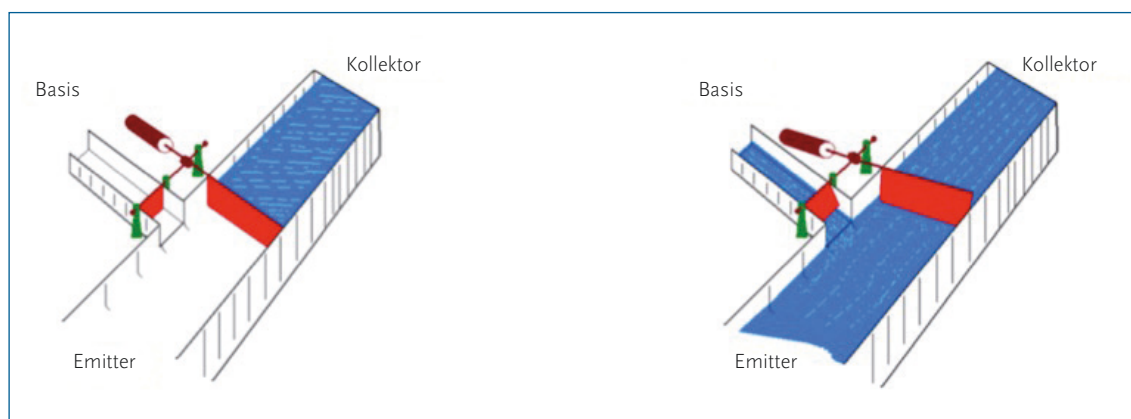


Abbildung 71: Funktionsweise eines Transistors am Beispiel einer Wasserschleuse

### 3 TECHNIKWOCHEN IN DER SEKUNDARSTUFE

Licht auf den LDR fällt, desto kleiner wird sein Widerstandswert und umgekehrt: je weniger Lichteinstrahlung, desto grösser ist der Widerstandswert.

Fällt nun **a)** weniger Licht auf den LDR, d. h. sein Widerstandswert ist hoch, fliesst der Strom über die Basis und den Emitter des Transistors ab. Fällt aber **b)** mehr Licht auf den LDR, d. h. sein Widerstandswert verringert sich, fliesst der elektrische Strom »spart« sich also den Weg über den Transistor. Dieser schaltet nicht durch und die LED leuchtet nicht.

Zusammengefasst bedeutet dies:

Kein bzw. wenig / viel Lichteinfall auf LDR  
▶ Strom fliesst über **Basis und Emitter** ab / LDR ab ▶ Arbeitsstrom wird **durchgelassen** / gesperrt ▶ LED **leuchtet** / leuchtet nicht

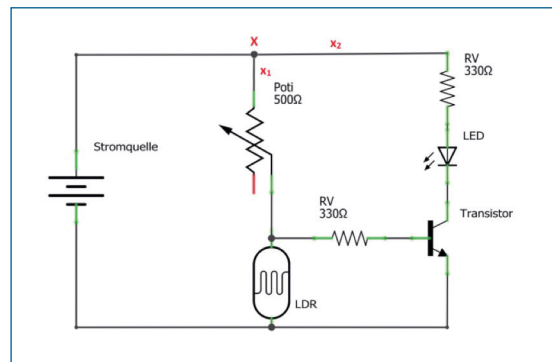


Abbildung 72: Lichtabhängige Schaltung mit einstellbarer Empfindlichkeit (Schaltplan)

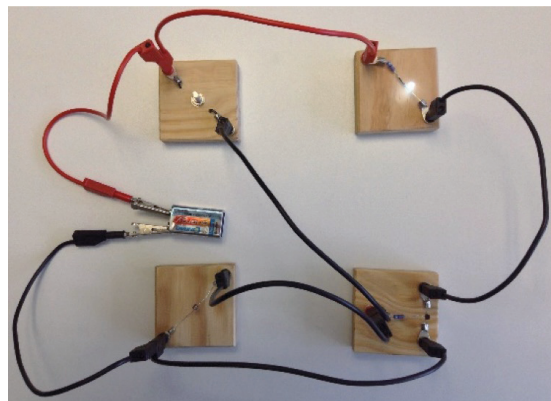


Abbildung 73: Lichtabhängige Schaltung mit einstellbarer Empfindlichkeit (Aufbau)

#### 3.1.2 VERANKERUNG DER THEMATIK IM LEHRPLAN 21

Im Lehrplan 21 finden sich verschiedene Fächer / Fachbereiche, um technische Unterrichtsgegenstände und Themen aus dem Bereich der Elektro- und Informationstechnik in den Unterricht zu integrieren. Eine besondere Rolle spielen die Fachbereiche Natur und Technik sowie Textiles und Technisches Gestalten.<sup>47</sup> Im Folgenden sind wesentliche Kompetenzen des LP 21 mit Bezug zum Thema aufgelistet.

##### Natur & Technik

Die Schülerinnen und Schüler

- NT 1.2 ... können technische Alltagsgeräte bedienen und ihre Funktionsweise erklären.
- NT 5.2 ... können Grundlagen der Elektrizität verstehen und anwenden.

- NT 5.3. ... können elektrische und elektronische Schaltungen untersuchen und analysieren.

##### Textiles & Technisches Gestalten

Die Schülerinnen und Schüler

- TTG 1.A.1. ... können gestalterische und technische Zusammenhänge an Objekten wahrnehmen und reflektieren.
- TTG 2.A.1. ... können eine [...] technische Aufgabenstellung erfassen und dazu Ideen und Informationen sammeln, ordnen und bewerten.
- TTG 2.B.1. ... können Funktionen verstehen und eigene Konstruktionen in den Themenfeldern Spiel/Freizeit [...] und Elektrizität / Energie entwickeln.

<sup>47</sup> vgl. D-EDK, 2017.

### 3.1.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

#### Problemlösender Unterricht

Im technisch orientierten Unterricht ist vielfach von *Problemlösen* die Rede. Ein Problem besteht vereinfacht dann, wenn ein Individuum durch ein Hindernis von einem zu erreichenden Ziel getrennt ist, wobei die Mittel zur Erreichung des Ziels weitestgehend unbestimmt sind.<sup>48</sup> Wird ein bekanntes Ziel mit bekannten Mitteln auf bekannte Weise gelöst, spricht man von einer *Aufgabe*.

So lassen sich im Unterricht Möglichkeiten für *problemlösende Aufgaben* identifizieren und diese unterschiedlich weit öffnen. Dies schafft Gelegenheiten innerhalb einer Klasse nach Leistungsniveau zu differenzieren. Dabei bestimmt

der Grad der Instruktion und Begleitung der Lehrperson darüber, inwiefern die Schülerinnen und Schüler mit dem technischen Problem konfrontiert werden.

Im technischen Problemlöseprozess sind verschiedene Phasen zu unterscheiden, die auf Teilphasen zurückverweisen können, sollte sich eine mögliche Realisierung als nicht dienlich zur Problemlösung erweisen.<sup>49</sup> Die Grafik (Abb. 74) kann zur Strukturierung und Visualisierung im Unterricht eingesetzt werden, um die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich des Problemlöseprozesses zu sensibilisieren und den Ablauf des Unterrichts zu strukturieren.

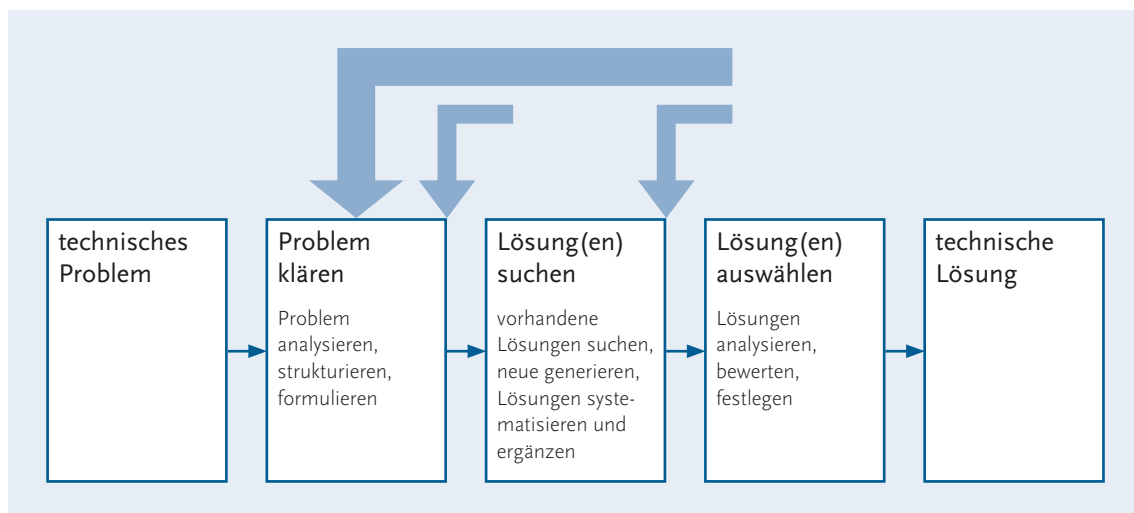


Abbildung 74: Phasen des technischen Problemlöseprozesses in Anlehnung an Graube, G. & Mammes, I. (2016)

### 3.1.4 METHODISCHE HINWEISE

#### Problemstellung

Es hat sich bewährt, das Problem zunächst mit den Schülerinnen und Schülern zu klären. Ein Problem zu formulieren kann dabei sehr anspruchsvoll sein und bedarf ggf. einer Unterstützung durch die Lehrperson. Hier bietet sich der

Einsatz der Grafik in Abb. 74 an. Erst wenn das Problem geklärt und verstanden ist, lässt sich mit der Lösungssuche beginnen. Beispielhaft sind in der Tabelle (nächste Seite) mögliche Problem- und Aufgabenstellungen angeführt.

48 vgl. Krech et al., 1985, zitiert in Graube, 2016.

49 vgl. Ehrlenspiel, 2003, zitiert in Lindemann, 2006.

Technisches Problem	Problemlösende Aufgabe	Öffnungsgrad (weit, mittel, gering)
<b>Schaltung 1: Transistor als Verstärker</b>		
Damit ein Redner in einem grossen Saal verstanden wird, bekommt er ein Mikrofon. Durch das Mikrofon wird seine Stimme erfasst. Wie kann das mit dem Mikrofon aufgenommene schwache Eingangssignal verstärkt werden?	Realisiere eine geeignete Schaltung, welche ein schwaches Eingangssignal verstärken kann.	<i>Weit:</i> weitestgehend selbstständige Erarbeitung der technischen Lösung in Form einer Verstärkerschaltung unter Einsatz eines Transistors. <i>Mittel:</i> Hilfestellungen durch Lehrperson bzgl. technischer Lösung, ggf. mit Schaltplan. <i>Gering:</i> klare Arbeitsanweisungen durch Lehrperson bzgl. Ablauf, Bauteilen und technischer Realisierung.
<b>Schaltung 2: LDR-Schaltung, Transistor als Schalter</b>		
Bei Einbruch der Dunkelheit soll die Strassenbeleuchtung automatisch eingeschaltet werden.	Realisiere eine geeignete Schaltung, welche bei zunehmender Dunkelheit ein Leuchtmittel (Glühbirne oder LED) selbstständig einschaltet.	<i>Weit:</i> weitestgehend selbstständige Realisierung der technischen Lösung, indem ein Transistor als Schalter entdeckt und eingesetzt wird. <i>Mittel:</i> Hilfestellungen durch Lehrperson bzgl. technischer Lösung, ggf. mit Schaltplan. <i>Gering:</i> klare Arbeitsanweisungen durch Lehrperson bzgl. Ablauf, Bauteilen und technischer Realisierung.

Tabelle 3: Technische Probleme und problemlösende Aufgaben

### Hinführung und Erarbeitung

Die Erarbeitungsphase im Unterricht kann die Lösungssuche und Lösungsauswahl zum gestellten Problem beinhalten. Je nach Leistungsniveau lässt sich der Öffnungsgrad variieren, dabei sind offene Lösungsarrangements ebenso denkbar wie stark von der Lehrperson unterstützte Lösungsvarianten.

Für die **Verstärkerschaltung** könnte dies folgendermassen aussehen:

Zur Hinführung bieten sich geschlossene Aufgabenstellungen an, in denen ein Transistor in seiner grundlegenden Funktion als Verstärker wahrgenommen und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktiviert wird. Zwei Schaltungen, in denen ein hoher ohmscher Widerstandswert zu finden ist, werden aufgebaut. Dabei nimmt der Transistor die Rolle eines Verstärkers ein. Eine geringe elektrische Stromstärke wird verstärkt

und bringt ein Leuchtmittel im Arbeitsstromkreis zum Aufleuchten (siehe Arbeitsblatt). Das geringe an der Basis angelegte Potenzial wird durch den Transistor verstärkt.

Für die **Schaltung 2** recherchieren die Schülerinnen und Schüler beispielsweise im Internet, der Fachliteratur oder anhand einer ausgelegten Lerntheke und suchen geeignete Bauteile, um die lichtabhängige Schaltung (Dämmerungsschaltung) zu realisieren (siehe Bauteilliste Seite 64). Kernelemente der Schaltung sind der LDR-Widerstand und der Transistor als Schalter. Abhängig von der Lichtintensität wird das Leuchtmittel ein- bzw. ausgeschaltet. Je nach Widerstandswert des LDR-Widerstands (bei Dunkelheit grösserer Widerstandswert) wird der Schwellwert des Transistors erreicht. Dabei nimmt der Transistor die Rolle eines Schalters ein (siehe Arbeitsblatt).

### Sicherung und Transfer

Die vorgeschlagene Lösung je Schaltung zeigt den Transistor sowohl als Verstärker als auch als Schaltelement. Die Schülerinnen und Schüler können die Erkenntnis, dass der Transistor einerseits als Verstärker, andererseits als Schalter eingesetzt werden kann, in einem Forschungsjournal oder Heft/Ordner dokumentieren. Ebenso lassen sich die Problemstellung sowie die wichtigsten Schritte in der Lösungssuche festhalten. Falls mehrere Lösungen durch die Schülerinnen und Schüler erarbeitet wurden, um das technische Problem zu lösen, kann auch dies zum Thema gemacht werden. Hierbei wären die Lösungsvarianten kriteriengerecht (Funktionalität, Materialeinsatz, Kosten, Energieverbrauch

durch permanent geschaltete Widerstände etc.) zu analysieren und zu bewerten, um sich für die jeweils angemessene Lösung zu entscheiden.

Weitere Anwendungen des Transistors als Schalter finden sich exemplarisch in der Steuerung der Temperatur im Kühlschrankinneren oder bei der Sitzheizung im Auto (hier mit temperaturabhängigem Widerstand). Die Dämmerungsschaltung mithilfe eines lichtabhängigen Widerstands (LDR) findet sich auch in der automatischen Lichtsteuerung bei Autos wieder. Diese Anwendungen können ggf. zur Übung in Folgestunden dienen.

### 3.1.5 WEITERFÜHRENDE HINWEISE

Weitere Ideen für einfache elektrotechnische Experimente mit stark naturwissenschaftlichem

Bezug finden sich u. a. in der *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht* (2013). H. 146.

### 3.1.6 UNTERRICHTLICHE UMSETZUNG

Die Umsetzungsmöglichkeit eines elektronischen Experimentiermaterials, welches in der Zeitschrift für Technik im Unterricht zu finden ist, wurde aufgegriffen und erweitert (Abb. 75).<sup>50</sup> Beispielsweise kann eine lichtabhängige Schaltung mithilfe der Komponenten (siehe Bauteilliste) mit wenig Aufwand umgesetzt werden. Dabei kann das Material sowohl von der Lehrperson gefertigt und den Schülerinnen und Schülern ausgehändigt, als auch von den Schülerinnen und Schülern unter Anleitung der Lehrperson selbst gefertigt werden.



**Abbildung 75:** Experimentiermaterial mit elektronischen Bauteilen

<sup>50</sup> TU – Zeitschrift für Technikunterricht, 2013, Heft 146.

Bauteilliste für Abbildung 69			
Bauteil-Nr.	Bauteil	Stückzahl	Typ / Wertebereich
1	Stromquelle	1	z. B. 9-V-Blockbatterie
2	ohmscher Widerstand	1	330 $\Omega$
3	Leuchtdiode (LED)	1	z. B. weiss: 3,2 V, 20 mA
4	ohmscher Widerstand	1	100 k $\Omega$

Bauteilliste für Abbildung 70			
Bauteil-Nr.	Bauteil	Stückzahl	Typ / Wertebereich
1	Stromquelle	1	z. B. 9-V-Blockbatterie
2	ohmscher Widerstand	1	330 $\Omega$
3	Leuchtdiode (LED)	1	z. B. weiss: 3,2 V, 20 mA
4	ohmscher Widerstand	1	100 k $\Omega$
5	NPN-Transistor	1	z. B. BC 548

Bauteilliste für Abbildung 72			
Bauteil-Nr.	Bauteil	Stückzahl	Typ / Wertebereich
1	Stromquelle	1	z. B. 9-V-Blockbatterie
2	ohmscher Widerstand	2	330 $\Omega$
3	Leuchtdiode (LED)	1	z. B. weiss: 3,2 V, 20 mA
4	lichtabhängiger Widerstand (LDR)	1	z. B. 27 k $\Omega$ – 94 k $\Omega$
5	NPN-Transistor	1	z. B. BC 548
6	Potenziometer	1	500 $\Omega$

**Tabelle 4:** Bauteillisten für die Schaltungen



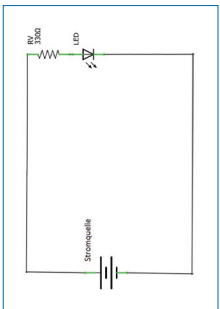
3.1.7 ARBEITSBLÄTTER

1

**Der Transistor als Verstärker und als Schalter**

In den nachfolgenden drei Versuchen lernt ihr den Transistor als Verstärker kennen.

**1.** Die Basis für die folgenden Versuche ist zunächst ein einfacher Stromkreis. Baut dazu den ersten Versuch wie folgt mit einem Breadboard auf.  
Welche Funktion erfüllt der ohmsche Widerstand RV?

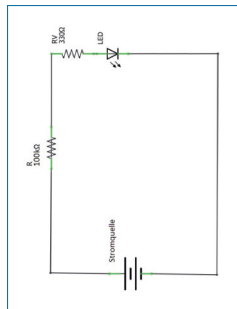


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**2.** Nun soll der erste Stromkreis um einen zusätzlichen, grossen ohmschen Widerstand erweitert werden.

**a)** Wird die LED nun immer noch gleich hell leuchten? Notiert eure Vermutung und baut den Schaltkreis anschliessend, wie oben dargestellt, auf.



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**b)** Beschreibt, was der grosse ohmsche Widerstand ( $R = 100\text{ k}\Omega$ ) in der Schaltung bewirkt.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**c)** Welche Erklärung habt ihr für das neue Leuchtverhalten der LED?

\_\_\_\_\_

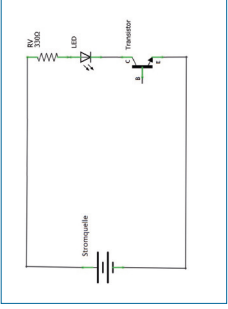
\_\_\_\_\_

2

**3.** Der Transistor in einer elektrischen Schaltung

**a)** Baut den nachfolgenden Versuch auf.

**b)** Leuchtet die LED nun, da der Transistor als Verstärker eingebaut und der grosse ohmsche Widerstand entfernt wurde? Notiert eure Beobachtung.



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

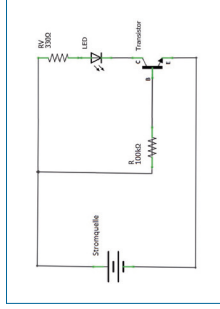
**c)** Welche Erklärung habt ihr für das Leuchtverhalten der LED?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**4.** Baut den nachfolgenden Versuch auf, indem ihr die bisherige Schaltung um den grossen ohmschen Widerstand erweitert.

**a)** Wie hell leuchtet die LED nun im Vergleich zu Aufgabe 3b? Notiert eure Beobachtung.



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**b)** Welche Erklärung habt ihr für das Leuchtverhalten der LED, da jetzt doch der grosse ohmsche Widerstand ( $R = 100\text{ k}\Omega$ ) eingebaut wurde? Welche Rolle könnte der Transistor dabei spielen?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3

5. Schwache elektrische Signale werden im Alltag mithilfe elektrischer Schaltungen verstärkt. Zum Beispiel kann man ein Smartphone an eine Stereoanlage anschliessen und die darauf enthaltene Musik sehr viel lauter abspielen, als es ohne Anlage der Fall wäre. Nur was passiert im Inneren der Stereoanlage? Wie wird das »Musik-Signal« des Smartphones verstärkt?

a) Überlegt in einer Kleingruppe, welche Bauteile für eine einfache Schaltung benötigt werden, die ein schwaches Signal (in unserem Beispiel ein »Musik-Signal«) verstärken kann. Dazu könnt ihr auch das Internet (z. B. [www.deskfactory.de/verstärkerschaltung-mit-transistor](http://www.deskfactory.de/verstärkerschaltung-mit-transistor)) oder euer Schulbuch nutzen. Listet die Bauteile zunächst auf.

---



---



---

b) Zeichnet eine Skizze (Flussdiagramm, Schaltskizze o. ä.) der Schaltung.

c) Realisiert eine geeignete Schaltung inklusive aller Bauteile und prüft sie auf ihre Funktion. Informiert euch gegenseitig darüber, wie das Signal verstärkt wird.

4

6. Früher wurden Strassenlaternen zu einer vorher festgesetzten Zeit zur Beleuchtung eingeschaltet. Wenn sich aber eine frühere Dämmerung im Winter ergibt oder sich die Sonne aufgrund von Unwetter verdunkelt, ist diese technische Lösung nicht ausreichend. Besser wäre eine Strassenbeleuchtung, die sich genau dann selbst einschaltet, wenn sie gebraucht wird – bei Dunkelheit.

a) Überlegt in einer Kleingruppe, welche Bauteile für eine Schaltung benötigt werden, welche bei zunehmender Dunkelheit ein Leuchtmittel (Glimbirne oder LED) selbstständig einschaltet. Erstellt eine Bauteilliste.

---

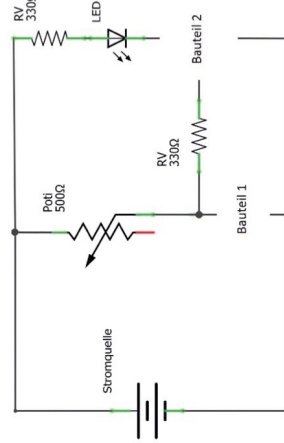


---



---

b) Hier ist ein lückenhafter Schaltplan abgebildet. Vervollständigt den Schaltplan, indem ihr die fehlenden Bauteile 1 + 2 mit den richtigen Schaltzeichen in den Schaltplan einzeichnet.



c) Realisiert die Schaltung und stellt sie euren Mitschülerinnen und Mitschülern vor.

**Lösungen**

1. Der elektrische Strom, der aus der Stromquelle kommt, wird mithilfe des Vorwiderstands  $R_V$  verringert. Somit fällt an ihm auch Spannung ab. Er schützt die LED vor ihrer Zerstörung durch einen zu hohen elektrischen Strom.

2. a) Die LED wird nun (fast) gar nicht mehr leuchten.

b) Der elektrische Strom wird durch den grossen ohmschen Widerstand deutlich verringert.

c) Die LED wird wegen des vorgeschalteten grossen ohmschen Widerstands nur noch mit einem sehr kleinen elektrischen Strom versorgt, welcher nicht mehr für ein (helles) Leuchten ausreicht.

3. b) Die LED leuchtet nicht.

c) Die LED kann gar nicht leuchten, da der Stromkreis nicht vollständig geschlossen ist: Die Basis (B) des Transistors ist nicht in den Stromkreis integriert (und ist essentiell für die Schaltung, damit diese funktioniert).

4. a) Die LED leuchtet in voller Helligkeit.

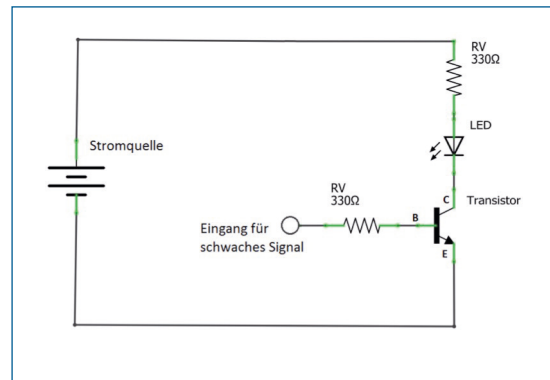
b) 1. Der Transistor funktioniert wie ein Schalter: In Versuch 3a hat die LED nicht geleuchtet, obwohl sie wie in Versuch 1 mit elektrischem Strom versorgt wurde. Die Basis funktioniert wie ein An- bzw. Ausschalter für die LED.

2. Dem Transistor genügt schon ein sehr kleiner elektrischer Strom, der an der Basis (B) anliegen muss, damit die LED, wie in Versuch 3b, geschaltet und zum Leuchten gebracht wird.

5. a) Für die Verstärkung schwacher elektrischer Signale werden Transistoren verwendet, z.B. Bipolartransistoren (Verstärkung elektrischen Stroms) oder auch Feldeffekttransistoren (kurz: FET).

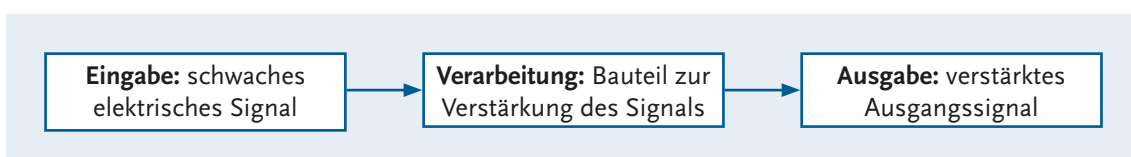
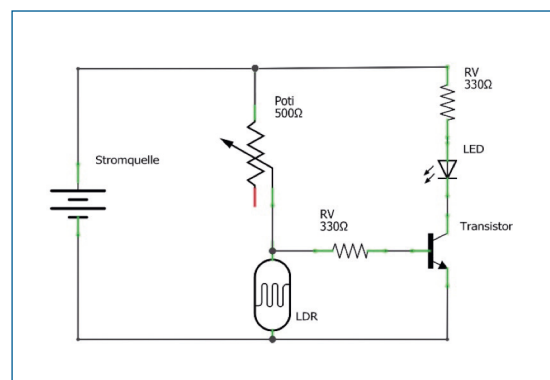
b) Hier kann ein Ablaufschema / Flussdiagramm oder ein skizzierter Schaltplan stehen, z. B.:

c) Musterlösung des Schaltplans mit LED zur Sichtbarkeit des Ausgangssignals:



6. a) Für eine Hell-/Dunkelschaltung muss ein Bauteil eingesetzt werden, das auf Lichtwechsel reagiert. Ein solches Bauteil kann ein lichtabhängiger Widerstand (LDR = Light Dependent Resistor) oder auch eine Solarzelle sein. Aufgrund von unterschiedlichen Reaktionszeiten der Bauteile und aus Kostengründen ist der Einsatz eines LDR am sinnvollsten.

b) Musterlösung des Schaltplans mit LED als Leuchtmittel (anstelle einer LED mit Vorwiderstand kann auch ein Glühlämpchen (6 V) verwendet werden):



## 3.2 ON-THE-FLY-BEURTEILEN AM BEISPIEL EINER AUSSCHALTVERZÖGERUNG

Joachim Zimmermann & Manuel Haselhofer

Im hier vorgestellten Beitrag lernen die Schülerinnen und Schüler die Wirkung und das Zusammenspiel einzelner elektronischer Bauteile

kennen. Sie entdecken sowohl ihre Funktionen als auch ihre Wirkung innerhalb einer Bauteilgruppe anhand einer Ausschaltverzögerung.

### 3.2.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Der Begriff *elektrischer Strom* stellt einen komplexen Sachverhalt der Elektrotechnik vereinfacht dar. Physikalisch gesehen wird als *elektrischer Strom* die Bewegung von Ladungsträgern in einem elektrischen Leiter bezeichnet.<sup>51</sup> Nachfolgend wird dieser komplexe Sachverhalt jedoch aus didaktischen Gründen verkürzt und dadurch vereinfacht.

#### Ausschaltverzögerung

Der elektrische Strom fließt aus der Stromquelle und teilt sich an Punkt X.

- $x_1$ : Der Strom fließt zunächst bis zum Schalter S1. Wird dieser geschlossen (also betätigt), fließt der Strom über S1 bis zum Punkt Z. Dort teilt er sich erneut auf.
- $z_2$ : Der Strom fließt über den Widerstand RV zur Basis des Transistors und über den Emitter ab. Wie in den Beispielen im vorausgehenden Beitrag beschrieben, steuert auch hier der Steuerstrom den Arbeitsstrom (vgl. Kapitel 3.1).
- $z_1$ : Der Strom fließt über den Widerstand nach dem Knotenpunkt Z zum Kondensator (Gold-Cap). Er fließt solange über den Kondensator ab, bis der elektronische Energiespeicher vollständig geladen ist. Das geht allerdings sehr schnell.

Wird der Schalter S1 nun geöffnet, sodass von der Stromquelle über den Weg  $x_1$  kein Strom mehr geliefert wird, müsste man eigentlich meinen, dass die LED nicht mehr leuchtet, da auch von

der Stromquelle ausgehend kein Steuerstrom an der Basis anliegt. Doch der Gold-Cap-Kondensator versorgt die Basis des Transistors solange mit Strom, bis seine gespeicherte elektrische Ladung über die Basis und den Emitter abgeflossen ist. Dann wird die Basis nicht mehr mit elektrischem Strom versorgt, der Arbeitsstrom kann auch nicht mehr fließen und die LED erlischt.

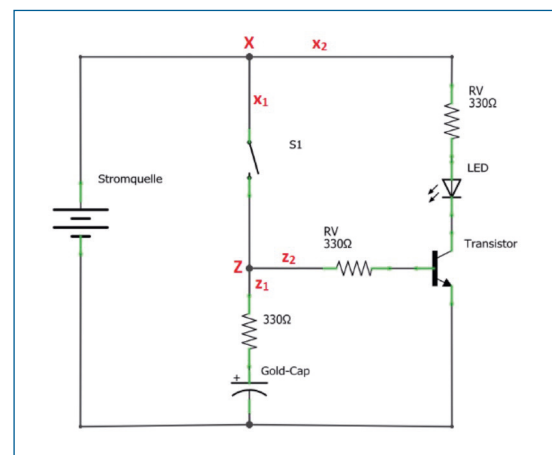


Abbildung 76: Licht-Ausschaltverzögerung (Schaltplan)

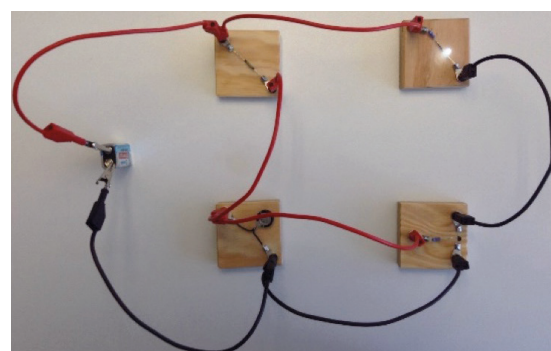


Abbildung 77: Licht-Ausschaltverzögerung (Aufbau)

51 vgl. Busch, 2011, S. 2 ff.

Zusammengefasst bedeutet dies:

- A** S1 wird geschlossen ▶ Strom teilt sich: 1.) fließt über Basis und Emitter ab 2.) lädt den Gold-Cap-Kondensator auf.
- B** S1 wird geöffnet ▶ Gold-Cap-Kondensator ist **geladen** / **entladen** ▶ im Gold-Cap **gespeicherte Ladung fließt über Basis und Emitter ab** / **kein Strom fließt** über Basis ▶ LED **leuchtet** / **leuchtet nicht**

### Ausschaltverzögerung mit einstellbarer Zeit

Die Funktion der Schaltung ist identisch zur vorigen Schaltung (vgl. Kapitel 3.1). Ein Bauteil wurde der Schaltung jedoch hinzugefügt: ein veränderbarer Widerstand (Potenziometer, kurz Poti) (Abb. 78). Das Poti beeinflusst die Entladezeit des Gold-Cap-Kondensators: Je höher der eingestellte Widerstandswert, desto länger die Entladezeit und umgekehrt: je geringer der eingestellte Widerstandswert, desto kürzer die Entladezeit.

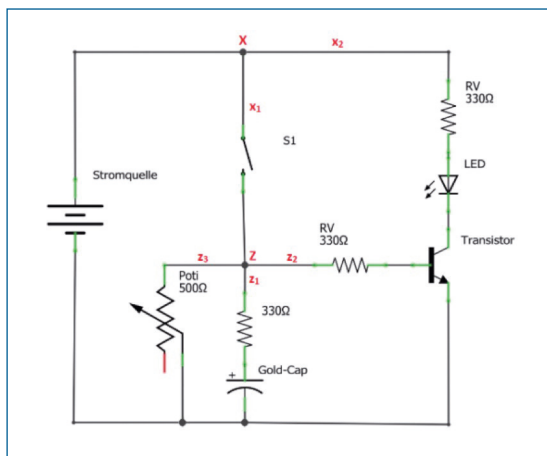


Abbildung 78: Einstellbare Licht-Ausschaltverzögerung (Schaltplan)

Wird der Schalter S1 wie in der vorigen Schaltung nun geöffnet, versorgt der geladene Gold-Cap die Basis (B) des Transistors mit Strom, sodass die LED leuchtet. Über das Poti fließt die gespeicherte Ladung jedoch ebenfalls ab. Ist der Widerstandswert des Potis hoch, kann weniger Ladung in einer Zeitspanne abfließen, als wenn der Widerstandswert des Potis niedrig ist. D.h.: die gespeicherte Ladung fließt über  $z_2$  und  $z_3$  ab, bis der Gold-Cap entladen ist, die Basis nicht mehr mit Strom versorgt wird und somit die LED erlischt.

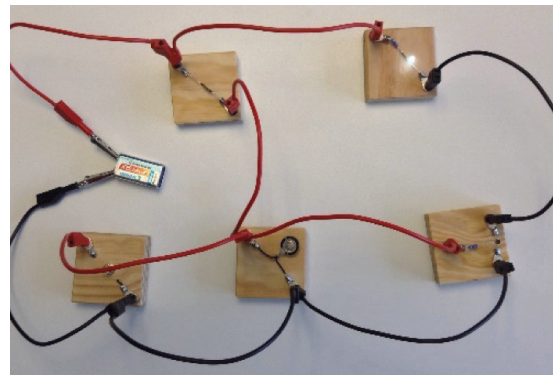


Abbildung 79: Einstellbare Licht-Ausschaltverzögerung (Aufbau)

Mit dem Poti kann folglich die Dauer der Ausschaltverzögerung eingestellt werden. Zusammengefasst bedeutet dies:

- S1 wird geöffnet ▶
- ▶ Gold-Cap-Kondensator ist geladen ▶ im Gold-Cap gespeicherte Ladung fließt über Basis und Emitter und über das Poti ab
  - ▶ Gold-Cap-Kondensator ist entladen ▶ kein Strom fließt
  - ▶ Widerstandswert des Potis hoch ▶ Gold-Cap entlädt sich langsamer ▶ LED erlischt langsamer
  - ▶ Widerstandswert des Potis gering ▶ Gold-Cap entlädt sich schneller ▶ LED erlischt schneller

#### 3.2.2 VERANKERUNG DER THEMATIK IM LEHRPLAN 21

Im Lehrplan 21 finden sich verschiedene Fächer und Fachbereiche, um technische Unterrichtsgegenstände und Themen in den Unterricht zu integrieren. Eine besondere Rolle spielen die Fachbereiche Natur und Technik sowie Textiles und Technisches Gestalten.<sup>52</sup> Im Folgenden sind wesentliche Kompetenzen des LP 21 mit Bezug zum Thema aufgelistet.

##### Natur & Technik

Die Schülerinnen und Schüler

- NT 1.2 ... können technische Alltagsgeräte bedienen und ihre Funktionsweise erklären.
- NT 5.2 ... können Grundlagen der Elektrizität verstehen und anwenden.
- NT 5.3. ... können elektrische und elektronische Schaltungen untersuchen und analysieren.

##### Textiles & Technisches Gestalten

Die Schülerinnen und Schüler

- TTG 1.A.1. ... können gestalterische und technische Zusammenhänge an Objekten wahrnehmen und reflektieren.
- TTG 2.A.1. ... können eine [...] technische Aufgabenstellung erfassen und dazu Ideen und Informationen sammeln, ordnen und bewerten.
- TTG 2.B.1. ... können Funktionen verstehen und eigene Konstruktionen in den Themenfeldern Spiel/Freizeit [...] und Elektrizität/Energie entwickeln.

#### 3.2.3 DIDAKTISCHE UND METHODISCHE HINWEISE

Im Folgenden wird ein methodischer Schwerpunkt auf die Bewertung der elektronischen Schaltung der Ausschaltverzögerung gelegt. Dies erlaubt eine prozessbegleitende Beurteilung von Schülerleistungen und ist als Idee zur Erweiterung des Beurteilungsrepertoires von Lehrpersonen zu verstehen.

##### Was ist formative Beurteilung?

Formative Beurteilung ist individualisierend und aufbauend. Sie ist lernsteuernd und wird im Unterricht laufend durchgeführt zur Begleitung der Lernprozesse. Sie basiert auf Lernstandserfassungen. Es geht um die Begleitung der

Schülerinnen und Schüler auf ihrem Lernweg beziehungsweise um die Optimierung ihrer individuellen Lernentwicklung.<sup>53</sup>

Um den Lernstand im Unterrichtsprozess zu erfassen und das weitere Lernen zu unterstützen, bieten sich eine Vielzahl von Möglichkeiten an, die von Lehrpersonen eingesetzt werden können. Da die vorliegende Zeitschaltung eine komplexere elektronische Schaltung darstellt, wird im Beitrag die Möglichkeit der On-the-fly-Beurteilung beschrieben, weil diese stark auf die Lehrperson zentriert ist und sie gegebenenfalls schnelle Rückmeldungen an Schülerinnen und Schüler erlaubt.<sup>54</sup>

<sup>52</sup> vgl. D-EDK, 2017.

<sup>53</sup> Kuratle, 2015.

<sup>54</sup> vgl. Grob & Labudde, 2015. Weitere Möglichkeiten zu formativer Beurteilung, etwa zu Selbst- und Partner-Beurteilungen von Schülerinnen und Schülern sowie geeignete Beispiele für den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht finden Sie unter <https://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/ph/institute/institut-forschung-und-entwicklung/forschungszentren/zentrum-naturwissenschafts-und-technikdidaktik/angebote-fuer-lehrpersonen> (Zugriff: 15.5.2018).

### On-the-fly-Beurteilungen als eine Möglichkeit formativer Beurteilung

On-the-fly-Beurteilungen beschreiben informelle formative Beurteilungen von einzelnen Schülerinnen und Schülern oder kleinen Gruppen. On-the-fly-Interaktionen werden nicht im Voraus geplant, sondern geschehen spontan, wenn die Lehrperson einen passenden Moment erkennt,

beispielsweise indem sie zwischen Schülergruppen zirkuliert und Rückfragen zu Aufgaben und Arbeitsaufträgen stellt. Abb. 80 zeigt ein Modell, das den möglichen On-the-fly-Prozess zwischen Lehrperson und Schüler/in visualisiert.

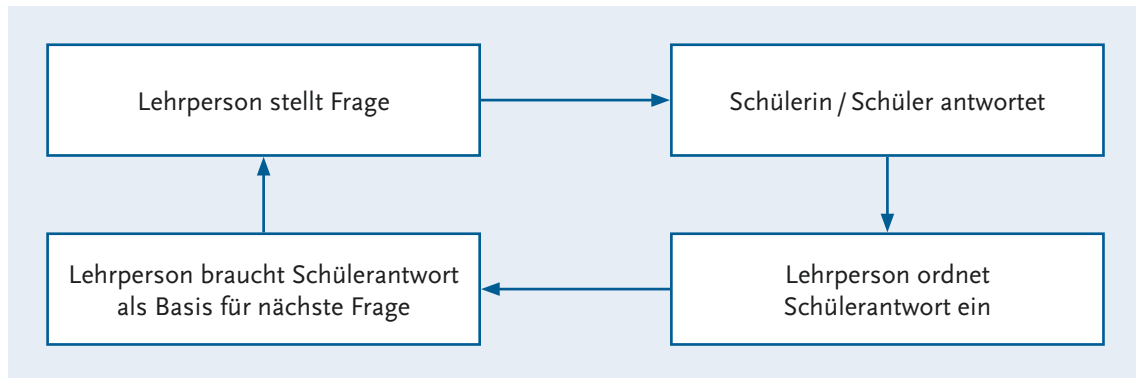


Abbildung 80: Modell für informelle formative Beurteilung nach Ruiz-Primo and Furtak (2006a)

Voraussetzend für die Beurteilung der elektronischen Schaltung ist, dass der Transistor als Schalter den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt ist. Es wird die aus dem vorangehenden Beitrag aufgeführte Verstärkerschaltung erweitert. In vorliegendem Fall dient ein Gold-Cap-Kondensator als Bauteil, welches eine Zeitverzögerung (Ausschaltverzögerung) bewirkt, ausserdem wird ein Potenziometer zur Regulierung der Entladungszeit eingesetzt (siehe fachwissenschaftliche Grundlagen).

Es hat sich bewährt, die Schaltung mit Zeitverzögerung in verschiedene Bauteilgruppen zu untergliedern, um die funktionale Komplexität zunächst zu reduzieren. Es zeigen sich drei Zusammenhänge zwischen den Bauteilgruppen, die sich formativ durch gezielte Rückfragen der Lehrperson beurteilen lassen:

- a) Funktionaler Zusammenhang zwischen Potenziometer und Gold-Cap-Kondensator: Mit dem Potenziometer lässt sich die Entladungszeit des Gold-Cap-Kondensators beeinflussen. Die Entladungszeit des Kondensators nimmt mit zunehmendem Widerstandswert am Potenziometer zu. Mit abnehmendem Widerstandswert hingegen nimmt die Entladungszeit ab.

- b) Funktionaler Zusammenhang zwischen Gold-Cap-Kondensator und Transistor: Solange der Gold-Cap-Kondensator über ausreichend elektrische Ladung verfügt, kann der elektrische Strom über die Basis des Transistors abfließen und somit den grösseren Kollektorstrom steuern.
- c) Funktionaler Zusammenhang zwischen Transistor und Leuchtmittel: Durch den Basis-Emitter-Strom wird der Arbeitsstromkreis des Transistors angesteuert, sodass das Leuchtmittel aufleuchtet.

Die Lernstandserfassungen können sich somit auf die funktionalen Zusammenhänge je Bauteilgruppe beziehen (a, b oder c), um dann das komplexere Zusammenwirken aller drei Bauteilgruppen mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam im Lehrperson-Schüler-Dialog zu erarbeiten. Denkbar ist auch eine Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Expertengruppen je Funktionszusammenhang (a, b oder c). Sollte diese Organisation gewählt werden, empfiehlt sich eine Präsentation der Ergebnisse je Expertengruppe, in welcher die Lehrperson Rückfragen zum Verständnis und Feedback zum Arbeitsprozess formulieren kann.

### 3.2.4 UNTERRICHTLICHE UMSETZUNG

Bauteilliste für Abbildung 76			
Bauteil-Nr.	Bauteil	Stückzahl	Typ / Wertebereich
1	Stromquelle	1	z. B. 9-V-Blockbatterie
2	NPN-Transistor	1	z. B. BC 548
3	Schalter / Taster	1	z. B. Schliesser
4	ohmscher Widerstand	3	330 $\Omega$
5	Leuchtdiode (LED)	1	z. B. weiss: 3,2 V, 20 mA
6	Kondensator	1	z. B. Gold-Cap-Kondensator 1 F (mehr Kapazität als andere)

Bauteilliste für Abbildung 78			
Bauteil-Nr.	Bauteil	Stückzahl	Typ / Wertebereich
1	Stromquelle	1	z. B. 9-V-Blockbatterie
2	NPN-Transistor	1	z. B. BC 548
3	Schalter / Taster	1	z. B. Schliesser
4	ohmscher Widerstand	3	330 $\Omega$
5	Potenzimeter	1	z. B. 10k $\Omega$
6	Leuchtdiode (LED)	1	z. B. weiss: 3,2 V, 20 mA
7	Kondensator	1	z. B. Gold-Cap-Kondensator 1 F (mehr Kapazität als andere)

Tabelle 5: Bauteillisten für die Schaltungen



3.2.5 ARBEITSBLÄTTER

1

### Einsatzbeispiele von Transistoren

1. Was weißt du bereits über den Transistor? Vervollständige die untere Grafik und stelle sie kurz deiner Lehrperson vor.

Zähle die Anschlüsse eines Transistors auf.

C steht für \_\_\_\_\_

B steht für \_\_\_\_\_

E steht für \_\_\_\_\_

Ein Transistor kann die Funktion eines \_\_\_\_\_ übernehmen.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

Was ist noch wichtig?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Beim Einbau eines Transistors in eine Schaltung muss man auf Folgendes achten:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. In der folgenden Schaltung fehlt ein Bauteil, welches elektrische Energie speichern kann.

a) Recherchiere im Internet oder in der Fachliteratur und finde ein solches Bauteil. Wie kann das Bauteil aufgeladen und entladen werden? Braucht es dazu noch ein weiteres Bauteil?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2

b) Zeichne das/die fehlende/n Bauteil/e in den Schaltplan ein.

c) In der obigen Schaltung handelt es sich um eine Zeitschaltung. Welche/s Bauteil/e ist/sind deiner Meinung nach verantwortlich für die Zeitverzögerung? Begründe.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Die Lade- bzw. Entladezeit eines elektrischen Energiespeichers kann durch ein bestimmtes elektronisches Bauteil beeinflusst werden.

a) Finde dieses Bauteil durch Recherche heraus und stelle deine Lösung zwei anderen Mitschülern vor.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Überlege, wie die Entladezeit durch das von dir recherchierte Bauteil verändert werden kann.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Erweitere die Zeitschaltung aus Aufgabe 2 um das Bauteil aus Aufgabe 3 und zeichne ein.

\_\_\_\_\_

5. Notiere Beispiele aus deinem Alltag für eine Zeitschaltverzögerung.

\_\_\_\_\_

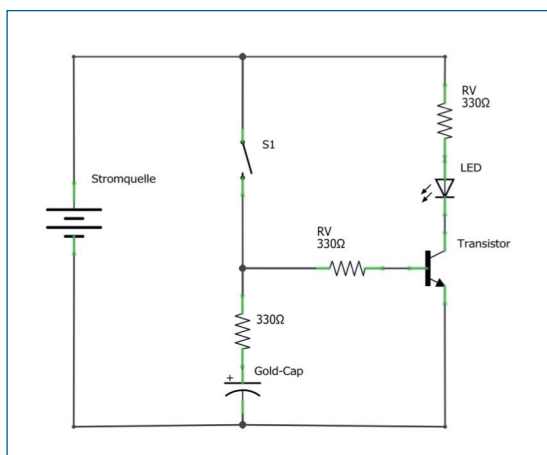
\_\_\_\_\_

#### Lösungen

1. *Anschlüsse eines Transistors*: C steht für Kollektor, B steht für Basis, E steht für Emmitter; *Ein Transistor kann die Funktion eines* a) Verstärkers, b) Schalters übernehmen; *Was ist noch wichtig?* Die flache Seite des Transistorgehäuses ist die Vorderseite. Schaut man also auf die flache, vordere Seite, sind die Anschlüsse von links nach rechts: Kollektor, Basis, Emmitter; *Beim Einbau eines Transistors in eine Schaltung muss man auf Folgendes achten*: Basis mit Vorwiderstand (je nach Bauart des Transistors ► vgl. Datenblatt); Polung: Basis und Kollektor +, Emmitter – (nur bei NPN-Transistor); Kollektor-Emmitter: Arbeitsstrom, Basis-Emmitter: Steuerstrom

2. a) Das gesuchte Bauteil ist ein Kondensator. Es gibt verschiedene Ausführungen: Elektrolytkondensatoren (sog. ElKos), bei denen die Polung entscheidend ist oder auch Superkondensatoren / Gold Caps mit deutlich mehr Speicherkapazität. b) Der Kondensator wird mittels Stromquelle elektrisch geladen. Dabei ist zwingend ein ohmscher Widerstand erforderlich, der in Reihe mit dem Kondensator verschaltet wird, um zu grosse Stromstärken, welche die elektronischen Bauteile zerstören würden, zu verhindern.

c) Musterlösung für die Zeitschaltung (fehlendes Bauteil: Kondensator + ohmscher Widerstand):

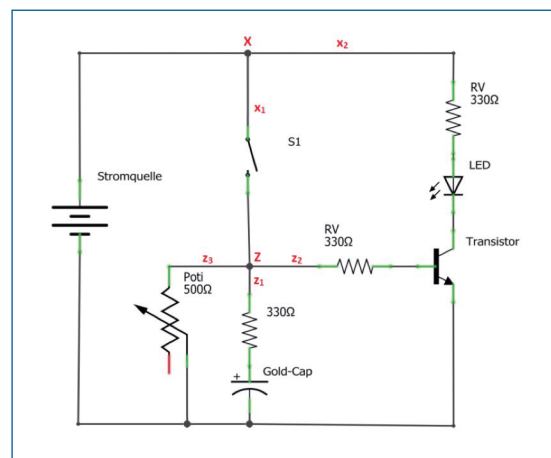


d) Der Kondensator ist für die Zeitverzögerung verantwortlich. Er entlädt sich abhängig von einem angeschlossenen Verbraucher (z. B. ohmscher Widerstand) bei geschlossenem Stromkreis.

3. a) Die Entladezeit eines Kondensators hängt von dem Widerstandswert der angeschlossenen Bauteile ab.

b) Je grösser der Widerstandswert, desto langsamer entlädt sich der Kondensator. Je kleiner der Widerstandswert, desto schneller entlädt er sich.

4. Musterlösung der Zeitschaltung mit einstellbarer Zeitverzögerung:



5. Zeitschaltungen aus dem Alltag: Mikrowelle, Waschmaschine, Geschirrspülmaschine... (alle elektronischen Geräte mit Timer-Funktion), Licht im Treppenaufgang, Strassenbeleuchtung, Weihnachtsbaumbeleuchtung, ...

### 3.3 DER ZAUBERFINGER – EIN EINBLICK IN DIE TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN VON GEFLECHTEN UND GEWEBEN

*Annalies Baier & Ernest Hägni*

#### 3.3.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

In dieser Projektaufgabe liegt der Fokus auf der Sichtbarmachung der technischen Eigenschaften von textilen Flächen, die gewoben, geflochten und gestrickt sind. Durch die verschiedenen Versuchsanordnungen entdecken die Schülerinnen und Schüler Bezüge zu ihrem Alltag und ihrer Umgebung. Darüber hinaus erhalten sie einen Einblick in neue und unerwartete Anwendungsgebiete von textilen Verfahren.

*Niveaus:* Aufgaben 1, 2, 3 / Zyklus 2 und 3

*Zeitaufwand:* Variabel je nach Kombination der Aufgaben. Mind. 4 Lektionen, max. 8 Lektionen; ein oder zwei Halbtage

##### Technische Bildung im Textilen Gestalten

Wie beim Technischen Gestalten werden auch im Textilen Gestalten die praktische Anwendung und die Gestaltung im Sinne des Designprozesses zusammen gedacht.

Becker betont: »Eine stetig steigende Zahl textiler Dinge kennzeichnet die Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen. Im alltäglichen Umgang damit entwickeln sie ein breites Spektrum an informellem Praxiswissen über im Lebensalltag ausgebildete textile Kompetenzen.«<sup>55</sup> Darin liegt ein zentraler Ansatz für den kompetenzorientierten Textilunterricht. Den Schülerinnen und Schülern wird selbstverständliches Alltagswissen und -können bewusst gemacht.

##### Textile Verfahren in der Technik

Das Anwendungsgebiet der textilen Verarbeitung erstreckt sich praktisch auf alle Bereiche, in denen Fasern zum Einsatz kommen. Mitunter sind dies unerwartete Gebiete, die uns auf den ersten Blick durch ihre Materialität oder Dimension fern der Textilverarbeitung erscheinen. So lassen Stahlseile und Drähte und daraus geflochtene Rückhaltenetze und Zäune gegen Steinschlag usw. sehr direkte Bezüge zu.<sup>56</sup> Mit Verbundwerkstoffen, bei denen Eigenschaften von Fasern mit den Eigenschaften anderer Materialien kombiniert werden, können im Leichtbau bis anhin unerreichte Leistungen erbracht werden. Neben den Eigenschaften der Fasern an sich prägt die Verarbeitung, also die textilen Verfahren, die Eigenschaften der Verbundwerkstoffe massgeblich. Als Beispiel hierfür seien die diversen Geflechte und Gewebe von Glasfasern und Kohlefasern erwähnt, die dreidimensional flexibel geflochten als auch zu steifen Matten verwoben werden und somit für unterschiedliche Ansprüche eingesetzt werden können.<sup>57</sup> In diesem Bereich wird weiterhin intensiv geforscht und wir können in dieser Hinsicht gespannt auf weitere Entwicklungen sein.

##### Architektur

Von der Gegenüberstellung der Grundrisspläne von Städten zu textilen Geweben<sup>58</sup> über den Einsatz textiler Werkstoffe als funktionale Bestandteile von Bauten – Sonnen- und Regendächer – bis hin zu Verbundwerkstoffen mit Zement<sup>59</sup> lassen sich viele interessante Bezüge und Entwicklungen in der Architektur beobachten.

<sup>55</sup> Zit. nach Stuber Thomas, S. 271.

<sup>56</sup> Bsp. Sortiment der Firma Geobruugg AG.

<sup>57</sup> Bsp. Sortiment der Firma Suter-Kunststoffe AG.

<sup>58</sup> Tec21, S. 22–27.

<sup>59</sup> <https://www.nzz.ch/wissenschaft/technik/textilbeton-als-baustoff> (12.6.2018).

#### Mode

Unter dem Schlagwort »Intelligente Textilien« werden eine Vielzahl textiler Neuerungen zusammengefasst, die sich über die Gebiete der Nanotechnologie, Elektrotechnik, Transpirationsfähigkeit von Textilien usw. erstrecken. Fast jede Woche wird in den Medien über diese Innovationen berichtet. Anwendungen aus diesem Gebiet werden sich wohl eher früher als später im Alltag etablieren.

#### Medizin

Ein bekanntes Beispiel für eine Anwendung im Medizinalbereich bietet der Stent, der Gefässerweiterungen von beeinträchtigten Arterien und Venen ermöglicht.<sup>60</sup> Im Bereich der Prothetik gehen neueste Forschungen weg von der klobigen »Cyborgästhetik« hin zu den an der Biologie orientierten Bauplänen und Materialverhalten.<sup>61</sup> Zwei Beispiele hierfür schauen wir uns im Verlauf der Projektaufgabe an.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine Ausdehnung der textilen Verfahren in verschiedenste Bereiche der modernen Technik häufiger als bisweilen angenommen wiedergefunden werden kann. Wir fokussieren in dieser Projektaufgabe auf drei textile Verfahren und ihre Eigenschaften, ziehen dabei aber nur das Geflecht in der Anwendung weiter.

#### Kompetenzbereiche

Die Schülerinnen und Schüler können:

- eine Aufgabenstellung erfassen, Ideen und Informationen sammeln und nach eigenen oder vorgegebenen Kriterien ordnen (TTG 2 A)
- Lösungen für eigene Produktideen aus Experimentierreihen ableiten (TTG 2 A)
- Entwicklungen und Innovationen aus Design und Technik in ihrer komplexen Vernetzung analysieren, diskutieren und deren Folgen für den Alltag einsetzen (TTG 3 B)

### 3.3.2 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE

#### Durchführung

Diese Projektaufgabe ist so ausgelegt, dass bei der Lösungsfindung nach der Analogiemethode von Stuber und Käser<sup>62</sup> in drei Gruppen gearbeitet wird. Die Aufträge sind so beschrieben, dass in einem ersten Schritt nach bestimmten Angaben gearbeitet wird und dabei die Gruppe eigenes Wissen aktiviert, erweitert und vernetzt. Bei der zweiten Aufgabe analysiert die Expertengruppe das eigene Ergebnis.

#### Material und Verfahren

Die Materialien und Verfahren wurden so gewählt, dass sie einfach zugänglich sind und wenige Vorkenntnisse bei den Lehrpersonen sowie bei den Schülerinnen und Schülern bezüglich der Bearbeitung vorausgesetzt werden. Die Material- und Bearbeitungshinweise sind jeweils direkt bei den Aufgaben angemerkt.

<sup>60</sup> Rubin, S.46–49.

<sup>61</sup> <https://www.festo.com/group/de/cms/10248.htm> (12.6.2018).

<sup>62</sup> Stuber, S. 185.

**Für die Lehrperson**

Gemäss Stuber und Käser beschäftigt sich die Analyse mit bestehenden technischen Produkten, Prozessen und Systemen: »Es findet eine Auseinandersetzung mit realer Technik statt, um Informationen zu ihrem Aufbau und ihren Wirkungsweisen erschliessen zu können. [...]. Durch die Analyse bestehender technischer Objekte sollen die Lernenden Kenntnisse über deren Aufbau, über deren zugrundeliegenden Wirkprinzipien und Funktionszusammenhänge, über angewendete Herstellungsverfahren sowie über die verwendeten Werkstoffe gewinnen. Praktische Fertigkeiten und systematisches Handeln werden geübt. Die Neugier der Schülerinnen und Schüler wird unterstützt und gefördert.«<sup>63</sup>

**Zu den technischen Experimenten**

Stuber und Käser erläutern: »Ausgangspunkt eines technischen Experimentes ist eine Fragestellung oder eine Hypothese. Diese soll überprüft, bestätigt oder widerlegt werden. [...] Bei naturwissenschaftlichen Experimenten steht der Zusammenhang von Ursache und Wirkung im Zentrum, also die Frage nach dem Warum. [...] Der Erkenntnisgewinn durch das technische Experiment erweitert die Sachkompetenz bezüglich des untersuchten Sachverhalts.«<sup>64</sup>

Es wird hier nicht weiter auf die fachdidaktischen Grundlagen eingegangen. Die Aufgaben orientieren sich an dieser Erläuterung und leiten die wesentlichen Schritte jeweils schriftlich an.

**3.3.3 ARBEITSBLÄTTER**

**Herstellung von textilen Bändern**

Bildet drei Expertengruppen, um diesen Aufgabenteil zu bearbeiten. Die 1. Gruppe webt, die zweite Gruppe flechtet und die dritte Gruppe strickt nach genauen Angaben ein Band.

**1. a) Experiment 1, Weben**

*Material: Streifen 40 x 120 mm aus 3 mm Graukarton, Festes Baumwoll- oder Leinenmaterial in 2 Farben (mittlere Stärke)*  
Zeit: ca. 1 x 45 Min.

Herstellung:

- Zuschneid des Kartonstreifens (auf die Laufrichtung achten)
- Spannen der Kettfäden, Befestigung auf Rückseite mit Klebeband
- Vorgehen Weben siehe Film 1
- Abschluss, wenn das Band 10 cm lang ist, dieses vom Karton wegnehmen. Dabei Kettfäden durchschneiden und abknöpfen, damit das Band nicht ausfranst.

**b) Experiment 2, Flechten**

*Material: je 8 Fäden ca. 50 cm Länge aus festem Baumwoll- oder Leinenmaterial (mittlere Stärke)*  
Zeit: ca. 1 x 45 Min.

Herstellung:

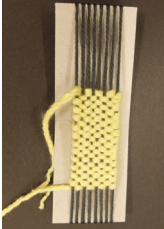
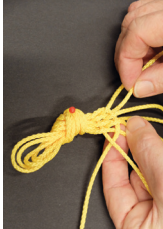
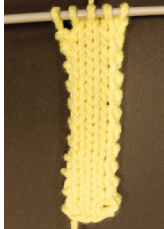
- Die 8 Fäden an einem Ende zusammenknöpfen
- Vorgehen Flechten siehe Film 2
- Abschluss, wenn das Band 10 cm lang ist, alle Fäden zusammenknöpfen.

**c) Experiment 3, Stricken**

*Material: 1 Knäuel festes Baumwollmaterial (mittlere Stärke), 2 Stricknadeln Nr. 4,5*  
Zeit: ca. 1 x 45 Min.

Herstellung:

- Die 8 Fäden an einem Ende zusammenknöpfen
- Vorgehen Stricken siehe Film 3
- Abschluss, wenn das Band 10 cm lang ist, alle Maschen abketten.

63 Stuber, S. 191.

64 Stuber, S. 192.

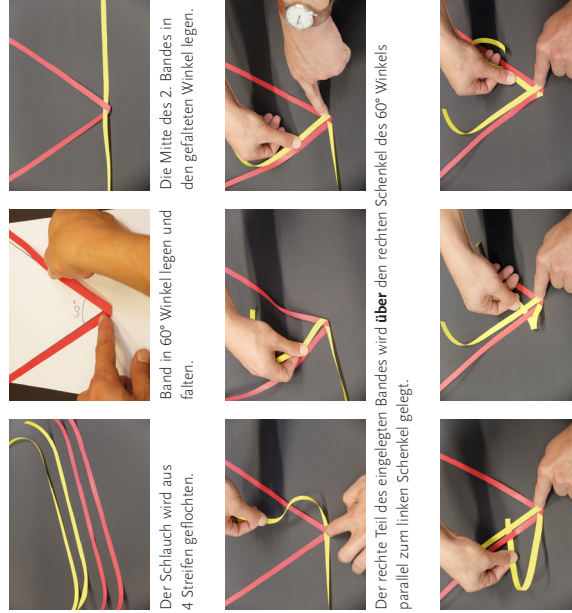
3

### Der Zauberfinger

Material: Experimente 1 und 2; Geschenkpapierband 7–8 mm, breit; 2 Farben Länge 50 cm.  
Zeit: 1–2 x 45 Min.

Wir haben erfahren, dass Gewebe und Geflechte unterschiedliche Eigenschaften haben. Diese kann man sich ganz gezielt zunutze machen. Ein Beispiel hierfür ist der geflochtene Schlauch, der in der Technik für spezifische Anwendungen eingesetzt wird und in der »spielerischen« Anwendung als Zauberfinger bekannt ist.

#### 3. a) Herstellung der Grundelemente



Der Schlauch wird aus 4 Streifen geflochten.  
Die Mitte des 2. Bandes in den gefalteten Winkel legen.  
Band in 60° Winkel legen und falten.  
Der rechte Teil des eingelegten Bandes wird **über** den rechten Schenkel des 60° Winkels parallel zum linken Schenkel gelegt.  
Der linke Teil des eingelegten Bandes wird **unter** den linken Schenkel des 60° Winkels und **über** das parallel liegende Band zum rechten Schenkel gelegt.  
Wiederhole diesen Vorgang für das 2. Grundelement.

2

### Analysieren und Recherchieren

2. a) Analyse der gefertigten Bänder  
Material: Experiment 1 = gewobene, Experiment 2 = geflochtene und Experiment 3 = gestrickte Bänder.  
Zeit: 20 Min. in der Expertengruppe und dann 15 Min. im Plenum

Die entstandenen Bänder werden nun nach den in der Tabelle aufgeführten Angaben analysiert. Beobachte dabei das Verhalten dieses Bandes und trage das Untersuchungsergebnis in die untenstehende Tabelle ein.

	Gewobenes Band	Geflochtene Band	Gestricktes Band
Ziehen und Stauchen in der Breite			
Ziehen und Stauchen in der Länge			
Evl. weitere Beobachtungen			

Diskutiert nun in eurer eigenen Gruppe (Flechten, Weben oder Stricken), weshalb euer Band so reagiert und schreibt Vermutungen (Hypothesen) auf.

---



---



---

Jede Expertengruppe teilt die Ergebnisse dem Plenum mit. Anschliessend werden die Bänder der jeweiligen Expertengruppen ausgetauscht und die Aussagen durch die andere Gruppe überprüft. Bis jetzt habt ihr Eigenschaften an Bändern (Flächen) analysiert. Im Folgenden wenden wir uns einer Anwendung im dreidimensionalen Bereich zu.

- b) Rechercheauftrag
- Bildet 2 Gruppen.
  - Eine Gruppe untersucht mit dem erworbenen Wissen die Verarbeitungsweise eurer Kleidungsstücke.
  - Die andere Gruppe geht im Schulhaus mit dem Fotoapparat auf die Suche nach Geflochtenem, Gewobenem, Gestricktem; das nichts mit Bekleidung zu tun hat. Druckt die Bilder aus.
  - Besprecht im Plenum eure Fundstücke aus den 2 Rechercheaufgaben.

4



- Die Schlaufen, die hinten entstanden sind, werden nun angezogen und wir erhalten die dreidimensionale Röhrenform.
- Fahre fort mit dem Flechten, bis du eine Röhre von ca. 20 cm Länge erreicht hast und verknote die rechten und linken Enden miteinander.

4

### 3.b) Das Flechten des Schlauches



- Beide Grundelemente werden nun nebeneinander gelegt.
- Der rechte Teil wird mit dem linken Teil zusammengeflochten.
- Den 1. Streifen des rechten Teils **über** und dann **unter** den 2. Streifen parallel zum linken Teil flechten.
- Den 2. Streifen des rechten Teils **über** und dann **unter** den 2. Streifen parallel zum linken Teil legen.
- Nun sind beide Streifen zusammengeflochten. Kontrolliere, dass die Streifen sich immer abwechselungsweise einmal unten und einmal oben überkreuzen.



- Wir beginnen **rechts**: Rechten Streifen hinten durchführen.
- Von hinten kommend, Richtung Mitte parallel zu den anderen Streifen flechten.
- Auf der Hinterseite bildet sich dabei eine Schlaufe.



- Nun kommt der gleiche Schritt von **links**:
- Linken Streifen hinten durchführen und vorne zur Mitte einflechten.

5

**b) Nitinoldraht, ein Draht mit Gedächtnis**

**Material:** 20 cm Flexinoldraht, 0,1 mm stark (Bezug z. B. bei [www.nodna.de](http://www.nodna.de)), Grundbrett, 2 Stäbchen aus Restenholz (alternativ Konstruktion aus Karton), kleine Nägel, 20 cm Klingeldraht, 4,5-Volt-Batterie, 2 Krokodilklemmen  
**Zeit:** Bau 30 min, Recherche 30 min

**Einführung**

»Nitinol ist eine Nickel-Titan-Legierung und der bekannteste Vertreter der Formgedächtnis-Legierungen. (...) Ein typischer Einsatz ist wegen der grossen Verformbarkeit und der guten Korrosionsfestigkeit chirurgisches Werkzeug, Endoskope oder Implantate wie Stents. Eine Legierung mit einer hohen Transformations-temperatur von z. B. 80 °C wird umgangssprachlich auch Memory Metal oder Formgedächtnismetall genannt (...). Über die Transformations-temperatur erwärmt, nehmen sie wieder die ursprüngliche Form an. Die Grundform kann durch Glühen bei ca. 500 °C eingepreßt werden.«

**Hinweise zur Versuchsanordnung**  
 Aufbau aus Holz oder Karton. Das Verhältnis beim Hebel ist so zu wählen, dass der Arm möglichst weit und somit sichtbar ausschlägt, denn der Draht kann sich nur ca. um 4% der Länge zusammenziehen. Flexinol ist Nitinol, dem eine verkürzte Grundform eingepreßt wurde. Bei Erwärmung zieht sich der Draht zusammen. Interessant ist hierbei, dass der elektrische Widerstand bei Nitinol es ermöglicht, den Draht durch das Hindurchfließen lassen von elektrischem Strom zu erwärmen und somit die Ausdehnung zu steuern.



**c) Der Stent**

Aus den oben genannten Gründen werden Stents oft aus Nitinol hergestellt. Es gibt verschiedene Varianten von Stent-Implantaten. Sie gleichen dem Prinzip des Zauberingers, funktionieren aber in umgekehrter Wirkungsweise. Sie dehnen sich aus, wenn sie entspannt werden. Einige der Varianten werden geflochten.

**Material:** 20 cm Mesh-Schlauch 15 mm Ø aus Bastelläden  
**Zeit:** Versuch 5 min, Recherche 30 min

**Versuch**

Drücke das Gewebe zusammen und ziehe es auseinander. Was kannst du beobachten? Weshalb verhält sich dieses Gewebe anders als der Zauberinger?

**Rechercheauftrag**

Youtube: Knitting and weaving artificial muscles  
 ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=XX17sEvA8> (letzter Zugriff 10.11.17)  
 Internet: Funktionsweise von Stents  
 Print- oder Online Medien: zum Thema Intelligente oder smarte Textilien NZZ am Sonntag 5. November 2017, Wirtschaft, Kleider unter Strom, S. 24–25.



Anschauungsbeispiel Mesh-Schlauch

5

**4. Künstliche Muskeln aus textilen Materialien oder Verfahren**

**Einführung**

Bei Verbrennungs- und Elektromotoren wird die erzeugte Rotationskraft über eine drehende Welle an ein Getriebe weitergegeben. Möchte man nun keine drehende, sondern eine lineare Bewegung im Sinne von Ziehen-Stossen erreichen, muss dies mit dem Getriebe umgewandelt werden. Eine andere Möglichkeit ist die Anwendung von Hydraulik und Pneumatik. Unter Druck stehende Flüssigkeiten und Gase ermöglichen es, Arbeiten zu verrichten, wie wir sie z. B. von einem Bagger kennen. Bei linearen Bewegungen ergibt dies einerseits den Vorteil einer schnellen und exakten Ansteuerung und andererseits, da der Bauplan sich an der Biologie orientiert, weicher Bewegung. Die Verwendung solcher textiler Pneumatikörper ermöglicht verschleiss- und wartungsarme »Motoren« oder »Muskeln«.

**a) Zauberinger 2.0**

**Material:** Zauberinger, 20 cm Silikon-schlauch mit 3 mm Innendurchmesser (3/6 oder 3/5) und 2 Kabelbinder (klein bis mittlere Grösse) aus dem Baumarkt, 20 ml Spritze aus der Apotheke, länglicher Ballon aus Spielwarenabteilung  
**Zeit:** ca. 15 min



- Stosse den Ballon vorsichtig mit einem Kabelbinder in den Zauberinger.
- Führe den Silikon-schlauch ca. 2 cm in den Ballon ein, befestige alles satt mit einem Kabelbinder.



- Schüre auch hinten mit einem Kabelbinder ab und schneide seine Überstände ab.
- Dein künstlicher Muskel ist fertig. Pumpe ihn mit der Spritze auf.

**Rechercheauftrag:**

Youtube: This Humanoid Robot's Artificial Muscles Work the Same as Human Muscles  
 ▶ [www.youtube.com/watch?v=xcXlDUMmBfw](https://www.youtube.com/watch?v=xcXlDUMmBfw) (letzter Zugriff 10.11.17)  
 Hohe Taktzahl Pneumatik Festo  
 ▶ [www.youtube.com/watch?v=oiR1b3ACqA](https://www.youtube.com/watch?v=oiR1b3ACqA) (letzter Zugriff 10.11.17)



## 3.4 FORM MACHT LAUT

Pete Patrick Bürgy

### 3.4.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Das Hören ist einer der klassischen fünf Sinne. Hören ist für uns von Geburt an selbstverständlich. Babys erkennen ihre Eltern anhand der Stimme, lassen sich für Rasseln begeistern und durch Lieder beruhigen. Kinder erkunden in der Badewanne Töne unter Wasser, erkunden ein Echo in den Bergen, tanzen zu Musik, spielen Musikinstrumente und lernen auditiv das Sprechen. Hinter diesem vertrauten Phänomen verbirgt sich eine komplexe Theorie, welcher mit diesem Projekt auf simple Weise nachgespürt wird. Das Endprodukt berücksichtigt die geänderte Konsumation von Musik bei den Lernenden. Musik wird zunehmend weniger physisch – also auf materiellen Musikträgern – besessen, sondern digital »gestreamt«. Das hat zur Folge, dass die Lernenden vermehrt ihr Handy und nicht mehr HiFi-Anlagen zum Musikhören nutzen.

#### Warum tönt etwas?

Ein Ton entsteht durch das Zusammendrücken und Ausdehnen einer Materie. Als Beispiel werden bei einem Knall einer Tischbombe (Schallquelle) die Sauerstoff- und Stickstoffatome in der Luft rund um die Explosion verdrängt und dabei zusammengedrückt. Die angrenzenden Atome versuchen den entstandenen Druckunterschied auszugleichen, nehmen den Druck auf und geben ihn an die anliegenden Atome weiter, diese

wiederum an die ihnen anliegenden Atome und somit bildet sich eine Kettenreaktion. So entstehen Schallwellen, welche sich kugelförmig ausbreiten, ähnlich der Wellenausbreitung (Ringe im Wasser) beim Fall eines Steines ins Wasser. Je grösser der Druckunterschied am Anfang ist (Schalldruck), desto lauter nehmen wir Schall wahr, desto mehr Kraft haben die Wellen, sich in einer Materie auszudehnen und desto weiter ist der Schall hörbar. Schall benötigt somit eine Materie (Übertragungsmedium), welche er in Schwingung versetzen kann. Wenn die Tischbombe in einem luftleeren Raum explodieren würde, wäre sie also nicht hörbar.

#### Was ist Schall?

Schall bezeichnet die Schwingungen mit einer Frequenz, welche mit dem menschlichen Ohr wahrnehmbar sind. Frequenzen beschreiben die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, gemessen in Hertz (Hz). Je mehr Schwingungen pro Sekunde ein Ton hat, desto höher nehmen wir ihn wahr. Das menschliche Gehör kann Schwingungen im Bereich von 16 Hz bis ca. 20.000 Hz wahrnehmen. Im Alter senkt sich die obere Grenze und hohe Töne können nicht oder kaum mehr wahrgenommen werden. Schallwellen mit Frequenzen unterhalb von 16 Hz nennt man Infraschall. Wale zum Beispiel kommunizieren

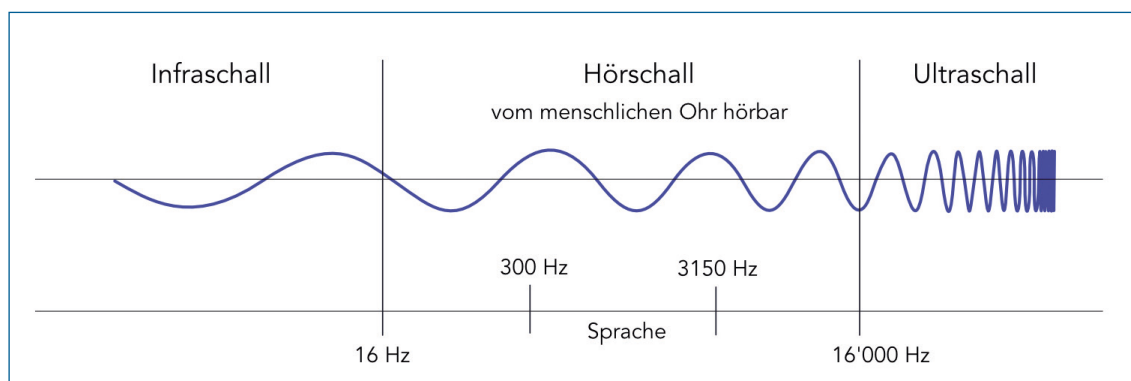


Abbildung 81: Den Schall sichtbar machen – Hörbereich der Schwingungen

mittels Infraschall im Wasser. Schallwellen mit Frequenzen oberhalb von 16.000 Hz nennt man Ultraschall. Geräte, welche z. B. Katzen vertreiben, nutzen meist Ultraschall, um mittels hoher Töne die Tiere zu vertreiben, ohne dass der Mensch die hohen Töne wahrnimmt.

#### Übertragungsmedien

Grundsätzlich wird zwischen Körperschall, Wasserschall und Luftschall unterschieden. Die Begriffe Körper, Wasser und Luft stehen dabei für das Medium, welches in Schwingung gebracht wird. Das menschliche Ohr nutzt hauptsächlich den Luftschall, doch kann es unter Wasser auch Wasserschall wahrnehmen. Dieser wird hauptsächlich von in Wasser lebenden Tieren oder der Schifffahrt zur Navigation und Ortung verwendet. Körperschall ist für das menschliche Ohr nicht wahrnehmbar, bezeichnet er doch die Schwingungen in einem festen Körper. Werden die Schwingungen aber an den Oberflächen eines Festkörpers in Luftschall umgewandelt, kann das Ohr sie wieder wahrnehmen. Deshalb kann man Schall durch eine Wand hören. Die Stimmbänder versetzen die Luft in Schwingung. Die Schallwellen breiten sich aus, treffen auf eine Wand und versetzen diese dabei in Schwingung. Danach breiten sich die Schallwellen in der Wand aus und versetzen auf der gegenüberliegenden Seite der Wand wiederum die Luft in Schwingung, was dann unser Ohr wahrnehmen kann.

#### Geschichte der Schallverstärkung

Die wohl älteste Verstärkung von Schall ist das Bilden eines Trichters mit den Händen vor dem Mund bei einem Ausruf. Als erste Gegenstände zur Verstärkung von Schall wurden Schneckenhäuser und Tierhörner verwendet. Mit der Zeit entstanden zahlreiche Schallverstärker aus Holz, Ton und Metall. Kennzeichnend für diese Gegenstände ist ihre Trichterform, wobei sich der Durchmesser von einem Ende aus stets weitet. Durch die Form werden die Töne gebündelt und gerichtet.

#### Anwendungen

- Lautsprecher
- Sprachrohr / Flüstertüte
- Blechblasinstrumente
- Alphorn
- Fahrradhupe
- Schalltrichter eines Grammophons

#### Funktionsweise des akustischen Horns

Das akustische Horn ist ein akustischer Impedanztransformator. Die Impedanz bezeichnet den Widerstand eines Mediums, in der sich eine Welle ausbreitet. Vereinfacht gesagt, vergrößert ein Horn die Halsfläche (Eintrittsöffnung) auf die Mundfläche (Austrittsöffnung). Diese Flächenzunahme verbessert deutlich die Anpassung der akustischen Impedanz an die Luft als Übertragungsmedium. Neben anderen Effekten (Tonfarbe, Hall) erreicht man dadurch einen stark verbesserten Wirkungsgrad der Lautstärke.

### 3.4.2 EXPERIMENTE UND AUFGABEN ZUM SCHALL

#### Büchsentelefon

##### Funktion

Das altbekannte Büchsentelefon eignet sich gut als Einstiegsexperiment. Beim Büchsentelefon bringt der gesprochene Luftschall die Büchse zum Schwingen und wird dadurch in Körperschall umgewandelt. Dieser breitet sich der Schnur entlang aus und wird in der Endbüchse wiederum zu Luftschall umgewandelt.



Abbildung 82: Büchsentelefon

**Material**

- Verschiedene Blechbüchsen
- Verschiedene Schnüre

**Durchführung**

Es empfiehlt sich, verschiedene Büchsentelefone mit den Lernenden herzustellen und diese auf die Lautstärke und die Klangfarben zu vergleichen. Die Lernenden entwickeln Theorien über die Funktion und diese werden anschliessend im Plenum besprochen. Es gilt darauf zu achten, dass die Schnur stets straff gespannt ist, sonst leidet die Übertragung.

**Variablen**

- Durchmesser der Büchsen
- Höhe / Tiefe der Büchsen
- Materialität der Schnur
- Länge der Schnur

**Ergebnisse / Erwartungshorizonte**

- Durchmesser der Büchse:
  - Ein grosser Durchmesser verstärkt tiefe Töne besser.
  - Ein kleiner Durchmesser verstärkt hohe Töne besser.
- Höhe der Büchse:
  - Eine zu tiefe (flache) Büchse schwächt die Übertragung.
  - Eine zu hohe Büche verfälscht den Ton durch einen Hall.
- Materialität:
  - Je höher die Dichte und der Durchmesser der Schnur, desto besser die Übertragung.
- Länge der Schnur:
  - Bei zunehmender Länge nimmt die Stärke der Übertragung ab.

**Schwingende Gläser****Funktion**

Das Experiment visualisiert die Entstehung von Schall durch eine Schwingung des Materials und die Übertragung von Schall mittels Luft. Das eine Glas wird in Schwingung versetzt. Der erzeugte Ton bringt das andere Glas zum Schwingen und lässt dadurch die darauf platzierte Münze runterfallen.



Abbildung 83: Schwingende Gläser

**Durchführung**

Die Gläser werden mit einem Abstand von ca. 2 cm nebeneinander gestellt. Auf die Kante des einen Glases wird eine kleine Münze gelegt. Das andere Glas wird mit einem feuchten Finger durch kreisförmiges Drehen auf der Glaskante in Schwingung versetzt. Es entsteht ein Ton, den es zu halten gilt. Das Glas mit der Münze nimmt den Luftschall auf und beginnt auch zu schwingen. Durch die Schwingung im Glas beginnt sich die Münze zu bewegen, bis sie schliesslich herunterfällt.

**Weiterführung**

Anhand von schwingenden Gläsern kann man zudem die Frequenz (Hz) eines Tones gut erklären. Dazu füllt man Wasser in die Gläser und versetzt sie wieder mittels feuchten Fingern in Schwingung. Wasser in einem Glas hemmt die Schwingungen. Deshalb klingt ein volles Glas tiefer, da es langsamer schwingt und somit weniger Schwingungen pro Minute aufweist (sprich weniger Hz). Umgekehrt tönt ein leeres Glas höher, da es schneller schwingt und somit mehr Schwingungen pro Minute aufweist (sprich mehr Hz).

**Aufgabenstellung**

Baue einen Lautsprecherverstärker für dein Handy. Zur Verstärkung der Lautstärke arbeitest du mit der Form. Du verwendest keine elektronische Verstärkung.

**Zur Form und Funktion**

Versuche eine Form zu entwickeln, welche einerseits die Lautstärke verstärkt und andererseits deiner bevorzugten Musik eine passende Klangfarbe verleiht.

#### Zur Konstruktion

Entscheide dich für einen Aufbautyp und eine Konstruktionsweise, welche sich für die Aufgabenstellung eignen und die du Lust hast zu bearbeiten.

#### Zur Gestaltung

Richte dich nach dem Motto »Die Form folgt der Funktion« (*engl.: form follows function*). Nachdem du die Grundform definiert hast, kannst du mithilfe von kleinen gestalterischen Eingriffen und der Gestaltung der Halterung für dein Handy deine individuellen ästhetischen Vorlieben zum Ausdruck bringen.

### 3.4.3 EINGLIEDERUNG IN DEN LEHRPLAN 21

TTG2.A.1.3c / Sammeln und Ordnen

TTG2.A.2.3c / Experimentieren und Entwickeln

TTG2.A.3.3c / Planen und Realisieren

### 3.4.4 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE

- Das Projekt eignet sich für die 7. und 8. Klasse.
- Das Projekt kann beim Übertritt in die Oberstufe durch seine Möglichkeit zur inneren Differenzierung einen Überblick der bereits erworbenen Kompetenzen bieten.
- Durch die Fertigung von Prototypen werden die Techniken geübt, um dann beim Endprodukt eine hohe Qualität zu erzielen.
- Das Projekt kann zeitgleich mit akustischen Themen in »Natur und Technik« (NMG) durchgeführt werden.
- Eine Berechnung der idealen Form setzt den Umgang mit komplexen physikalischen Formeln voraus, welche die Kompetenzen der Lernenden übersteigen. Es empfiehlt sich deshalb nach dem Motto »Trial and Error« vorzugehen und sich so einer optimalen Form anzunähern.
- Bei komplexen Formen empfiehlt es sich zuerst Abwicklungen aus Pappe herzustellen.
- Die zahlreichen Varianten in der Konstruktion dienen als innere Differenzierung des Unterrichts.
- Nach der vollendeten Formfindung des akustischen Horns können die Lernenden die Halterung für das Handy in Angriff nehmen. Diesen Arbeitsteil können die Lernenden individuell gestalten. Es ist für sie hilfreich, formale und konstruktive Richtungen vorzuschlagen, damit sie einen Ausgangspunkt haben.
- Das Projekt kann nur mit einer Art von Aufbau durchgeführt werden. Es können jedoch innerhalb der Klasse Fachgruppen geschaffen werden, welche jeweils mit einer anderen Art von Aufbau arbeiten. Diese Fachgruppen teilen nach dem Prototypbau ihre Erkenntnisse dem Plenum mit. Danach können die Lernenden individuell ihr Endprodukt herstellen, indem sie sich an den Produkten der Fachgruppen orientieren. Allenfalls können die Fachgruppen während des Prototypbaus auch die Art des Aufbaus wechseln, um so einen breiten Einblick zu erhalten und auf den gewonnenen Erkenntnissen der vorherigen Gruppe aufbauen. Dadurch reflektieren sie die Auseinandersetzung mit dem Thema, da sie der nächsten Gruppe stets den aktuellen Wissenstand weiterleiten müssen.

### 3.4.5 PRAKTISCHE VORGEHENSWEISE

#### Einstieg

Obwohl sich dieses Kapitel dem Werkstoff Holz widmet, empfiehlt es sich als Einstieg, verschiedene Formen mit unterschiedlichen Materialien und Oberflächen herzustellen, um diese im Plenum vergleichen zu können. Beim Vergleich kann eine App oder ein Dezibelmesser für die Messung der Lautstärke verwendet werden. Zudem sollten die Prototypen immer mit demselben Musiksong verglichen werden, um auch die Klangfarbe vergleichen zu können. (Es gilt, bei den »Experimenten« jeweils nur eine Variable zu wechseln.) Als Grundform kann ein viereckiger Trichter dienen. Die Öffnung für den Toneintritt (Halsstück) sollte der Grösse des Handylautsprechers entsprechen. Die Länge des Trichters sollte ca. 20 cm und die Austrittsöffnung (Mundstück) ca. 10 cm x 10 cm betragen.

Empfohlene Materialien: Sperrholz 15 mm, Sperrholz 4 mm, Stahlblech 1 mm–2 mm, Acrylglas 1 mm–2 mm, Ton ca. 8 mm, Styropor

10 mm–20 mm, Schaumstoff 10 mm–20 mm, Bambusrohre 6 cm – 8 cm Ø

Durch das Vergleichen der Prototypen erkennen die Lernenden, dass jedes Material eine eigene Klangfarbe besitzt, und dass glatte sowie harte Oberflächen den Schall besser reflektieren. (Allenfalls kann hier auch ein Exkurs zu schallabsorbierenden Baukörpern in der Raumakustik eingeschoben werden.)

#### Herstellung

Die Hilfestellungen zum Bau sind nach der Art des Aufbaus unterteilt. Bei allen ist darauf zu achten, dass das Halsstück (Eintrittsöffnung) möglichst der Grösse des Handylautsprechers angepasst ist. Falls das Handy über zwei Lausprecher verfügt, ist das Halsstück so zu wählen, dass beide Lausprecher darin Platz finden. Zu grosse oder zu kleine Halsstücke mindern die Funktionsweise erheblich.



Abbildung 84: Prototypen Ton

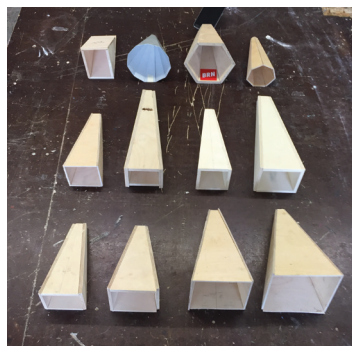


Abbildung 85: Prototypen Holz



Abbildung 86: Prototypen Bambus

#### Konisches Horn

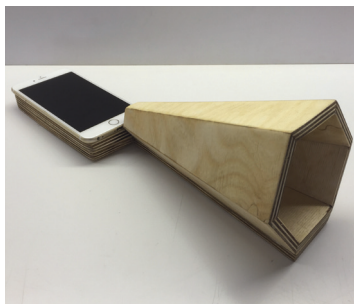


Abbildung 87: Sechseckiges Horn



Abbildung 88: Viereckiges Horn



Abbildung 89: Viereckiges Horn

Das konische Horn zeichnet sich durch eine gleichmässige Weitung aus. Es kann drei-, vier-, sechs- oder achteckig gestaltet werden, wobei man mit der Länge und der Grösse des Mundstückes variieren kann.



Abbildung 90: Variation Form und Masse

#### Aufbau mit Holzplatten

Die Verbindung der Platten kann mittels Verschraubung, Nägeln, Holzdübeln oder Verleimung erreicht werden. Mit den Verbindungen kann eine innere Differenzierung vorgenommen werden. Folgende Verbindungen eignen sich:

- 1) gerader Stoss (geleimt, geschraubt, genagelt),
- 2) Gehrung,
- 3) Runddübel,
- 4) Flachdübel (Lamello) oder
- 5) Fingerzinken (Abb. 91).

Bei einer eckigen Form mit einer Gehrungsverbindung empfiehlt es sich, die Gehrung mit dem Handhobel oder einer Feile abzutragen. Als Einspannhilfen eignen sich Gehrungsklötze zum Einspannen in einem Schraubstock (Abb. 92). Falls das Werkstück rutschen sollte, kann eine Antirutschfolie Abhilfe schaffen.

Für das Zusammenfügen der einzelnen Platten empfiehlt es sich, den Querschnitt der Form aus einer Platte auszusägen und diese über die konische Form zu pressen. Dadurch werden die Platten in die gewünschte Position geschoben.

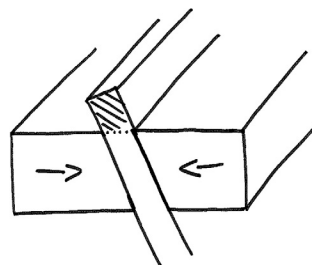


Abbildung 92: Anwendung Gehrungsklötze

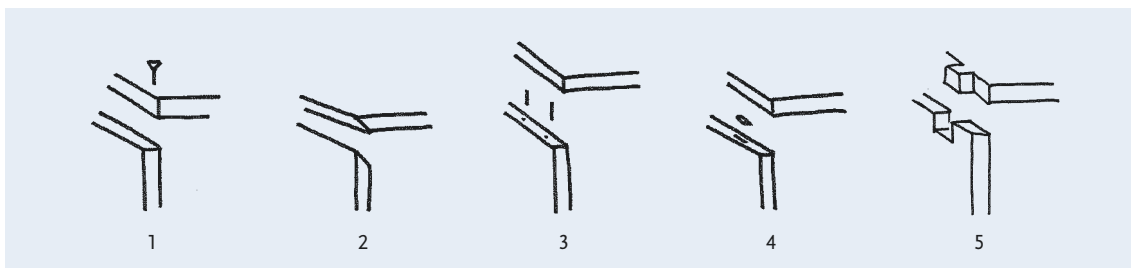


Abbildung 91: Verschiedene Verbindungen

#### Variablen

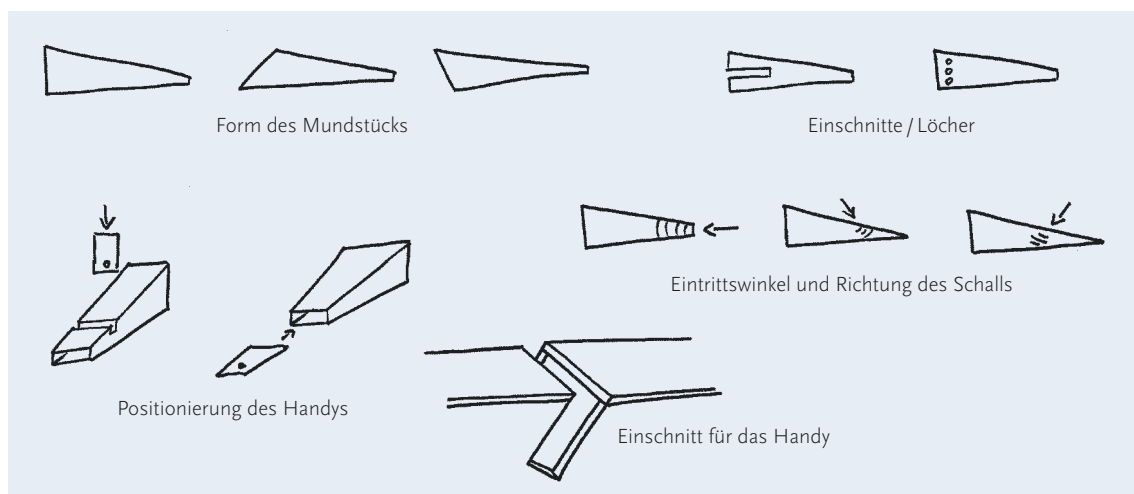


Abbildung 93: Verschiedene Formen von Mundstücken

**Rohrform**

Die Rohrform zeichnet sich durch einen gleichbleibenden Durchmesser aus. Da sich in einem Rohr ein stärkerer Hall bildet als in einem Horn, haben Schlitzte oder Löcher in den Seitenwänden einen hohen Einfluss auf die Klangfarbe des Schalls.



Abbildung 94: Bambus Lautsprecher

**Bambusrohre**

Als Ausgangsmaterial eignen sich Bambusrohre mit einem Durchmesser von 6 cm bis 8 cm. Der Bambus muss bei der Verarbeitung trocken sein, da sich bei einer nachträglichen Trocknung der Querschnitt, durch die Schlitzte und Löcher zur Bildung der Klangfarbe, asymmetrisch verzieht.



Abbildung 95: Geschnitzter Lautsprecher

**Variablen**

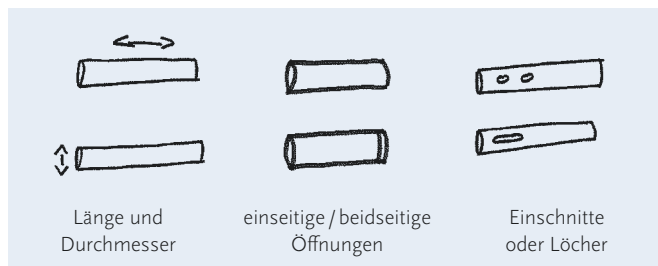


Abbildung 96: Variationsmöglichkeiten

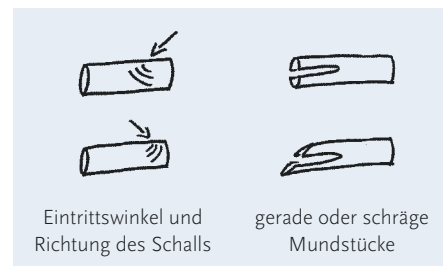


Abbildung 97: Unterschiedliche Ausführungen

**Variante**

Die Rohrform kann auch mittels Schnitzen aus Massivholzquadern abgetragen werden, wobei zwei identische Hälften ausgeschnitzt und anschliessend zusammengefügt werden. Hierzu dienen Stechbeitel oder Schnitzwerkzeug. Eine Austragung parallel zur Holzmaserung laufend ergibt glattere Schnittflächen und ist einfacher herzustellen.



Abbildung 98: Querschnitt geschnitztes Holz

### Exponentialhörner

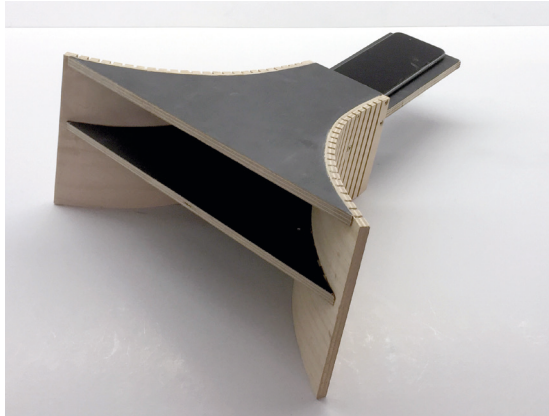


Abbildung 99: Einseitig exponential



Abbildung 100: Zweiseitig exponential

Das Exponentialhorn unterscheidet sich von der Trichterform durch seine sich exponentiell krümmende Form. Bei seinem Bau steht das Biegen von Holz im Vordergrund. Die exponentielle Biegung kann ausschliesslich horizontal oder zusätzlich auch vertikal verlaufen, wobei eine Biegung in beide Richtungen anspruchsvoller sowohl von der Verbindung als auch von der Abwicklung her ist.

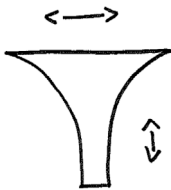


Abbildung 101: Variablen

### Lamellenbiegung

Parallele Nuten in eine Richtung schwächen das Holz in diese Richtung und ermöglichen eine Biegung. Die Fräsungen können mit einer Oberfräse oder einer Kreissäge durchgeführt werden. Als Ausgangsmaterial empfiehlt sich eine Sperrholzplatte. Die Nuten sollten quer zur Holzmaserung der untersten Furnierschicht verlaufen, da sonst das Holz in den Nuten bricht.

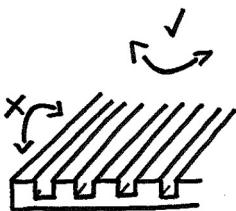


Abbildung 102: Nutrichtung

### Dämpfung/Wasserbad

Der natürliche Leimstoff (Lignin) im Holz kann durch ein Bad in kochendem Wasser oder durch Wasserdampf flexibel gemacht werden. Durch die Pressung in eine Form erzielt man nach dem Auskühlen eine beständige Formveränderung. Da das Holz nach dem Abkühlen in der Form ein wenig zurückfedert, muss die Krümmung der Pressform stärker sein als die angestrebte Endform.

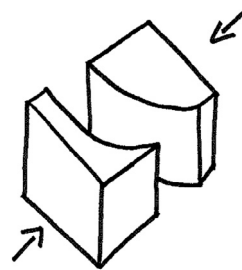


Abbildung 103: Pressform

### Direkte Biegung

Dünnes Sperrholz (Flugzeugsperrholz) kann direkt gebogen werden. Da sich das Holz jedoch in seine Ursprungsform zurückbiegen will, müssen die Verbindungen der einzelnen gebogenen Holzplatten sehr stark sein.



### Hohlform

Bei der Hohlform führen konische oder exponentielle Kanäle den Schall in runde Öffnungen, welche als Mundstück fungieren. Der Aufbau erfolgt mit einer Schichtung von Platten, welche miteinander verklebt werden. Bei der vordersten Schicht kann ein Schlitz angebracht werden, um den Home Button (Menüknopf) zu bedienen.

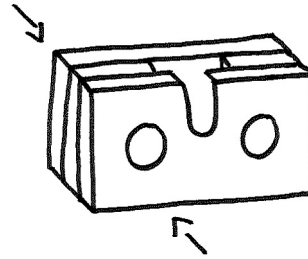


Abbildung 104: Aufbau einer Hohlform

### Variablen

- Durchmesser der Bohrungen
- Tiefe der Bohrungen = Anzahl der Schichten mit Bohrungen

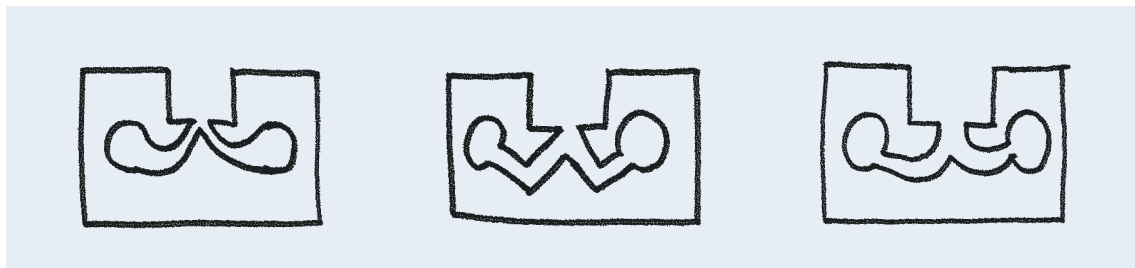


Abbildung 105: Variablen der Gestaltung des Schallkanals

## 3.5 PLANUNG UND BAU EINER DESIGNER-STEHLAUCHE – PROJEKTHAFTES TECHNISCHES ARBEITEN IM HISTORISCHEN KONTEXT

Stefan Kruse

### 3.5.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Lampen und Lichtquellen befriedigen eine der ältesten Bedürfnisse der Menschen, die Beleuchtung. So nutzen die Menschen seit Urzeiten Lichtquellen verschiedenster Art, um die sie umgebende Dunkelheit durch künstliches, von ihnen selbst erzeugtes Licht zu erhellen. Seit der Erfindung der Glühlampe werden elektrische Lampen in grossen Stückzahlen als Massenware und in unzähligen Varianten produziert. Meist einem klar definierten Einsatzzweck nachkommend, sind sie als Beleuchtungsmittel, Warnhinweise oder Designelemente zu einem nicht mehr wegzudenkenden Alltagsobjekt unserer Lebenswelt geworden. Neben den Qualitätsansprüchen wie Lichtausbeute, Robustheit und Haltbarkeit des Leuchtmittels sind auch Aspekte wie Design, Funktionalität und Aussehen der Lichtquelle wichtig.

#### Historische Entwicklung von Lampen

Der Begriff Lampe wird oft missverständlich als Synonym für Leuchte verwendet. In korrekter fachsprachlicher Verwendung bezeichnet »Lampe« jedoch nur das in einem mehr oder weniger ansprechenden Gehäuse befindliche Leuchtmittel, z. B. eine Glühlampe, Neonröhre, Leuchtfolie oder Leuchtdiode. Die weiteren Bauteile des Leuchtgeräts (oder: der Leuchte) dienen einem anderen Zweck, z. B. der Lampenfuss dient der Erhöhung des Leuchtgeräts oder der Lampenschirm dient dem Schutz vor Hitze und der Diffusion der Lichtstrahlen. Das Wort *Lampe* wurde im 13. Jahrhundert aus dem französischen *lampe*

entlehnt. Dieses beruht, wie englisch *lamp* oder italienisch *lampa*, auf lateinisch *lampa* bzw. griechisch *lampás* »Fackel, Leuchte«.<sup>65</sup>

Die ersten Lampen sind bereits aus prähistorischer Zeit bekannt. Gefässe aus Ton, Stein, Lehm (Abb. 106) und später Metall fassten Lampenöl, das über einen Docht aus Pflanzenfasern – später aus Baumwolle – verbrannt wurde. Erst mit der Weiterentwicklung der Öllampen zur Petroleumlampe (Abb. 107) gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden Lampen durch den Schutz der offenen Flamme mithilfe eines Glaskörpers sicherer und auch bei wechselnden Wettereinflüssen nutzbar. Einige Jahrzehnte später konnte mit der Erfindung der Gaslampe die Leuchtkraft der Lichtquelle wesentlich gesteigert werden. Dadurch liessen sich erstmals Fabriken, Fahrzeuge und Strassenzüge rund um die Uhr nutzen (Abb. 108). Erst am 27. Januar 1880, mit der Patentierung der elektrischen Glühlampe durch Thomas Alva Edison<sup>66</sup>, hatte man aber eine sichere und nahezu beliebig skalierbare Leuchtquelle zur Verfügung. Dies markiert den Beginn der alles durchdringenden Elektrifizierung in der kulturellen Entwicklung des Menschen. In unzähligen verschiedenen Abwandlungen stellt die Glühlampe bis heute in nahezu allen Lebensbereichen eine zuverlässige Lichtquelle dar. Als Leuchtmittel stehen dabei Leuchtstoffröhren, Metallampflampen, Halogenlampen, hintergrundbeleuchtete Folien, Leuchtdioden (Abb. 109) und Laserlicht (Abb. 110) zu Verfügung.

65 <http://de.wikipedia.org/wiki/Lampe> (letzter Zugriff 12.06.2017).

66 <http://www.planet-wissen.de/technik/energie/elektrizitaet> (letzter Zugriff 12.06.2017).



**Abbildung 106:** Historische Öllampe (Antike)



**Abbildung 107:** Petroleumlampe (seit Ende des 18. Jh.)



**Abbildung 108:** Gaslampe (seit Anfang des 19. Jh.)



**Abbildung 109:** LED-Beleuchtung (20. Jh.)



**Abbildung 110:** Laser-Scheinwerfer (21. Jh.)

### 3.5.2 BILDUNGSRELEVANTE ASPEKTE DES THEMAS UND KOMPETENZBEZÜGE

Kaum ein Nutzer weiss, wie Lampen gefertigt werden oder aus welchen Materialien und Komponenten sie bestehen. Die Herstellung einer Lampe macht den Einsatz unterschiedlicher Technologien notwendig. So werden eine Vielzahl von Fertigungsverfahren aus den Hauptgruppen Umformen, Fügen und Trennen und verschiedenartige Werkstoffe und Materialien eingesetzt. Eine wesentliche Rolle für ihre Funktion spielen die verwendeten Leuchtmittel, ihr Energieverbrauch und die Art des erzeugten Lichts.

Das Thema soll projekthaftes Arbeiten ohne nennenswerte technische Grundbildung ermöglichen. Umgesetzt werden kann es in fächerverbindenden Technikwochen oder in soziotechnischen Aufgabenstellungen im TTG-Bereich in den unteren Klassenstufen der Sekundarstufe.

Dabei werden Fertigungsverfahren und Funktion sowie Verwendungszweck der Leuchte miteinander in Verbindung gebracht. Übergeordnetes Ziel ist es, eine erste motivierende Orientierung im Bereich der Elektro- und Produktionstechnik sowie gegebenenfalls die Wiederholung vorhandener technischer Grundkompetenzen zu ermöglichen. Die Reflexion über diesen Prozess ermöglicht den Lernenden, ein exemplarisches, funktionales Alltagsobjekt zu verstehen.

Die vorliegende Aufgabe ist als Fertigungsaufgabe<sup>67</sup> konzipiert. Daher steht die Ausbildung von Kreativität nicht im Vordergrund. Ebenso wird kein Anspruch auf eigenständige Planungselemente bei den Lernenden erhoben. Wenn die Materialvorgaben jedoch entsprechend offen gehalten werden, ist auch eine Umsetzung als Konstruktionsaufgabe<sup>68</sup> möglich. Dann müsste zu

67 Vgl. Hüttner, A: Technik unterrichten, Stichwort »Fertigen«, S.166.

68 Vgl. Hüttner, A: Technik unterrichten, Stichwort »Konstruieren«, S.159.

Beginn der Planungs- und Produktionsphase jedoch eine Entwicklungsstufe eingeschoben werden, in der ein individuelles Design entwickelt wird. Ausserdem müssten die Leittexte an einzelnen Arbeitsstationen entsprechend abgeändert und die Materialvorgaben angepasst werden.

#### Bezug zum Lehrplan 21

Durch den Bau des Artefakts ergeben sich viele verschiedene Handlungs- und Erfahrungsmöglichkeiten (Handlungsorientierung). Der Zusammenhang von Theorie und Praxis wird dabei ebenso geschult wie die Fähigkeit, exemplarisch erlerntes Wissen auf andere Lebensbereiche zu übertragen, also sich handelnd in der Welt zu orientieren. Der historische Kontext des Themas eröffnet Einsicht in gesellschaftliche Entwicklungszusammenhänge und die Bedeutung der Technik für den Menschen. Durch das Zusammenspiel der selbst erarbeiteten Grundlagen im Erarbeitungs- und Planungsteil und die unterschiedlichen Handlungsweisen in der Produktion werden etliche Kompetenzbereiche des Lehrplans 21 adressiert.

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- gestalterische und technische Zusammenhänge an Objekten wahrnehmen und reflektieren (TTG 1 A).
- Produkte begutachten und weiterentwickeln (TTG 1 B).
- Gestaltungsprozesse von Produkten dokumentieren und präsentieren (TTG 1 B).
- eine gestalterische und technische Aufgabenstellung erfassen und dazu Ideen und Informationen sammeln, ordnen und bewerten (TTG 2 A).

- gestalterische und technische Produkte planen und herstellen.
- Funktionen verstehen und eigene Konstruktionen in den Themenfeldern Bau / Wohnbereich und Elektrizität / Energie entwickeln (TTG 2 B).
- handwerkliche Verfahren ausführen und bewusst einsetzen. (TTG 2 B).
- Materialien, Werkzeuge und Maschinen sachgerecht einsetzen (TTG 2 E).
- Objekte als Ausdruck verschiedener Kulturen und Zeiten erkennen und deren Symbolgehalt deuten (TTG 3 A).
- technische und handwerkliche Entwicklungen verstehen und ihre Bedeutung für den Alltag einschätzen (TTG 3 A).
- technische Geräte und Produkte in Betrieb nehmen und das entsprechende Wissen aus Gebrauchsanleitungen, Montageplänen und dem Internet aufbauen (TTG 3 B).

Darüber hinaus werden folgende übergeordnete Ziele gefördert:

- Sachgemässer Gebrauch der Fachsprache.
- Kompetenzförderung zur Informationsbeschaffung und -auswertung mit neuen Medien.
- Erwerb von Methodenkompetenz.
- Sachgerechte Darstellung mit einfachen Zeichenwerkzeugen.
- Förderung der Teamarbeit und Mitverantwortung in den Arbeitsgruppen.
- Sicherheitsbewusster Umgang mit Werkzeugen und Maschinen.
- Selbstständiges Arbeiten anhand von Vorgaben und Plänen.

### 3.5.3 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE FÜR DIE PRODUKTION DER LAMPE IM UNTERRICHT

#### Einstiegsphase: Vorstellung des Unterrichtsthemas, Wahrnehmen des Phänomens

Zu Beginn des Lehrarrangements gibt die Lehrperson einen kurzen historischen Abriss über die Geschichte der Beleuchtung. In der folgenden Motivationsphase wird das fertige Produkt vorgestellt und in Betrieb genommen. Wegen der nicht allzu hohen Leuchtkraft des verwendeten Leuchtmittels (LED) sollte der Unterrichtsraum leicht abgedunkelt sein. Besonders motivierend wirkt ein für die Schülerinnen und Schüler nicht sichtbarer Schalter in Form eines kleinen, von der Lehrperson versteckt zwischen zwei Fingern gehaltenen Magneten in Verbindung mit einem

im Lampenfuss integrierten Reedkontakt (Magnetschalter). Einzelne Schülerinnen oder Schüler können nun das Einschalten (erfolglos) versuchen. Nach dem Aufdecken des Magnettricks muss der eingesetzte Schalter thematisiert und besprochen werden. Dann werden die einzelnen Elemente des fertigen Produkts am Objekt korrekt benannt und anschliessend von den Schülerinnen und Schülern korrekt erinnert auf ein Arbeitsblatt übertragen. Schliesslich wird die Einstiegsphase mit der Erarbeitung eines Lückentexts zum Reedkontakt beendet (Arbeitsblatt 1).

#### Problematisierungsphase: Arbeiten zur Erschliessung des Themas

Vor Beginn der Produktion wird die Einbettung der Thematik in den gesellschaftshistorischen Kontext erschlossen. Hierzu sind verschiedene Arbeitsschritte notwendig, die sich durch ein Gruppenpuzzle mit vier Expertengruppen – mit vorgegebenen Materialien und unterschiedlichen Medien – erarbeiten lassen. Neben der kulturhis-

torischen Bedeutung der Thematik werden der im Laufe der Zeit entstandene Zusammenhang zwischen Design und Funktion, die Sicherheitsbestimmungen und die benötigten Kompetenzen des Fertigungsprozesses in Bezug auf den Umgang mit den verschiedenen Werkstoffen und Fertigungsverfahren erarbeitet.

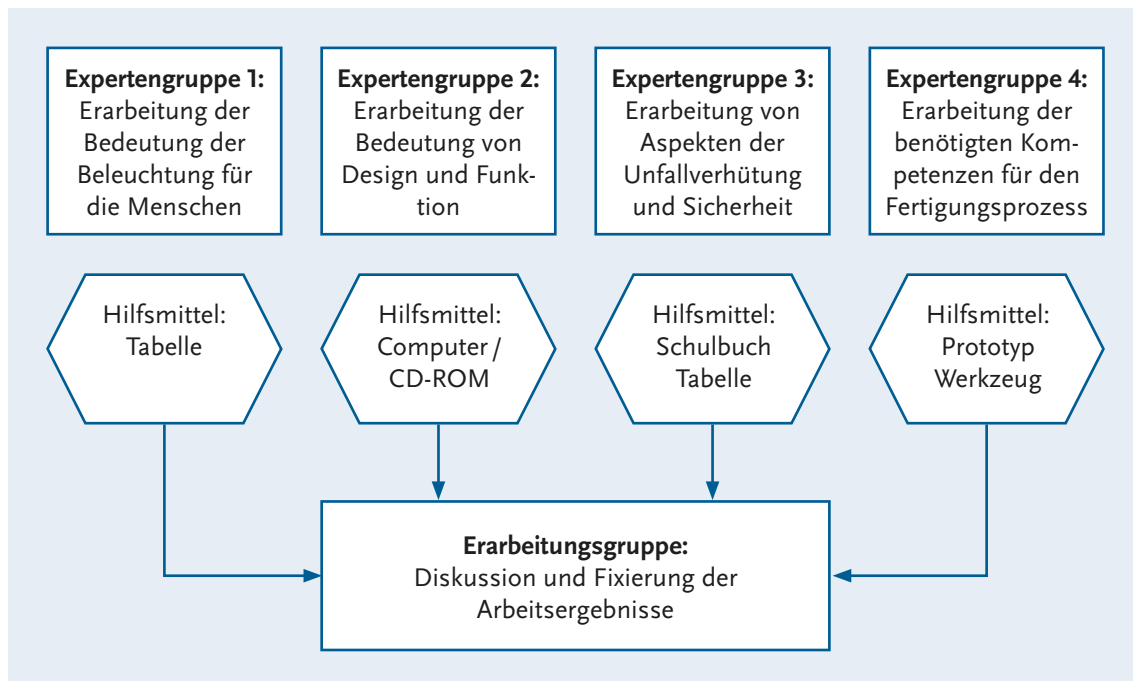


Abbildung 111: Organisationsdiagramm

Die Arbeiten in den Expertengruppen können nach folgendem Muster ablaufen:

#### **Expertengruppe 1: Die kulturhistorische Bedeutung der Beleuchtung für den Menschen**

Durch eine soziokulturelle Analyse soll in einer Arbeitsgruppe die Bedeutung von Leuchtmitteln für den Menschen erarbeitet werden. Dabei werden die Schülerinnen und Schüler für die unterschiedlichsten Beleuchtungsmöglichkeiten aus der Vergangenheit und der Gegenwart sensibilisiert. Des Weiteren erkennen sie die Bedeutungsperspektive, die die unterschiedlichen Lampenarten für den Menschen haben. Auch können sie Schlussfolgerungen auf die Anforderungen ziehen, die sich aus dem jeweiligen Einsatzgebiet ergeben (siehe Aufgabenblatt 2, Gruppe 1).

#### **Expertengruppe 2: Der Zusammenhang zwischen Design und Funktion**

Da die Thematik »Designerlampe« auf ein anspruchsvolles Projekt schliessen lässt, befasst sich eine Expertengruppe im Rahmen einer Recherche mit Begriffen und Definitionen. Die Recherche sollte je nach Ausstattung möglichst mithilfe von elektronischen Medien durchgeführt werden. Ein Lexikon auf CD-ROM oder eine Onlinerecherche eignen sich, die zeitgemäße Arbeitsweise im Umgang mit neuen Medien zu vertiefen. Bei der Auseinandersetzung mit den Begrifflichkeiten werden auch die kontroversen Ansichten bezüglich Aussehen und Funktion von technischen Artefakten erarbeitet (siehe Aufgabenblatt 2, Gruppe 2).

#### **Expertengruppe 3: Unfallverhütung und Sicherheit**

Durchgängig in allen Klassenstufen ist im Zusammenhang mit Elektrotechnik immer die Sicherheitserziehung im Umgang mit elektrischem Strom zu behandeln. Die Schülerinnen und Schüler verfügen in der Regel über ein unstrukturiertes Halbwissen. Die im Rahmen der Thematik vorhandene Motivation kann ausgenutzt werden, um einen eindeutigen Sicherheitskatalog bezüglich Gefahren und Verboten erarbeiten zu lassen. Um strukturiertes Arbeiten zu ermöglichen, wird das benötigte Informationsmaterial in Form eines aktuellen Schulbuchs und einer Tabelle zu Verfügung gestellt (siehe Aufgabenblatt 2, Gruppe 3).

#### **Expertengruppe 4: Benötigte Kompetenzen und Arbeitsschritte bei der Fertigung**

Um die Lernenden in den Prozess der Entwicklung einzubinden, befasst sich eine Arbeitsgruppe mit den notwendigen Kompetenzen für den Fertigungsprozess. Im Mittelpunkt stehen die verschiedenen Materialien, Werkzeuge und Technologien, die im gesamten Herstellungsprozess benötigt werden, ausserdem ein vorbereiteter Prototyp, der im Rahmen einer Demontage als Anschauungsobjekt dient (siehe Aufgabenblatt 2, Gruppe 4).

Nach der Arbeit in den Expertengruppen werden diese in Erarbeitungsgruppen aufgeteilt. Jeder Experte stellt nun in seiner Erarbeitungsgruppe die Ergebnisse seiner Gruppe vor, diese werden entsprechend fixiert und die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert. Mit dieser Vorgehensweise erarbeiten die Lernenden ohne zwingende Vorgaben in selbstständiger Weise die Grundlagen der Thematik, wobei jede Gruppe eine wichtige Teilerkenntnis für das gesamte Projekt beiträgt.

**Entwicklungsphase:****Planung der Lampenproduktion**

In dieser Phase werden die eigenen Vorstellungen und Ideen in einer technischen Zeichnung zusammengeführt. In die Zeichnung werden neben der Ansicht des Gegenstands die Masse der einzelnen Bauteile eingetragen. Damit in einem weiteren Schritt aus der Zeichnung der Gegenstand gefertigt werden kann, muss sauber und maßstabgerecht gezeichnet werden. Im unteren Bereich der Zeichnung werden normorientiert in einer Stückliste alle Bauteile einzeln aufgelistet. Mit der Stückliste können die zum Bau notwendigen Einzelteile eingekauft werden. Zur Differenzierung kann die technische Zeichnung in einem einfachen CAD-Programm oder ggf. im Zeicheneditor von Word erstellt werden.

**Produktionsphase:****Durchführung der Lampenproduktion**

Bei der Fertigung der Lampen sind vier Baugruppen zu realisieren: die Bodenplatte, der Lampenfuss, der Lampenschirm und die elektrische Anlage. Jedes einzelne Element wird an einer eigenen Arbeitsstation geplant und gefertigt. An einer fünften und letzten Station wird die Endmontage der einzelnen Elemente vorgenommen.

Diese Vorgehensweise ermöglicht ein effizientes Arbeiten in Bezug auf den Einsatz von Maschinen und Werkzeugen und erleichtert der Lehrperson die Unterrichtsvorbereitung. Um organisatorische Schwierigkeiten zu vermeiden und die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler zu fördern, ist jede Station mit einer schriftlichen Arbeitsanweisung auszustatten (siehe Arbeitsblätter).

**Reflexionsphase: Bewertung der Vorgehensweise**

Am Ende der Lerneinheit sollte als fester Bestandteil eine Reflexionsphase über den Lernfortschritt, die Lernwege und eventuelle Probleme erfolgen.<sup>69</sup> In der Regel fällt dabei den Schülerinnen und Schülern die Umstellung vom Handeln zum Denken schwer. Vereinfacht wird der Prozess durch eine bewusste Rollendistanzierung, durch die eine erste intuitive Bewertung der Arbeitsergebnisse, eine Diskussion des Ablaufs und ein Vergleich des fertigen Produkts mit dem Geplanten erfolgt. Um die Eigenständigkeit bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern, sollte diese Phase im Sinne eines Arbeitsrückblicks durch von der Lehrperson gestellte Leitfragen wie »Was gelang dir im Fertigungsprozess leicht?«, »Wo hattest du Schwierigkeiten?«, »Wie bist du mit diesen Schwierigkeiten umgegangen?« oder »Was würdest du beim nächsten Lampenbau anders machen?« gesteuert werden.<sup>70</sup>

Da das Projekt neben den technischen auch soziokulturelle Fragestellungen umreisst, sollten verschiedene Grundrelationen systematisiert und unterschieden werden. Das bedeutet eine Reflexion auf die Situation der Gruppe, im Hinblick auf die Sache und im Hinblick auf die gesellschaftliche Situation.<sup>71</sup>

69 vgl. Maras, Ametsbichler & Eckert-Kalthoff, 2010; Peterssen, 2000; Wiater, 2005.

70 vgl. Beck & Guldemann, 1996.

71 Diekmann 2001.

#### 3.5.4 HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG

##### Einführung

- Wenn die Klasse bereits über technische Vorerfahrungen verfügt, kann das Arbeitsblatt zur Motivationsphase entfallen.
- Zur Erläuterung des Stromkreises und der Funktionsweise des Reedkontakts empfiehlt es sich, die Verdrahtung mit Krokodilklemmen zu demonstrieren.

##### Erarbeitung des Themas

- Die Gruppen 1 und 3 sollten fertige Tabellen zur Verfügung gestellt bekommen.
- Für die Gruppe 2 werden internetfähige Computer benötigt. Bei der Verwendung von Wikipedia besteht die Gefahr schlecht nachvollziehbarer Inhalte. Alternativ eignet sich ein technisches Nachschlagewerk auf CD / DVD-ROM wie z. B. Infopedia, die Chronik der Technik oder Technik 4D.
- Als Schulbuch für die Arbeit der Gruppe 3 sind Umwelt Technik 2, Klett Verlag, oder Prisma Mensch – Natur – Technik 7/8, Klett und Balmer Verlag, empfehlenswert.
- Gruppe 4 benötigt eine fertige Lampe zur Analyse bzw. Demontage. Ausserdem müssen alle für die Produktion notwendigen Werkzeuge und Maschinen bereitgestellt werden.
- Bei der Vorstellung der Arbeitsergebnisse sind Folien und Plakate einer rein mündlichen Gruppendiskussion bzw. -präsentation vorzuziehen.

##### Planung der Produktion

- Die Zeichnung kann je nach Differenzierung als Projektion oder als Dreitafelbild erstellt werden. Bei der Darstellung des Lampenschirms kann man eine Schablone verwenden.
- Wird zur Erstellung der Zeichnung ein Computer verwendet, empfiehlt es sich die Blatteinteilung vorzugeben. Beim Arbeiten mit Word lassen sich allenfalls normorientierte Zeichnungen erstellen, insbesondere, wenn räumlich gezeichnet wird.

- Bei Arbeiten mit einem 3-D-CAD-System ist bei Verwendung des Assembly-Moduls mit einem erhöhten Zeitaufwand zu rechnen. Die Lampe lässt sich hingegen einfach im Volumenteil des Programms konstruieren und nach der Fertigstellung im Draft-Modul automatisch zeichnen bzw. bemessen.

##### Durchführung der Produktion

- Es empfiehlt sich, die Bodenplatten bereits im Vorfeld maschinell zuzuschneiden (z. B. mit einer Tischkreissäge).
- Eine Einweisung in die Sicherheitsbestimmungen im Umgang mit den Werkzeugen und Maschinen ist unumgänglich. Eventuell muss vor Beginn der Produktion noch der »Bohrmaschinenführerschein« gemacht werden.
- Die Stationsarbeiten können im individuellen Arbeitstempo durchgeführt werden, ein Wechsel erfolgt selbstständig nach Fertigstellung des jeweiligen Bauteils. Eine Zwischenkontrolle bleibt der Lehrperson vorbehalten.
- Besonderes Augenmerk gilt der 3. Station beim Umgang mit der Handbohrmaschine und den Gefahren bei ihrer Verwendung als Fräswerkzeug. Alternative Bohr- oder Schneidevarianten bei der Produktion des Lampenschirms haben sich nicht bewährt.
- Die Batterien sollten nicht direkt an die Leitungen angelötet werden, da sie dann nicht mehr gewechselt und durch die Hitzeentwicklung zerstört werden können.
- Bei der Auswahl des Rundprofils ist auf einen ausreichenden Innendurchmesser für die Aufnahme der Batterien, der Papierummantelung und des Reedkontakts zu achten.
- Bei der Befestigung des Lampenschirms auf dem Aluminiumprofil darf nicht zu viel Heissklebstoff verwendet werden. Dieser verklebt sonst die Leuchtdiode, was wiederum den Batteriewechsel nicht mehr ermöglicht.



**Inbetriebnahme und Bewertung**

- Bei einer eventuellen Fehlersuche ist die Polungsrichtung der Batterien zu überprüfen, da die LED polungsabhängig ist.
- In die Bewertung der Schülerarbeiten sollte man neben den Endprodukten auch die theoretischen Erarbeitungsstufen einbeziehen.

**Stückliste, technische Hinweise und Alternativen**

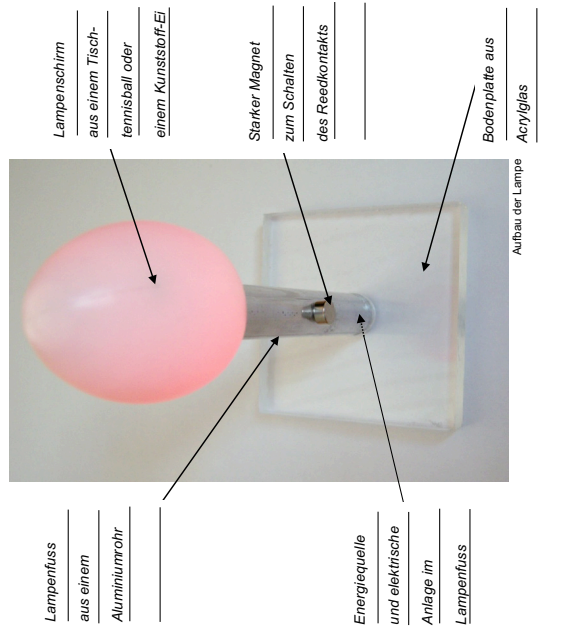
- Bauteile für die elektrische Anlage:
  - 1 x Farbwechsel-LED Typ F45B mit 20 mA/3 V,
  - 1 x Reedkontakt 1 W mit  $\varnothing$  1,8 mm x L 7 mm,
  - 1 x Neodym-Magnet  $\varnothing$  8 mm oder 10 mm,
  - 2 x Micro-Batterien 700 mAh,
  - 2 x Reissnägel,
  - 10 cm Litze  $\varnothing$  1 mm,
  - Vorwiderstand 220  $\Omega$ .
- Bauteile für das Gestell:
  - Acryl-Bodenplatte ca. 80 mm x 80 mm,
  - Aluminiumrohr ca. 150 mm Länge,
  - 1 x Tischtennisball oder Deko-Ei aus Kunststoff,
  - 4 x Klebefüße.
- Der Batteriewechsel erfolgt durch Entfernen der Bodenplatte vom Lampenfuss. Danach lässt sich die gesamte elektrische Anlage aus dem Rohr ziehen. Beim Wechseln der Batterien ist auf die Polung zu achten. Ausserdem ist der Reedkontakt vorsichtig zu behandeln, da die Glasröhrchen leicht brechen.
- Alternativ lässt sich die Lampe auch mit einer superhellen, weissen LED aufbauen. Diese werden mit Lichtstärken bis zu 25 cd vertrieben und benötigen aufgrund ihrer Betriebsspannung (3,2 V) keinen Vorwiderstand. Am Aufbau der Anlage ändert sich nichts.

3.5.5 AUFGABEN- UND ARBEITSBLÄTTER

**Planung und Bau einer Designer-Stehleuchte**

**Aufgabe:**

Beschreibe die einzelnen Bauteile und Baugruppen unserer Lampe.



**Schalten durch Magnetismus**

Zum An- und Ausschalten der Lampe wird ein sogenannter Reedkontakt verwendet. Dieses Bauteil besteht aus zwei Metallkontakten, die in einem dünnen Glasröhrchen befestigt sind. Einer der Kontakte ist magnetisch. Sobald dieser von einem Magneten angezogen wird, berührt er den zweiten Kontakt und eine leitende Verbindung entsteht. Die Lampe leuchtet.

**Aufgaben zur Erschliessung des Themas in den Expertengruppen**

**Gruppe 1: Die Bedeutung der Beleuchtung für den Menschen**

Befasst euch mit der Bedeutung von Beleuchtung für den Menschen. Hierzu sollt ihr folgende Tabelle in der Gruppe diskutieren und ergänzen.

Art der Lampe	Einsatzgebiet der Beleuchtung	Bedeutung für den Menschen	Anforderung an diese Lampe

**Gruppe 2: Design und Funktion**

Befasst euch mit dem Begriff „Design“. Hierzu könnt ihr einen Computer und die Internetzyklopädie Wikipedia oder die von eurer Lehrperson zur Verfügung gestellten Nachschlagewerke verwenden. Sucht nach einer guten Erklärung des Begriffs „Design“. Fasst eure Ergebnisse in klaren und prägnanten Aussagen zusammen, später werdet ihr eure Zusammenfassung dem Rest der Klasse diktieren.

**Gruppe 3: Gefahren des elektrischen Stroms**

Befasst euch mit den Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom. Um unser Projekt umsetzen zu können, müsst ihr vor dem Bau der Lampe in Erfahrung bringen, mit welchen elektrischen Bauteilen man gefahrlos arbeiten darf und welche weiteren Sicherheitsbestimmungen einzuhalten sind. Verwendet hierzu ein aktuelles Schulbuch. Entwickelt einen kurzen, schriftlichen Leitfaden in dem ihr beschreibt, welche Arbeiten ausgeführt werden dürfen und was verboten ist.

**Leitfaden für Arbeiten und den Umgang mit elektrischen Geräten**

Arbeiten, die durchgeführt werden dürfen	Verbote

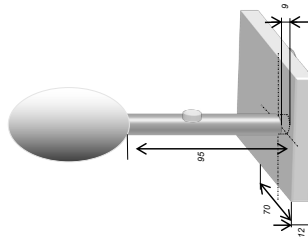
**Gruppe 4: Kompetenzen bei der technischen Fertigung**

Befasst euch mit den Kompetenzen, die ihr für die Fertigung der Lampe benötigt. Beachtet dabei insbesondere die verschiedenen Materialien und Werkzeuge mit denen wir arbeiten werden. Analysiert hierzu den Prototyp der fertigen Lampe und die vorgegebenen Materialien. Stellt in einer Mindmap eine Übersicht zusammen, welche Arbeiten durchzuführen sind, welche Werkzeuge und Maschinen verwendet werden können bzw. dürfen und welche Fähigkeiten dazu notwendig sind.

**Planung der Lampenproduktion (z.B. mit MS-Word / Solid Edge)**

**Aufgabe:**

Erstelle mit den vorgegebenen Zeichenwerkzeugen eine technische Zeichnung von unserer Lampe, bemasse sie und vervollständige die Stückliste.



Nr.	Anzahl	Benennung
1	1	Bohrmaschine 700 W
2	1	Feile 125 x 25 x 12
3	1	Lampenschirm Ø 30 oder 40
4	1	Messzylinder
5	4	Klebschleiss Ø 5

Blatt Nr.:	Zeichnungsbenennung:	Material:	geprüft:
	Designlampe		
		Klasse:	
		Datum:	

**Planung der Lampenproduktion (z.B. mit Solid Edge)**

**Aufgabe:**

Konstruiere mit den vorgegebenen Zeichenwerkzeugen eine 3-D-Ansicht von unserer Lampe. Stell diese in mehreren Ansichten dar und bemasse die Ansichten. Lass das Programm abschliessend eine Stückliste generieren.

ITEM	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
1	DESIGNLAMP		

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION
1	1	PC	DESIGNLAMP

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION
1	1	PC	DESIGNLAMP

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION
1	1	PC	DESIGNLAMP

**Leittexte der einzelnen Arbeitsstationen**

**Arbeitsstation 1: Die Bodenplatte**

Für die Bodenplatte wird ein zugeschnittenes Quadrat aus Acrylglas verwendet. Dieser Werkstoff ist einerseits gut zu bearbeiten, andererseits ermöglicht er ein besonderes Gestaltungselement. Die Bodenplatte dient der Aufnahme des Lampenfusses. Dazu muss eine Bohrung in der Mitte der Platte angebracht werden; sie wird mit einer sogenannten Reissnadel bestimmt. Damit wird ein feiner Riss in das Acryl gezeichnet. Dann kann das Loch an der Ständerbohrmaschine gebohrt werden. Beim Bohren sind die Sicherheitsbestimmungen zu beachten.

In einem zweiten Arbeitsschritt müssen die Kanten der Platte geglättet werden. Bei Acrylglas verwendet man dazu – im Gegensatz zu Holz oder Metall – keine Feile und kein Schleifpapier, sondern eine sogenannte Abziehklinge, ausserdem Politure für das Finish.

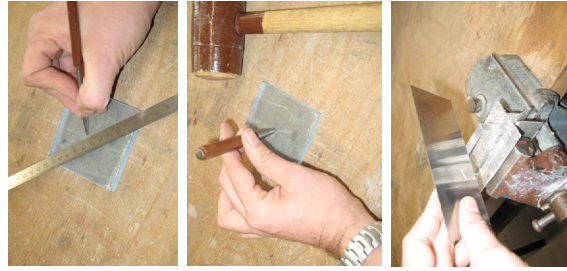
Die Schutzfolie ist so lange wie möglich auf der Platte zu lassen, da sie vor Kratzern schützt.

**Aufgabe 1:**

- Bestimme die Mitte deiner Bodenplatte mit einem Stahllineal und einer Reissnadel.
- Körne die Mitte der Platte mit einem Körner an.
- Bohre auf der Markierung das Loch für die Aufnahme des Lampenfusses. Spanne dazu die Platte in einen Bohrschraubstock ein und verwende beim Bohren Schutzbrille und Haarschutz
- Entgrate die Kante des Bohrlochs mit einem Krauskopfsenker.

**Aufgabe 2:**

- Befestige deine Bodenplatte in einem Schraubstock. Vergiss die Schutzbleche auf den Schraubstockbacken nicht, sie schützen vor Kratzern.
- Schabe mit der Abziehklinge vorsichtig und gerade alle vier Aussenseiten ab, so dass sie gerade und glatt werden. Achtung scharfkantig!
- Entschärfe auch die Seitenkanten und Ecken.



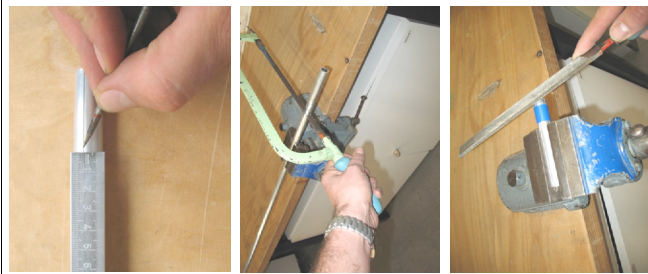
Station 1: anreissen, körnen und Kanten bearbeiten

**Arbeitsstation 2: Der Lampenfuss**

Der Fuss der Lampe dient zur Aufnahme des Lampenschirms und er verbirgt die elektrische Anlage. Da Metall und Glas gut zusammenpassen, wird der Lampenfuss aus Aluminium gefertigt, das sich leicht bearbeiten lässt, gut aussieht und nicht rostet.

**Aufgabe:**

- Messe ein 95 mm langes Stück von einem rohrförmigen Aluminiumprofil ab.
- Ritze mit einer Reissnadel die Länge an.
- Spanne das Rohr in einen Schraubstock ein und achte darauf, dass die Schraubstockbacken das Material nicht verkratzen. Schutzbacken aus Kunststoff können das Material schützen.
- Säge das angerissene Stück ab.
- Runde die obere und untere Kante des Profils gleichmässig mit einer Feile ab.
- Schleife die Stelle, an der das Profil später im Lampenfuss steckt, vorsichtig und gleichmässig mit Schleifpapier et was ab. Um hässliche Kratzer zu vermeiden, kannst du dein Aluminiumprofil mit Klebeband abkleben.



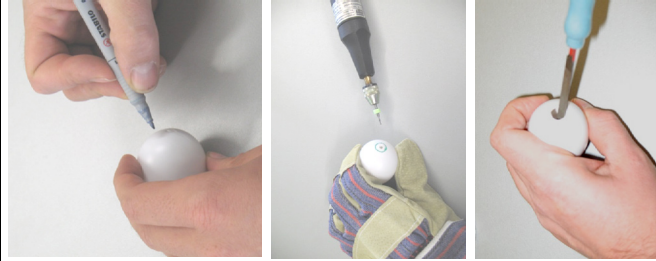
Station 2: abmessen, absägen und entgraten

**Arbeitsstation 3: Der Lampenschirm**

Im Lampenschirm befindet sich das Leuchtmittel. Aus diesem Grund muss das verwendete Material eine gewisse Durchsichtigkeit besitzen; ausserdem sollte es leicht aufzuschneiden sein. Geeignet sind für diesen Zweck ein Tischtennisball oder ein Kunststoff-Ei. Da es nicht ganz einfach ist, in einen runden Gegenstand ein Loch zu bohren ohne dabei abzurutschen, sollte bei den folgenden Arbeiten sehr vorsichtig und nur mit Schutzhandschuhen gearbeitet werden. Beim Bohren wird ein Fräskopf verwendet, mit dem das Loch für das Leuchtmittel ausgefräst wird.

**Aufgabe:**

- Zeichne mit einem feinen Blei- oder Filzstift einen etwa 8 mm grossen Kreis auf den Tischtennisball oder das Kunststoff-Ei.
- Verwende ein Probestück, um das Verhalten der Bohrmaschine zu testen. Halte es in einer Hand vorsichtig mit einem Handschuh. Benütze eine kleine Bohrmaschine mit einem Fräskopf, um einen Probestrich auszufräsen.
- Führe nun die Arbeiten an deinem eigenen Lampenschirm sehr genau aus und achte darauf, dass du nicht abrutschst.
- Schleife zum Abschluss die Fräskante des Loches mit einer kleinen Rundfeile sauber.



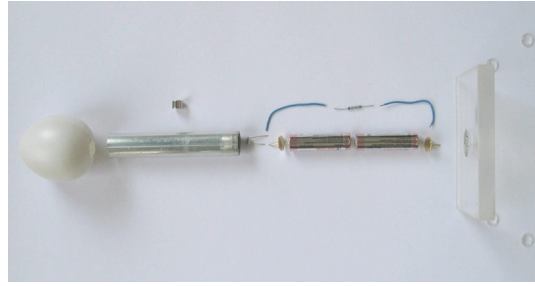
Station 3: anzeichnen, ausfräsen und schleifen

**Arbeitsstation: Endmontage**

In der Endmontage wirst du alle angefertigten Baugruppen und Bauteile zusammenmontieren.

**Aufgabe:**

1. Beginne mit der Bodenplatte. Setze den Lampenfuss ein, da die Bohrung passgenau ist, musst du ihn vorsichtig mit einem Hammer einpassen.
2. Im zweiten Schritt wird die Elektrik im Lampenfuss verstaut. Um eventuelle Kurzschlüsse zu vermeiden, musst du zur Isolierung ein Stück Papier zusammenrollen und so in den Lampenfuss schieben, dass die Seitenwände abgedeckt sind. Nun folgt die Elektrik, die ebenfalls in den Fuss eingeschoben wird. Bevor der Rest montiert wird, solltest du das Funktionieren deiner Lampe überprüfen. Dazu wird der Magnet an den Lampenfuss gesetzt. Das Aluminium ist zwar nicht magnetisch, dafür aber die Batterie – sie hält den Magneten. Nun gilt es durch Drehen die Stelle des Reedkontaktes zu finden. Wenn die Lampe leuchtet, kann die Kontaktstelle mit einem Farbpunkt oder mit einer kleinen Körnung gekennzeichnet werden.
3. Im dritten Schritt wird der Lampenschirm montiert. Dazu wird mit Heissklebstoff ein Ring auf das obere Ende des Lampenfusses geklebt. Achte darauf, dass die Leuchtdiode nicht verklebt wird. Nun musst du den Lampenschirm so lange auf den Lampenfuss halten, bis der Klebstoff abgekühlt ist.
4. Im letzten Schritt werden rutschhemmende Klebefüßchen unter die Bodenplatte gesetzt. Dazu klebst du jeweils in eine Ecke der Unterseite der Bodenplatte ein selbstklebendes Gummifüßchen.
5. Bei Bedarf kannst du die Seitenflächen der Bodenplatte noch so lange mit einer Kunststoffpolitur polieren, bis man keine Kratzer mehr sieht.



Station Endmontage: Montageskizze der Lampe

**Arbeitsstation 4: Die elektrische Anlage**

Das Herz der Lampe besteht aus einem Farbwechsel-Leuchtmittel (Leuchtdiode) und aus einem Schaltkontakt, der auf Magnetsmus reagiert (Reedkontakt).

Um die elektrische Anlage bauen zu können, musst du zuerst den allgemeinen Aufbau eines Stromkreises verstehen: In jedem Stromkreis gibt es eine Stromquelle (hier: zwei Batterien), einen Verbraucher (hier: die Farbwechsel-LED), einen Schalter (hier: der Reedkontakt, der mit einem Magneten betätigt wird) sowie Leitungen, um alle Bauteile miteinander zu verbinden.

Die Verbindung geschieht mithilfe eines Lötcolbens, der ein besonderes Metall (Lot) zum Schmelzen bringt und damit zum Beispiel ein Bauteil mit einer Leitung verbindet.

**Aufgabe:**

- Stelle folgende Materialien bereit: zwei Reissnägel, zwei 3,5 cm lange Leitungsstücke, eine Leuchtdiode, einen Reedkontakt und zwei Micro-Batterien.
- Isoliere jeweils die beiden Enden der Leitungsstücke mit einer Zange ca. 0,5 cm ab.
- Biege an einem Reissnagel den Nagel mit einer Zange um.
- Verlöte nun alle Bauteile wie folgt:
  - ① den Nagel des geraden Reissnagels an den langen Pool der Leuchtdiode,
  - ② den kurzen Pool der Leuchtdiode an ein Ende einer Leitung,
  - ③ das zweite Ende der Leitung an den ersten Anschluss des Reedkontakts,
  - ④ den zweiten Anschluss des Reedkontakts an ein Ende der zweiten Leitung,
  - ⑤ das andere Ende der zweiten Leitung an den umgebogenen Reissnagel.



- Setze nun die beiden Batterien nacheinander zwischen die beiden Reissnagelköpfe. Verwende eventuell Tesafilm, um alles zu stabilisieren.
- Teste deine Konstruktion, indem du mit einem Magnet in die Nähe des Reedkontakts kommst: Der Stromkreis wird geschlossen, die Leuchtdiode muss leuchten.



Station 4: Schaltbild und fertig montierte elektrische Anlage

## 3.6 DER ARMLEUCHTER

*Andreas Stettler*

Der »Armluchter« gibt den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, in einer offenen Aufgabenstellung einen Gestaltungs- und Design-

prozess zu erleben und sich Kontextwissen im Bereich der Elektronik anzueignen.

### 3.6.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Der junge Japaner Shuji Nakamura arbeitete nach dem Elektronikstudium in der Forschungsabteilung einer kleinen Lampenfabrik. Forschungsabteilung ist etwas hoch gegriffen, denn bald arbeitete Nakamura allein in seinem Labor, weil den beiden anderen Mitarbeitern Aufgaben ausserhalb des Labors zugewiesen wurden. Nakamura forschte an der Entwicklung von Leuchtdioden. Nach verschiedenen Rückschlägen unterstützte ihn die Firma nicht mehr, weil sie den Glauben an eine bahnbrechende Erfindung verloren

hatte. Aber Nakamura tüftelte in den Abendstunden weiter. Endlich gelang ihm ein grosser Durchbruch: Er entdeckte die blaue Leuchtdiode. Seine Erfindung steckt heute in Smartphones, DVD-Geräten, Lampen, Lichtsignalen und Reklameanzeigen. Seine Firma wurde von einer kleinen Lampenfirma zum Marktführer. Nakamura bekam als Dank eine Prämie von umgerechnet CHF 200. Erst nach gerichtlichen Auseinandersetzungen musste ihm die Firma für seine Erfindung einen Betrag in Millionenhöhe zahlen.

### 3.6.2 DAS THEMA IM KONTEXT DER ENERGIE- UND ELEKTROTECHNIK

Die gute alte Glühlampe, die am Ende des neunzehnten Jahrhunderts erfunden wurde, war eine geniale Erfindung: Sie konnte elektrische Energie in Licht umwandeln. Das war damals ganz neu und veränderte die Welt. Leider produzieren Glühlampen nicht nur Licht, sondern auch sehr viel Wärme. Darum werden sie im Betrieb auch »glühend« heiss. Das führt dazu, dass sie sehr ineffizient sind: Sie produzieren pro Watt elektrischer Energie neben Wärme nur 10 Lumen bis 22 Lumen Licht. Es ist naheliegend, dass Forscher rund um den Globus nach effizienteren Leuchtmitteln suchten.

Mit der Leuchtdiode (LED) ist ein grosser Schritt in dieser Richtung möglich geworden. Die LED vermag einen grossen Teil der elektrischen Energie in Leuchtkraft umzuwandeln. Die effizien-

testen verfügbaren weissen LEDs erreichen eine Lichtausbeute von über 300 Lumen pro Watt. Das bedeutet, dass eine 5-Watt-LED-Lampe gleich viel Licht erzeugt wie eine 100-Watt-Glühbirne.

Neben ihrer Effektivität haben Leuchtdioden viele weitere Vorteile:

- Höhere Lichtausbeute oder Energieeffizienz als andere Leuchtmittel,
- hohe Zuverlässigkeit,
- sehr lange Lebensdauer,
- hohe Stoss- und Schockbelastbarkeit,
- schnelle Schalt- und Modulierbarkeit,
- kein Schaltverschleiss,
- proportionaler Lichtstromanstieg, Dimmbarkeit ohne Effizienzverlust,
- monochrome Lichterzeugung,
- Lichtbündelung.

Kernstück einer Leuchtdiode ist ein winziger Halbleiterkristall. Er befindet sich bei vielen LED-Typen auf dem Boden einer kegelförmigen Vertiefung. Im Innern der LED ist der Halbleiterkristall durch einen Verbindungsdraht mit der Anode verbunden. Fließt Strom durch die LED, wird der Kristall zum Leuchten gebracht. Das Licht tritt seitlich aus dem Kristall aus. Die Innenseiten der Vertiefung wirken als Reflektor für das austretende Licht.

Die LED leuchtet nur, wenn sie richtig angeschlossen wird. Bei vielen fabrikneuen LEDs ist der Anschluss der Kathode kürzer (Merkregel: Kathode = kurz = minus, Anode = lang = plus). Wird die LED verkehrt angeschlossen, fließt kein Strom und die LED leuchtet nicht.

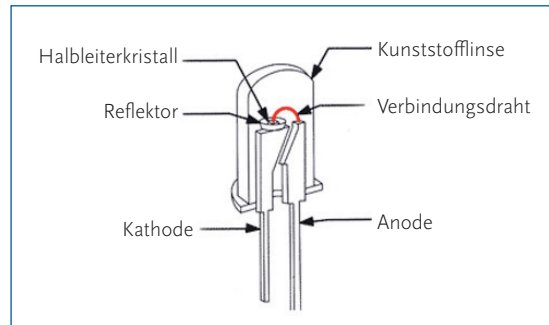


Abbildung 112: Aufbau einer LED

Eine LED wird zerstört, wenn sie einer zu hohen Spannung ausgesetzt wird. Beim Anschließen einer LED muss geprüft werden, ob ein Vorwiderstand in den Stromkreis einzubauen ist (siehe unten).

### 3.6.3 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabenstellung lässt den Schülerinnen und Schülern bewusst Freiheit bei der Entwicklung ihres Produktes. Der »Armluchter« soll aus einem Sockel, einem biegbaren Arm und einem transparenten Lampenkopf bestehen. Verschiedene Entwicklungsschritte führen die Schülerinnen und Schüler.

Als Erstes wird ein technisches Experiment durchgeführt: Eine LED soll zum Leuchten gebracht werden.

#### Experimentieraufgabe

Die Schülerinnen und Schüler sollen mit einem Experiment entdecken, wie die verschiedenen Komponenten des Stromkreislaufs zusammengesetzt werden müssen.

**Aufgabenstellung:** Arbeitet zu zweit und versucht mit dem bereitgelegten Material (Batterie, Widerstand und Prüfkabel) eine LED zum Leuchten zu bringen. Sobald die LED leuchtet, zeichnet ihr die Anordnung der verschiedenen Komponenten auf. Benutzt dazu die Schaltzeichen der Bauteile (siehe Abb. 114). Vertauscht die Verbindungskabel zur LED. Was stellt ihr fest?

**Material:** Widerstand, LED, Prüfkabel, Flachbatterie 4,5 V

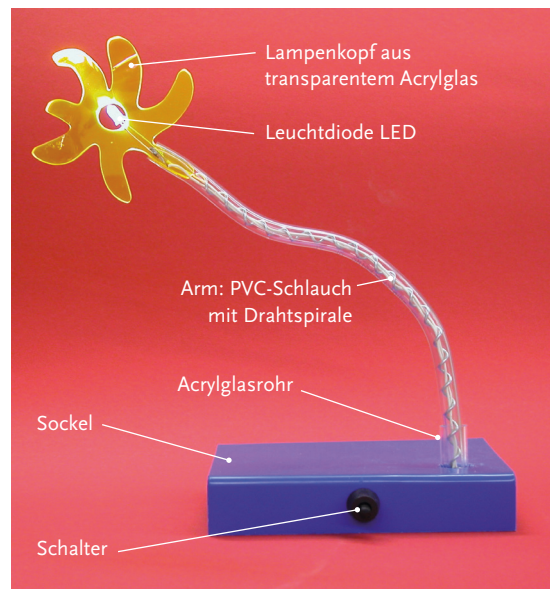


Abbildung 113: Der Aufbau des Armluchters

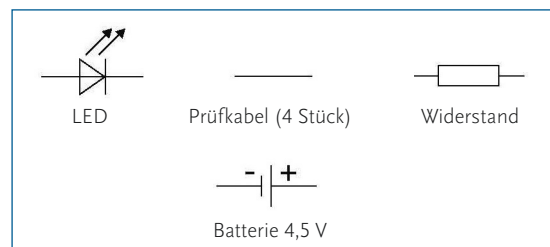


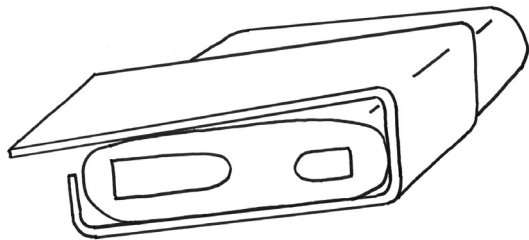
Abbildung 114: Schaltzeichen

#### Lehrgang zum Biegen von Polystyrol

Mit einem Lehrgang lernen die Schülerinnen und Schüler Verfahren zum Kunststoff Polystyrol kennen.

**Aufgabenstellung:** Arbeite allein. Biege einen Polystyrolstreifen mithilfe des Linearbiegegerätes. Bilde dabei einen kleinen Kasten für die Batterie. Die Batterie soll im Kasten festgeklemmt sein, damit sie nicht herausfällt.

**Material:** Polystyrolstreifen (Stärke 2 mm, 4 cm x 14 cm), Flachbatterie 4,5 V



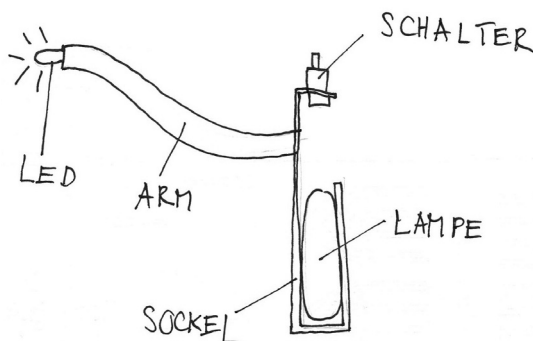
**Abbildung 115:** Die Batterie in einem Polystyrolstreifen eingeklemmt

#### Ideen suchen

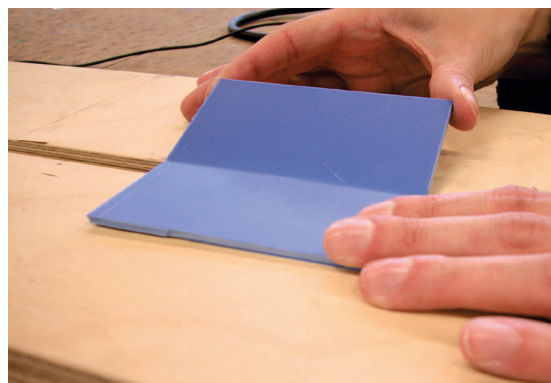
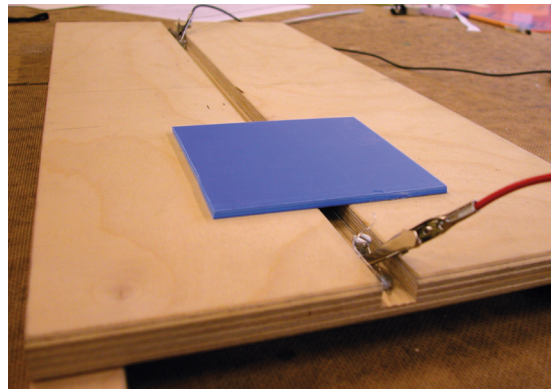
In der Ideensuchphase erhalten die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, ein eigenes Design für ihre Lampe zu entwickeln.

**Aufgabenstellung:** Arbeite allein. Sammle Ideen für deine Lampe: Eine Lampe kann an der Wand hängen, auf dem Tisch stehen, aber auch auf Reisen benutzt werden. Sie kann einen langen oder einen kurzen Arm haben.

Arbeite zu zweit. Besprecht gemeinsam, welche Möglichkeiten es gibt, die Lampe zu bauen. Zeichne Skizzen mit verschiedenen Möglichkei-



**Abbildung 117:** Beispiel einer Skizze für eine Wandlampe



**Abbildung 116:** Polystyrolstreifen erhitzen und mithilfe des Linearbiegegerätes biegen

ten und beschriftet die einzelnen Teile. Denkt dabei auch an den Schalter, den Arm der Lampe und an die Batterie (siehe Abb. 117).

**Material:** Papier (DIN A4), Schalter, Flachbatterie (4,5 V), PVC-Schlauchabschnitt

#### Ein Modell für den Sockel des Armleuchters herstellen

Durch ein Modell aus Papier können die Ideen der Schülerinnen und Schüler konkretisiert und die Vorstellung geschärft werden.

**Aufgabenstellung:** Arbeite allein. Stell einen Prototyp für den Sockel deines Armleuchters aus festem Papier her. Falte den Papierstreifen so, dass er die Batterie halten kann und gleichzeitig den Sockel für den Arm des Armleuchters bildet. Denk daran, dass der Sockel stehen oder hängen wird. Plane den Schalter, den Arm des Leuchters und die Batterie ein. Zeichne die Löcher für den Schalter und den Arm des Armleuchters auf das Papier. Schneide das Papierstück auf die richtige Länge ab und falte es gemäss deinem Plan.



### Das Modell in der Klasse begutachten

Das Modell wird in der Gruppe präsentiert. Die Schülerinnen und Schüler geben sich gegenseitig Rückmeldungen dazu.

**Aufgabenstellung:** Arbeitet zu zweit. Begutachtet den Prototyp. Besprecht, wo die Stärken und Schwächen liegen. Verbessert den Prototyp.

**Material:** Papierstreifen (180 g/cm<sup>2</sup>, 21 cm x 7 cm), Flachbatterie (4,5 V), Schalter, PVC-Schlauch

### Den Sockel bauen

Der Sockel wird aus Polystyrol hergestellt. Dabei wird das Papiermodell als Vorlage benutzt.

**Aufgabenstellung:** Übertrage die Masse deines Papier-Prototyps auf den vorbereiteten Polystyrolstreifen. Denk dabei an die Biegestellen, die Löcher für den Schalter und den Arm. Säge das Polystyrolstück auf die gewünschte Länge ab. Dazu beklebst du die Schnittstelle vorher mit Abdeckband. Bearbeite die Kanten mit Feile und Nassschleifpapier.

Bohre die Löcher an der passenden Stelle in das Polystyrolstück. Beklebe vorher die Bohrstelle mit Abdeckband. Mit dem Linearbiegegerät können die Biegekanten erwärmt und anschliessend gebogen werden. Plane jede Kante gut und biege anschliessend gemäss deinem Modell.

### Den Kopf des Armleuchters entwerfen und herstellen

Mit dem Kopf des Armleuchters wird ein zentrales Element aus Acrylglas hergestellt, das von Schülerinnen und Schülern bewusst gestaltet werden soll.

**Aufgabenstellung:** Arbeite allein. Der Lampenkopf soll ein Blickfang für deine Leuchte werden. Zeichne einen Entwurf auf Papier und beachte dabei die verbindlichen Grundmasse in der Zeichnung (Abb. 119).

Aus einem farbigen Klarsichtmäppchen kannst du einen Prototyp deines Lampenkopfes herstellen. Dazu legst du deinen Entwurf unter die Folie und zeichnest sie mit wasserfestem Filzstift nach. Schneide deine Form aus. Du kannst die

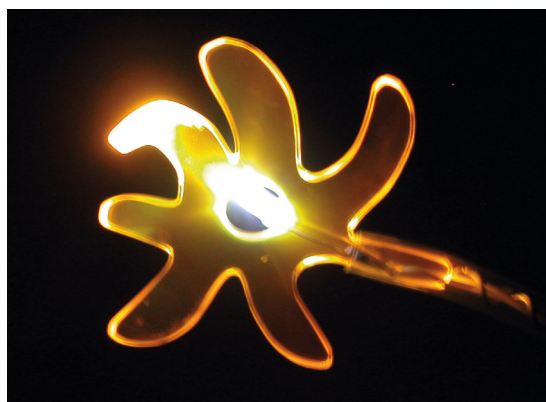


Abbildung 118: Der Kopf des Armleuchters

Form nun begutachten und erkennst die Stärken und Schwächen.

Verbessere deine Form. Übertrage die Form des Lampenkopfes auf das Acrylglasstück. Beklebe die Fläche des Acrylglases vorher mit Abdeckband. Bohre zuerst vorsichtig das Loch (ca.  $\varnothing$  14 mm) für die LED.

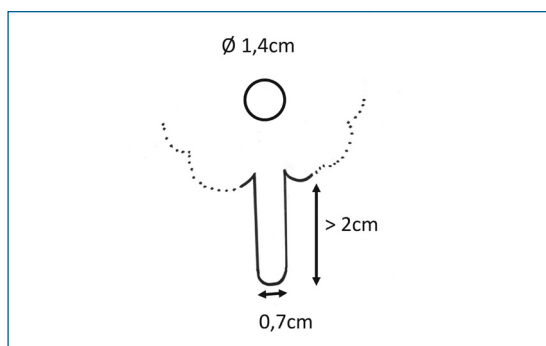


Abbildung 119: Die Skizze des Lampenkopfes: Die durchgezogenen Linien sind verbindlich, ansonsten ist die Form frei.

Anschliessend kannst du die Form mit der Decoupiersäge aussägen (Abb. 120). Danach wird die Kante des Acrylstückes mit der Feile bearbeitet, damit sie die gewünschte Form erhält (Abb. 121).

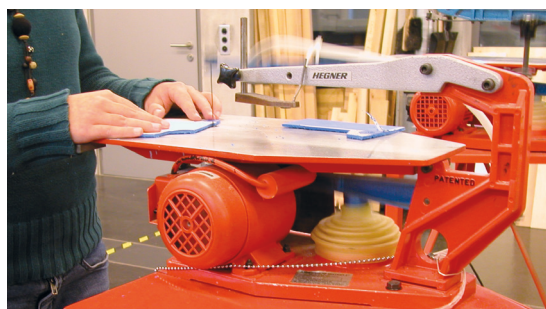


Abbildung 120: Sägen mit der Decoupiersäge

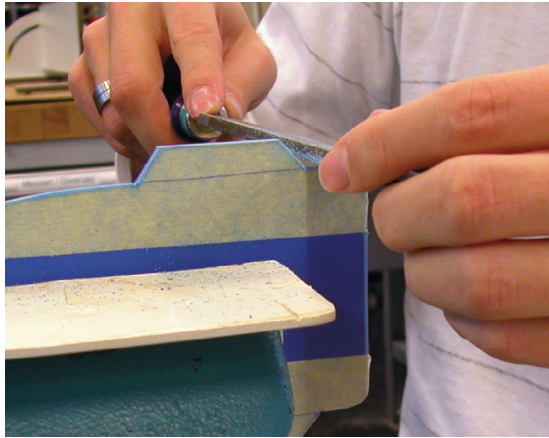


Abbildung 121: Bearbeiten der Kanten



Abbildung 122: Polieren mit der Schwabbelscheibe

Um glatte und durchsichtige Kanten zu erreichen, schleife diese zuerst mit Nassschleifpapier. Poliere sie dann mit der Schwabbelscheibe und Polierwachs (Abb. 122).

#### Den Arm der Leuchte herstellen

Je nach Kontext brauchen die Schülerinnen und Schüler bei der Herstellung des Arms der Leuchte die Unterstützung der Lehrperson.

**Arbeitsanleitung:** Schneide den PVC-Schlauch ( $\varnothing$  9 mm/5 mm) mit dem Japanmesser in der gewünschten Länge (7 cm bis 15 cm) ab. Achte darauf, dass der Arm nicht zu lang wird, da er sich bei zu hohem Eigengewicht nicht aufrecht halten kann. Wickle ca. 50 cm verzinkten Eisen draht ( $\varnothing$  1,4 mm) in regelmässigen Windungen um einen Eisenrundstab ( $\varnothing$  5 mm). Zieh den Eisenrunddraht aus dem spiralförmig aufgewickelten Draht. Nun kannst du die Spirale dehnen. Befestige dazu das eine Ende des Drahtes

im Schraubstock. Das andere Ende fasst du mit einer Flachzange und ziehst die Spirale auseinander. Kontrolliere, ob die Spirale in den PVC-Schlauch eingeführt werden kann. Säge 3 cm des Acrylglasrohrs ( $\varnothing$  13 mm/10 mm) mit der Decoupiersäge ab. Dabei beklebst du die Schnittstelle vor dem Sägen mit Abdeckband. Die Enden des Rohres werden gefeilt, geschliffen und poliert. Mit einem Acrylglasklebstoff klebst du das Acrylglasrohr in das vorbereitete Loch ( $\varnothing$  13 mm) in deinem Sockel. Nun kannst du den Arm mit der Drahtspirale in das Acrylglasrohr im Sockel einführen.

#### Die Elektronik planen

Die Elektronik muss in der Klasse vorbesprochen werden. Hier kann das Arbeitsblatt ein Hilfsmittel sein. Anschliessend sollten die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, individuell zu planen.

**Aufgabenstellung:** Suche dir eine Leuchtdiode aus, deren Leuchtfarbe deinen Vorstellungen entspricht. Bevor du sie mit den anderen elektronischen Bauteilen zusammenschliessen kannst, musst du die Höhe des Vorwiderstandes berechnen.

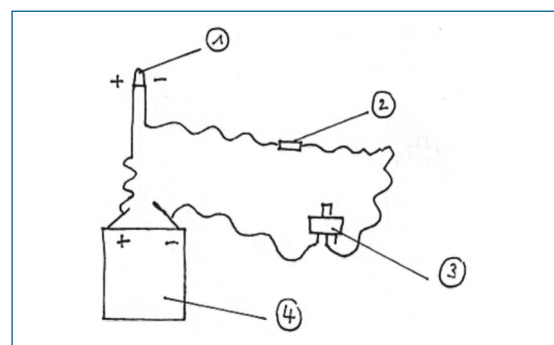


Abbildung 123: Leuchtdiode (1), Widerstand (2), Schalter (3) und Batterie (4) müssen in einem Stromkreislauf verbunden werden.

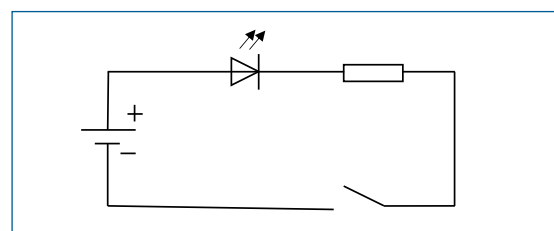


Abbildung 124: Stromkreislauf mit Schaltzeichen dargestellt

### Vorwiderstand berechnen

Zu viel Spannung kann eine Leuchtdiode beschädigen. Darum muss geprüft werden, ob die Stromquelle (in diesem Fall die Batterie) eine zu hohe Spannung für den Betrieb der LED aufweist. Wenn die Spannung zu gross ist, muss ein Widerstand in den Stromkreislauf eingebaut (vorgeschaltet) werden. Dieser hat die Aufgabe, die Spannung auf die gewünschte Höhe zu begrenzen. Ein Widerstand ist im Wassermodell mit einem Wasserkanal vergleichbar, der künstlich verengt wird, damit nur eine bestimmte Menge Wasser durchfliessen kann. Das nachfolgende Wasserrad wird dadurch vor Beschädigung geschützt (siehe Abb. 125).

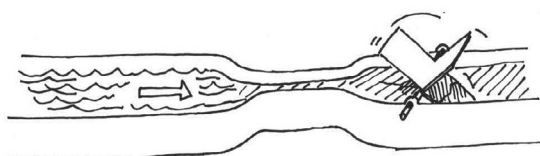


Abbildung 125: Die Verengung des Wasserkanals schützt das Wasserrad vor Beschädigung.

Der vorgeschaltete Widerstand ( $R$ ) hat also die Aufgabe, die Spannung zu begrenzen. Die Höhe des Widerstandes ( $R$ ) lässt sich aus der Überschussspannung ( $U_0 - U_D$ ) dividiert durch die Stromstärke ( $I_D$ ) der Leuchtdiode berechnen:

$$R = \frac{U_0 - U_D}{I}$$

$U_0$  = Spannung der Stromquelle  
 $U_D$  = Spannung der LED  
 $I_D$  = Stromstärke der LED  
 $R$  = benötigte Höhe des Widerstandes

Leuchtdioden werden mit unterschiedlich hoher Spannung betrieben. Je nach Farbe unterscheidet sich in der Regel auch die Spannung, für die sie ausgelegt sind:

Blau: ca. 3,2 V	Ein Rechenbeispiel: Die Stromquelle (Batterie) hat eine Spannung von 4,5 V Die Leuchtdiode hat die Kenndaten 3,2 V / 0,02 A $4,5 \text{ V (Batterie)} - 3,2 \text{ V (LED)} = 1,3 \text{ V (Überschussspannung)}$ $1,3 \text{ V} : 0,02 \text{ A} = 65 \Omega$
Weiss: ca. 3,3 V	
Rot: ca. 1,9 V	
Grün: ca. 2,5 V	
Gelb: ca. 2,2 V	

### Stromkreislauf aufbauen und anschliessen

Mithilfe der Vorinformationen sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Komponenten der Elektronik provisorisch zu verbinden.

**Aufgabenstellung:** Nachdem du die Höhe des Widerstandes berechnet hast, kannst du die Leuchtdiode, den passenden Widerstand, den Schalter und die Batterie provisorisch mit Schwachstromlitzen zu einem Stromkreislauf verbinden. Plane von Anfang an die Schwachstromlitzen in entsprechender Länge ein, damit du sie anschliessend in den Armleuchter einbauen kannst. Entferne dazu an den Enden der Schwachstromlitze die Isolierung auf der Länge von ca. 1 cm. Teste den Stromkreislauf, indem du den Schalter betätigst. Leuchtet die LED?

Wenn die LED leuchtet, werden die Teile fest verlötet.

### Dokumentieren und Präsentieren des Armleuchters

Das Dokumentieren der Erkenntnisse (z. B. Stromkreislauf, Widerstand berechnen usw.) gibt die Gelegenheit, die Erkenntnisse noch einmal zu reflektieren und gleichzeitig zu vertiefen. Neben den bekannten schriftlichen Formen (Heft, Arbeitsblatt usw.) bieten sich hier auch die Dokumentationsformen mit neuen Medien (z. B. Smartphone) an.

Der Abschluss der Arbeiten und die Ergebnisse sollen gefeiert werden. Dazu gibt es verschiedene Formen und Möglichkeiten: Präsentation in der Gruppe, Präsentation für Besucher, Fotodokumentation, Ausstellung usw.

In dieser Phase geben und bekommen die Schülerinnen und Schüler auch Rückmeldungen zum Produkt. Auch hier gibt es verschiedene Formen: Peerfeedback, Selbstbeurteilung, Rückmeldung durch die Lehrkraft, Rückmeldung in der Gruppe usw.

#### 3.6.4 VERANKERUNG DER THEMATIK IM LEHRPLAN 21 / KOMPETENZBEZUG

##### TTG c5

»Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit funktionalen und konstruktiven Eigenschaften von Stromkreisen und Schaltungen auseinander (insbesondere Umgang mit Leuchtdioden, z. B. Leiter / Nichtleiter, Serien- und Parallelschaltung) und können diese an eigenen Produkten einsetzen.«

##### Funktion und Konstruktion

- Die Schülerinnen und Schüler können für ihre Lampe eigene Konstruktionen entwickeln und herstellen.
- Die Schülerinnen und Schüler können den Stromkreis mit Leuchtdiode (LED), Widerstand und Schalter montieren.

##### Gestaltungselemente

- Die Schülerinnen und Schüler können die formal-ästhetische Gestaltung ihrer Lampe selbst planen, umsetzen und bewerten.

##### Verfahren, Material, Werkzeug und Maschinen

- Die Schülerinnen und Schüler kennen Materialien (Polystyrol und Acrylglas), Werkzeuge und Maschinen im Kunststoffbereich und können elementare Verfahren der Kunststoffbearbeitung anwenden.
- Die Schülerinnen und Schüler können das Verfahren Weichlöten an elektronischen Teilen anwenden.

#### 3.6.5 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE

##### Stufe

5.–7. Klasse

##### Präkonzept der Schülerinnen und Schüler erheben

Ausgangspunkt für die Erhebung des Präkonzeptes können die folgenden Fragen sein:

- Welche Leuchtmittel gibt es?
- Welche Leuchtmittel sind energieeffizient?
- Was bringt eine Lampe zum Leuchten?

Fehlkonzepte können dekonstruiert und neue Konzepte aufgebaut werden.

##### Material

Schwachstromlitzen (ca. 100 cm), Flachbatterie 4,5 V, Polystyrol (div. Farben, Stärke 2 mm, 14 cm x 17 cm), Polystyrol (div. Farben, Stärke 2 mm, 4 cm x 14 cm), Kunststoffkleber (z. B. Acryfix 192), Draht (verzinkt,  $\varnothing$  1,4 mm; Länge 50 cm), PVC-Schlauch ( $\varnothing$  9 mm/5 mm; Länge 30 cm), Plexiglasrohr ( $\varnothing$  13 mm/10 mm; Länge 3 cm), Nassschleifpapier, Plexiglaspolierpaste, Lappen, Leuchtdioden (div. Farben), Weichlot, Lötfett, Druckschalter (mit Glockenmutter  $\varnothing$  10 mm), Widerstände (div. Ohmstärken 28  $\Omega$  – 120  $\Omega$ ), Acrylglas (transparent, div. Farben, Stärke 3 mm, 10 cm x 10 cm), Klarsichtmäppchen (div. Farben), Büroklammern (2 St.).

##### Tipps

Für die Bewältigung der offenen Aufgabe sind die Vorarbeiten (Lehrgänge, Experimente, Entwürfe und Modelle) sehr wichtig. Es ist also genügend Zeit einzuplanen (mindestens 5 Doppelstunden).

3.6.6 ARBEITSBLATT

1. Beschreibe, was dich an der Forschungsgeschichte von Nakamura beeindruckt hat.

---



---

2. Wie reagierst du, wenn eine deiner eigenen Entwicklungen nicht von Anfang an funktioniert? Notiere ein paar Stichworte.

---



---

3. Zähle möglichst viele Vorteile von Leuchtdioden (LED) auf.

---



---

4. Zeichne den Stromkreislauf mit Schalter, Leuchtdiode, Batterie und Widerstand auf. Benutze dazu die Schaltzeichen.

1 LED



Prüfkabel  
(4 Stück)



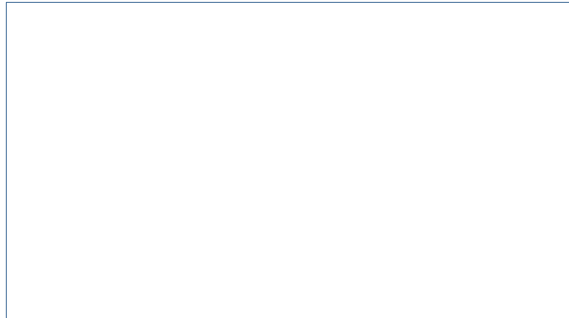
Widerstand



Batterie 4,5 V



Schalter



5. Arbeitet zu zweit: Erklärt euch gegenseitig, wie man die Grösse eines Vorwiderstandes berechnet.

---



---

6. Berechne die nötige Höhe des Widerstandes für eine gelbe Leuchtdiode und eine 9-V-Batterie.

---



---

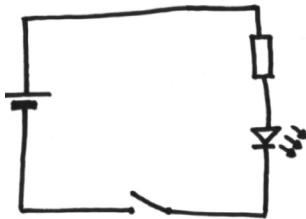
#### Lösungen

1. Individuelle Antworten bilden die Ausgangslage für ein Klassengespräch in der Gruppe/Klasse über Erfolg und Misserfolg.

2. Individuelle Antworten bilden die Ausgangslage für eine Diskussion über Frustrationstoleranz und Zielerreichung.

- 3.
- Höhere Lichtausbeute oder Energieeffizienz als andere Leuchtmittel,
  - hohe Zuverlässigkeit,
  - sehr lange Lebensdauer,
  - hohe Stoss- und Schockbelastbarkeit,
  - schnelle Schalt- und Modulierbarkeit,
  - kein Schaltverschleiss,
  - proportionaler Lichtstromanstieg,
  - Dimmbarkeit ohne Effizienzverlust (Vorteil gegenüber Glühlampen),
  - monochrome Lichterzeugung,
  - Lichtbündelung.

4.



5. Die Höhe des Widerstandes ( $R$ ) lässt sich aus der Überschussspannung ( $U_0 - U_D$ ) dividiert durch die Stromstärke ( $I_D$ ) der Leuchtdiode berechnen:

$$R = \frac{U_0 - U_D}{I}$$

$U_0$  = Spannung der Stromquelle

$U_D$  = Spannung der LED

$I_D$  = Stromstärke der LED

$R$  = Benötigte Höhe des Widerstandes

6. Berechnung mit 9-V-Batterie und gelber Leuchtdiode (LED):

Die Stromquelle (Batterie) hat eine Spannung von 9 V.

Die Leuchtdiode hat die Kenndaten:

Spannung: 2,2 V, Stromstärke: 0,02 A

9 V (Batterie) – 2,2 V (LED) = 6,8 V

(Überschussspannung)

6,8 V : 0,02 A = 340  $\Omega$

## 3.7 DIGITALES GESTALTEN IN DER WERKSTATT – LICHTBILD MIT MUSIK

Rolf Beck

### 3.7.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

#### Geschichte der analogen Lichtorgel

Eine Lichtorgel ist ein Beleuchtungsgerät, durch welches Musik auf elektronischem Weg in rhythmische Lichteffekte umgesetzt wird. Lichtorgeln sind seit den 1970er Jahren ein beliebtes Effektgerät in Clubs und bei Partys. Aufgrund der einfachen Konstruktionsweise fanden Lichtorgeln auch Eingang in den klassischen Werkunterricht, wobei bei der Elektronik mehrheitlich auf Bausätze zurückgegriffen wurde. Diese sind heute noch preisgünstig erhältlich und leicht nachzubauen.



Abbildung 126: Analoge Lichtorgel aus dem Werkunterricht

Die Funktionsweise der klassischen Lichtorgel ist leicht verständlich: Ein Geräusch oder eine Musik wird von einem Mikrofon aufgenommen und in elektrische Schwingungen umgewandelt. Mit einer elektronischen Filterschaltung wird diese in drei Frequenzbänder aufgesplittet: die Höhen, die Mitten und die Tiefen. Diese drei Signale steuern in Folge je einen Thyristor, welcher eine angeschlossene Glühlampe entsprechend der Intensität des Signalstroms heller oder dunkler leuchten lässt.

Das visuelle Ergebnis dieses musikgesteuerten Dimmers sind drei farbige Leuchten, welche im Takt zur Musik flackern. Der eher nervös und manchmal auch zufällig wirkende Lichteffekt

der klassischen Lichtorgel geriet in den späten 1980er Jahren schnell aus der Mode und wurde durch prägnantere musikgesteuerte Lauflichteffekte ersetzt. Zusammen mit einem Stroboskop und den beliebten *moving lights* sorgen diese noch immer auf vielen Partyveranstaltungen für Stimmung.

Das »Lichtbild mit Musik« (Abb. 127) ist die Neuauflage eines Klassikers aus dem Repertoire von bekannten Werkarbeiten, erweitert durch digitale Funktionalitäten. Es macht sich die Eigenschaft von (Acryl-)Glas zunutze, welches als Lichtleiter eingesetzt werden kann. Dieser Effekt basiert auf der Brechung von Licht beim Übergang in ein neues Medium, die bei flachem Winkel zu einer Totalreflexion im Innern eines Körpers führt.<sup>72</sup> Wird die Acrylglasplatte über ihre Kante mit LED-Licht beleuchtet, werden nur ihre Ränder erhellt.

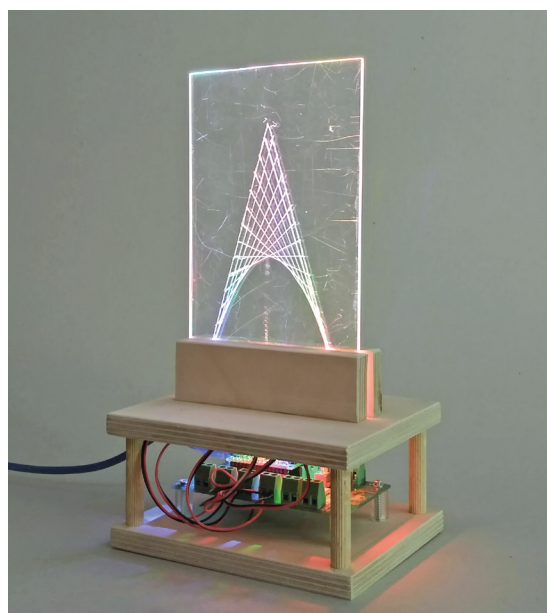


Abbildung 127: Lichtbild mit musikgesteuerten LEDs

72 Totalreflexion im Glasfaserkabel: [www.seilnacht.com/Lexikon/Licht.htm](http://www.seilnacht.com/Lexikon/Licht.htm) (7.12.2018)

Wird nun mit einem Werkzeug ein Bild oder eine Grafik in die Oberfläche des Glases graviert, entstehen neue kleine Kanten, welche ebenfalls zu leuchten beginnen.

Eine mögliche Einführung in das Thema wäre eine Recherche im Internet zu den Stichworten Totalreflexion, Plexiglas, Luft, Glasfaser oder Licht.

#### 3.7.2 ASPEKTE UND LERNZIELE

Das Projekt besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten: einem Chassis aus Holz, dem eigentlichen Acrylglasbild sowie einer digitalen Steuerung für 6 farbige LEDs und ein Mikrofon.

Diese drei Komponenten bilden eine Einheit und es entsteht ein interessantes Zusammenspiel zwischen handwerklichen und digitalen Aspekten, welche dem Projekt einen starken Bezug zu unserer technisierten Welt geben: kaum eine Maschine kommt noch ohne digitale Programmierungen aus und zahlreiche Automatismen begleiten uns durch den Alltag.

Neben klassischen Aufgaben, wie dem Entwerfen einer Grafik für das Acrylglas oder dem Bau des Gehäuses, soll also auch die Art, wie das Licht auf die Musik reagiert, in einem gestalterischen Prozess erarbeitet werden. Der zu programmierende Prozessor wird dabei als Maschine verstanden, welche automatisierte Abläufe nach unseren Vorgaben ausführt.

Wie alle Maschinen muss auch unser Computerprogramm richtig eingestellt und justiert werden. Dies eröffnet ein grosses Experimentierfeld, welches in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden erlaubt, das Lichtdesign des Acrylglasbildes unserem ästhetischen Empfinden anzupassen.

#### 3.7.3 ZEITPLANUNG UND SCHWIERIGKEITSGRAD

Für die hier dargestellte Durchführung des Projektes sollten rund 15 Doppellektionen eingesetzt werden, Vereinfachungen sind aber möglich. Dieser Zeitaufwand wurde getestet an Schweizer Real- und Sekundarklassen mit 10 Schülerinnen und Schülern und mittlerem Heterogenitätsgrad. Der Zuschnitt der Holzplatten wurde dabei teilweise<sup>73</sup> von den Schülerinnen und Schülern selber ausgeführt. Die Programmierung ist ohne Vorkenntnisse möglich und erfolgt über

eine leicht verständliche grafische Sprache. Klare Step-by-Step-Anleitungen sowie einfache Aufgaben und Lösungen führen an das Verständnis des Programmierens heran. Das einfachste Grundprogramm, welches die Farben zum Tanzen bringt, besteht aus einer Wiederholung von lediglich drei Anweisungen.

► Hilfen hierzu finden sich unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Bauen ► Zeitplan

<sup>73</sup> Es wurden Bretter mit der richtigen Breite abgegeben. Die Klasse führte das Ablängen zum Endformat mit der Stichsäge durch.



### 3.7.4 FÄCHERÜBERGREIFENDE KOMPETENZFELDER NACH LEHRPLAN 21

Das »Lichtbild mit Musik« ist ein vielschichtiges Projekt und deckt zahlreiche Kompetenzziele aus unterschiedlichsten Fächern ab. Je nach Gewichtung in der Umsetzung kann das Fach Technisches Gestalten oder die Informatik als Ausgangspunkt gewählt werden.

Einige Kompetenzen nach Fächern:

- TG: Produkte planen und Herstellen nach einem Plan oder Schaltplan
- MI: Algorithmen – Lösungen mit Schleifen, bedingten Anweisungen und Variablen

— NT: Optische Phänomene untersuchen – Totalreflexion

— MA: Gleichungen sprachlich deuten und heuristische Strategien anwenden

► Hinweise hierzu finden sich unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Lehrplan 21 ► Übersicht der Kompetenzen

### 3.7.5 UNTERRICHTLICHE UMSETZUNG

#### Was ist ein Prozessor?

Das Herz jedes Computers ist der Prozessor. Um zu begreifen, was in seinem Inneren geschieht, reicht es aus, eine normale Maschine zu verstehen, wie zum Beispiel ein Uhrwerk. Auch die Ingenieure von damals bauten logische Beziehungen und bedingte Vorgänge in die Hebelmechaniken und Zahnradübersetzungen ihrer raffinierten Zeitmesser ein, wie z. B.:

- Minutenzeiger, laufe 60 x langsamer als der Sekundenzeiger!
- Datumsanzeige, schalte eine Zahl höher, wenn der Stundenzeiger auf Position 12 steht. Tue dies aber nur nach jeder zweiten Umdrehung!

Etwas Wesentliches unterscheidet das Uhrwerk jedoch vom Prozessor: Während das Uhrwerk nur für das Messen und Anzeigen von Zeit gebaut wurde, ist der Prozessor eine universelle Maschine, welche für unendlich viele unterschiedliche Aufgaben programmiert werden kann.

Wie ein solches Programm funktioniert, kann im Simulator der hier verwendeten Programmiersprache leicht nachvollzogen werden. Dazu »Programmieren im Web« aufrufen, folgendes Programm<sup>74</sup> schreiben (siehe Abb. 128) und im Simulator testen.



Abbildung 128: Beispielprogramm »Blink«

► Hinweise hierzu finden sich unter [www.praxisbuch.pglu.ch](http://www.praxisbuch.pglu.ch) ► Vorbereiten ► Anleitung allgemein ► Programme testen

#### Eine digitale Lichtorgel programmieren

Das »Lichtbild mit Musik« übernimmt die Grundfunktion der klassischen Lichtorgel, indem ein akustisches Signal in ein visuelles Lichtspiel umgewandelt wird. Anstelle der analogen Schaltung soll aber der Prozessor zum Einsatz kommen, welchen wir für diese Aufgabe programmieren. Dies erlaubt ein gezieltes Design der Lichteffekte, wobei unterschiedlichste digitale Konzepte ausprobiert werden können.

<sup>74</sup> Hinweis: der Blinkcode im Hauptloop hat keinen Bezug zur Aufgabe. Er dient zur Identifikation des Programmcodes, auf der Platine. Weitere Infos: [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Anleitung ► Allgemein ► Blinkcode

Die Grundprogrammierung ist simpel und folgt der einfachen Logik einer analogen Lichtorgel:

- Ein Mikrofon (Sensor) misst einen Musikpegel zwischen Stille (0%) und lauter Musik (100%).
- Der Prozessor weist den gemessenen Prozentwert einem LED-Ausgang zu und lässt diese entsprechend von dunkel (0%) bis hell (100%) aufleuchten.

#### Vorübung: Eine Programmierung im Video erkennen

Die oben beschriebene Programmlogik würde nun, wie bei der klassischen Lichtorgel aus den 1970er Jahren, die Schallwellen 1:1 als Lichtimpulse abbilden und zu einem ästhetisch unbefriedigenden farbigen Flackern der LEDs führen.

Um eine griffigere visuelle Umsetzung der Musik zu erhalten, wenden wir zwei Programmierkonzepte an, welche die Umwandlung der Schallwellen in Licht auf zwei unterschiedliche Arten vergrößern. Bei beiden Ansätzen erzeugen wir zudem mit Zufallseffekten schöne RGB-Farbmischungen.

- **Grundprogramm:** Der Prozessor steuert immer nur eine der drei RGB-Farben mit Musik und dies während genau einer Sekunde. Die beiden anderen Farben leuchten jeweils für 2 Sekunden in ihrer letzten zugewiesenen Helligkeit, ohne sich zur Musik zu »bewegen«.
- **Erweitertes Programm:** Der Prozessor wartet, bis ihm das Mikrofon einen Musikpegel höher als 80% meldet. Ist dies geschehen, berechnet er mit einem Zufallsgenerator eine RGB-Farbe und weist diese den drei LEDs zu. Bis zu einem erneuten Überschreiten der 80%-Pegelgrenze verstreicht etwas Zeit. Diese wird genutzt, um die Helligkeit der drei LEDs langsam auszublenden.

Als Aufgabe sollten die beiden dargestellten Programmbeschreibungen mit zwei Videos verglichen werden. Es gilt herauszufinden, welches der Programme das Grundprogramm und welches das erweiterte Programm zeigt.

- Die Videos und Beschreibungen finden sich unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Programmieren ► Video Programmierung 1 / 2

#### Bau des Chassis und Einbau der Elektronik

Wie bei jedem Werkprojekt gibt es unzählige Arten das Vorhaben zu organisieren. Vor allem das Erledigen des Plattenzuschnitts bildet oft eine grössere Herausforderung, ermöglicht aber auch eine Differenzierung in der Planung: Sollen die Plattenstücke fertig zugeschnitten abgegeben werden oder soll bloss der Längsschnitt von der Lehrperson gemacht werden? Die Klasse könnte so das Ablängen der Bretter auf das Endformat selber ausführen.

Aufgrund der vielen gleichen Einzelteile im Projekt kann die Lerngruppe auch als Manufaktur organisiert werden. Dies eignet sich gut für das Ablängen der vielen Dübelstäbe und besonders für das Vorbereiten und Verlöten der Litzen und LEDs. Der Bauplan im Format DIN A3 und im Massstab 1:1 bildet das zentrale Element für den Bau. Er enthält viele Informationen; es ist daher wichtig sich Zeit zu nehmen ihn gut zu verstehen. Um dies zu erleichtern, kann mit der Klasse nur auf einzelne Aspekte fokussiert werden. Ergänzend zum Plan gibt es eine Stückliste mit Kostenrechner, eine Bohrschablone im Format DIN A4 sowie ein separates elektrisches Anschlusschema mit Lötanleitung.

- Unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) finden sich Zeitpläne, Stückliste, Werkzeugliste und Kostenrechner, eine Bohrschablone Format DIN A4 Massstab 1:1, das Anschlusschema Elektronik, der Bauplan Format DIN A3 Massstab 1:1 und eine Lötbeschreibung Step by Step mit Videos.



#### Gestalten und Eingravieren des Bildes

Das Bild auf der Acrylglasplatte bildet das zentrale Element des Projektes. Seine Aussage ist Ausdruck einer persönlichen Idee, eines Anliegen oder einer Leidenschaft, welche später mit Lichteffekten noch verstärkt wird.

Die Zeichenspuren können grundsätzlich mit jedem spitzen Werkzeug in die Acrylglasplatte graviert werden. Die hier gezeigten Beispiele wurden alle mit einem Dremel-Gravierwerkzeug erstellt, welches im Do-it-Geschäft für rund CHF 35 erhältlich ist. Bevor mit den ersten Entwürfen begonnen wird, sollten auf Glasabschnitten erste Erfahrungen gesammelt und Zeichentechniken ausprobiert werden. Folgende Hilfestellungen können die Ideenfindung vereinfachen:

- Grafische Begriffe kennenlernen und klassifizieren, passende Bilder dazu suchen,
- Schriftzeichen ausdrücklich zulassen oder ausschliessen,
- mit BG-Lehrperson zusammenarbeiten.

Bildideen sind Natur, Lichtstrahlen, Kristall, Graffiti, Ornament, Emoticon, Portrait, Unterwasserwelt, Spiel mit Buchstaben usw.

Geeignete Apps für iOS sind Graphic for iPad, iOrnament, Imaengine Vector Camera.

► Hinweise zum Gravierwerkzeug finden sich unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Bauen ► Stückliste, Werkzeugliste und Kostenrechner

#### Programmieren der Lichteffekte

Die Programmierung der Lichteffekte erfolgt über die »Teacher's Box« oder direkt im Web. Folgende Weblinks enthalten Anleitungen zum Aufbau der Programmierumgebung, zur Datenübertragung auf die Platine sowie weiterführende Aufgaben und Lösungen:

- [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) ► Programmieren ► Aufgabenblätter, Lösungen und Varianten oder
- Programmieren ► Programmieren im Web

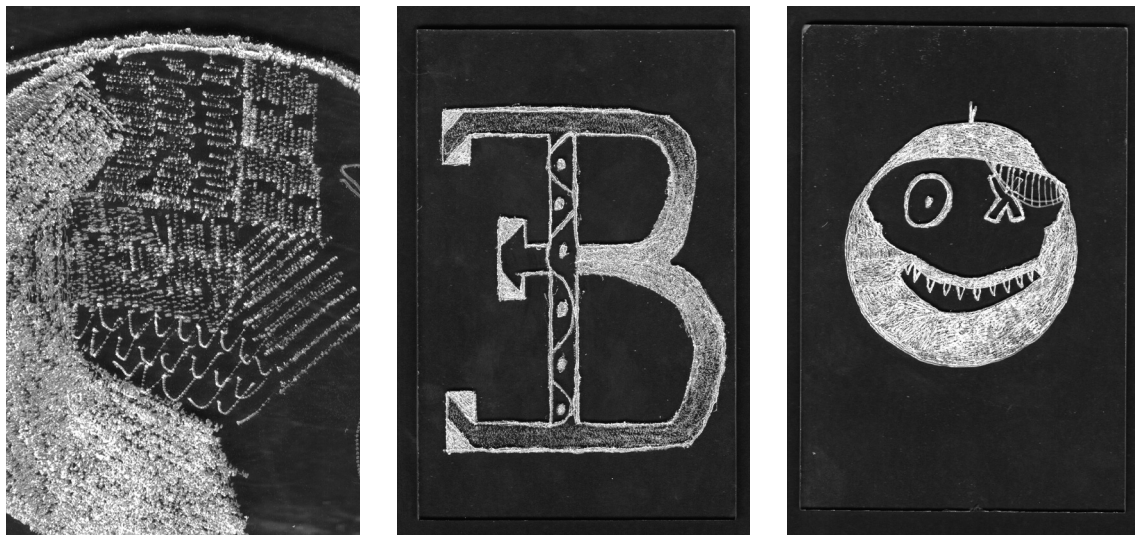


Abbildung 130: Musterlösungen Acrylglas mit Gravur

3.7.6 ARBEITSBLÄTTER

**Aufgabe 1: Beschreibe die Funktion der digitalen Lichtorgel**

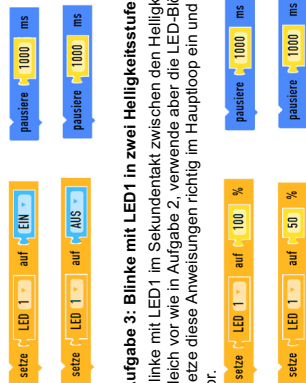
Schaue die Animation an (deine Lehrkraft gibt dir den passenden Link) und beobachte was geschieht. Stell dir vor, du müsstest die digitale Lichtorgel und ihre Funktion jemandem am Telefon erklären.

- Beantworte diese Fragen:
- Aus welchen Teilen besteht die Elektronik?
- Wie sind die elektronischen Teile miteinander verbunden?
- Wie leuchtet die LED, wenn das Mikrofon Musik aufnimmt?
- Was macht der Timer?

**Aufgabe 2: Blinke mit LED1**

Programmiere LED1 und lasse sie im Sekundentakt blinken. Das geht so: Schalte LED1 ein und pausiere das Programm für 1000 ms. Schalte dann LED1 wieder aus und pausiere das Programm wieder für 1000 ms!

Setze diese Anweisungen richtig im Hauptloop ein und teste dein Programm im Simulator.



**Aufgabe 3: Blinke mit LED1 in zwei Helligkeitsstufen**

Blinke mit LED1 im Sekundentakt zwischen den Helligkeitsstufen 50% und 100%. Gehe gleich vor wie in Aufgabe 2, verwende aber die LED-Blöcke mit %-Zählern! Setze diese Anweisungen richtig im Hauptloop ein und teste dein Programm im Simulator.



**Aufgabe 4: Leuchte mit allen LEDs nach der Lautstärke der Musik**

In Aufgabe 3 hast du die LED nach einem festen Prozentwert leuchten lassen. Lese nun den Musikpegel mit Sensor 4 ebenfalls als Prozentwert und lasse die Helligkeit der LED danach leuchten. Tue dies gleich für alle 3 LEDs!

Teste dein Programm im Simulator und simuliere den Musikpegel mit Regler S4. Justiere die Empfindlichkeit des Mikrofons direkt auf der Platine mit einem feinen Schraubenzieher!



**Aufgabe 5: Das Lichtorgel-Grundprogramm**

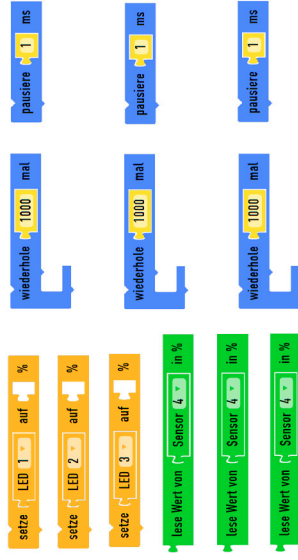
Du hast nun gelernt, wie eine LED mit der Lautstärke der Musik direkt gesteuert wird. Teste das Programm mit der Platine, falls du die Komponenten bereits angeschlossen hast. Du wirst sehen, dass der Lichteffekt noch nicht so interessant ist, da immer alle 3 LEDs gleichzeitig flackern.

Diesen Effekt wollen wir nun noch etwas verfeinern, um schönere RGB-Farbmischungen zu erhalten.

Jede einzelne LED soll in einer eigenen Schlaufe 1000x auf die Helligkeit der Musik gesetzt werden. Setze in diese Schleife auch noch eine Pause von 1 ms. So bist du sicher, dass die 1000 Wiederholungen nach genau einer Sekunde beendet sind.

Programmiere für jede LED eine eigene solche Schleife mit Pause und setze diese dann hintereinander im Hauptloop ein.

Teste dein Programm im Simulator. Da der Simulator langsamer ist als der Prozessor auf deiner Platine, musst du die Anzahl der Wiederholungen pro LED auf 20 reduzieren. Schiebe nun den Regler an S4 hoch und hinunter und beobachte die Helligkeiten der Ausgänge L1 bis L3.



Wenn du das Programm erfolgreich an die Platine gesendet hast, kannst du mit den Zahlenwerten experimentieren: Verlängere die Pause von 1 ms oder die Anzahl der Wiederholungen und beobachte, wie sich der Lichteffekt verändert.

Teste jetzt die Platine mit deiner Lieblingsmusik und justiere alle Werte, bis dir der Lichteffekt am besten gefällt!

**Erweiterungen**

Es gibt viele Arten, eine Lichtorgel mit schönen Lichteffekten zu programmieren. Versuche auch die erweiterten Aufgaben zu lösen und experimentiere mit den Variationen. Viel Erfolg!

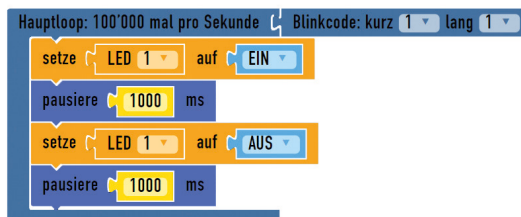
- Informationen findest du unter [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch) > Programmieren > Aufgabenblätter, Lösungen und Varianten

#### Lösungen

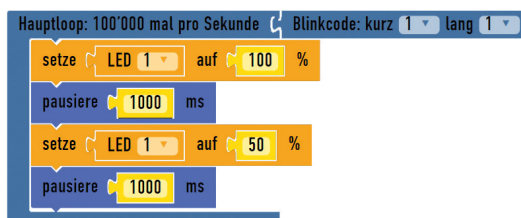
##### Lösung 1: Beschreibe die Funktion der digitalen Lichtorgel

- Die Elektronik besteht aus drei farbigen LEDs und einem Mikrofon. Das Pferdelogo steht für die Prozessorplatine mit ihrem Eingang S4 und den Ausgängen L1–L3.
- Die LEDs sind an die Ausgänge L1–L3 angeschlossen. Das Mikrofon ist mit Eingang S4 verbunden.
- Ist die Musik laut, leuchtet die LED hell, ist sie leise, leuchtet die LED schwächer.
- Der Timer misst jeweils eine Sekunde und wechselt dann die LED, welche auf die Musik reagieren soll.

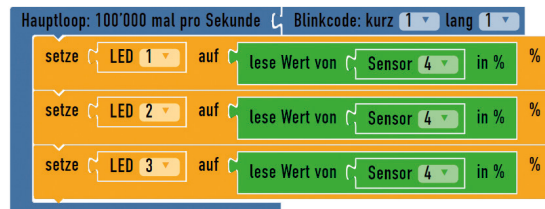
##### Lösung 2: Blinke mit LED 1



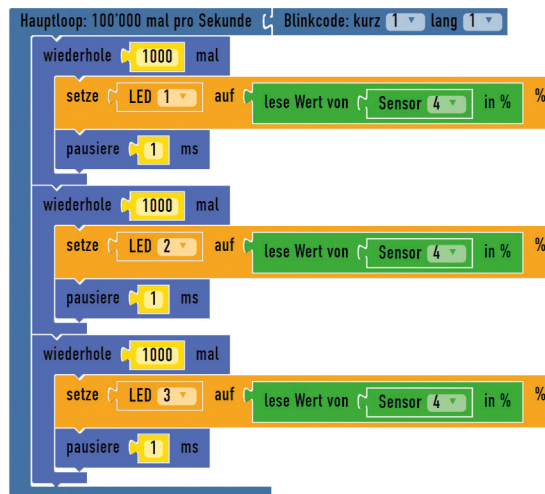
##### Lösung 3: Blinke mit LED 1 in zwei Helligkeitsstufen



##### Lösung 4: Leuchte mit allen LEDs nach der Lautstärke der Musik



##### Lösung 5: Das Lichtorgel-Grundprogramm



## 3.8 EIN BESONDERES STÜCK SCHOKOLADE – FÄCHERÜBERGREIFENDER TECHNIKUNTERRICHT

Karin Güdel & Beni Sidler

### 3.8.1 EINFÜHRUNG

Das Ziel der Unterrichtssequenz ist es, dass Schülerinnen und Schüler alleine oder in Gruppen einzigartige Schokolade-Stücke selber entwickeln und herstellen und dabei nicht nur handwerkliche oder digitale Produktionsverfahren kennen und anwenden lernen, sondern ebenso die naturwissenschaftlichen Gesetzmässigkeiten der Materialien und Verfahren verstehen (Schmelzen, Temperieren, Kristallisieren etc.) und rohstoff- und verfahrenstechnische Zusammenhänge der industriellen Schokoladeproduktion selber recherchieren und beurteilen lernen.

- Fach / Fächer: TTG, NT, WAH
- Voraussetzungen für Schokoladeproduktion: Zugang zu Werkraum, Erfahrung mit Tiefziehen von Kunststoff
- Voraussetzungen für gesamte Sequenz: fächerübergreifender Unterricht TTG & NT, TTG & WAH oder TTG & NT & WAH
- Schuljahr: 5.–9. Schuljahr (mit entsprechenden Anpassungen)
- Niveau: alle

### 3.8.2 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN DER THEMATIK

#### 3.8.2.1 VOM KAKAOBAUM ZUR SCHOKOLADE

**Rohstoff Kakao.** Kakao war ursprünglich im Amazonasgebiet beheimatet, wird heute jedoch in tropischen Gebieten bis etwa 20 Grad nördlicher und südlicher Breite angebaut. Nur in diesem Gebiet ist das Klima ausreichend warm und feucht. Der immergrüne Kakaobaum blüht unter günstigen Voraussetzungen ganzjährig und trägt damit auch über das ganze Jahr Früchte. Im Alter von 5 bis 6 Jahren blüht er das erste Mal; ab 12 Jahren kann er den vollen Ertrag bringen. Die reifen, je nach Sorte grüngelben bis roten Früchte sind 15 cm bis 30 cm lang und wiegen bis zu 500 Gramm. Sie enthalten 30 bis 60 in das Fruchtfleisch eingebettete Samen, die umgangssprachlich als Kakaobohnen bezeichnet werden. Aus den Kakaobohnen entsteht nach einem mehrstufigen Umwandlungsprozess Kakaomasse, Kakaopulver und Kakaobutter. In Plantagen wird Kakao zweimal im Jahr geerntet.

**Anbau und Handel.** Der Anbau unterscheidet sich auf den verschiedenen Kontinenten deutlich. In Amerika wird der Kakao auf grossen Plantagen angebaut, wodurch das natürliche Umfeld verloren geht und sich Monokulturen bilden können. In Afrika hingegen sind kleinbäuerliche Familienbetriebe die noch vorherrschende Produktionsform. Die Hauptanbaugebiete haben sich inzwischen von Mittelamerika nach Afrika verlagert, das Land mit der grössten Kakaoproduktion der Welt ist die westafrikanische Elfenbeinküste, die 33% der weltweiten Ernte des Jahres 2012 produzierte. Die zehn grössten Produktionsländer ernteten zusammen etwa 94% der Welternte. Die Gesamtproduktion betrug in jenem Jahr fünf Millionen Tonnen.

**Fermentieren und Trocknen im Süden.** Die geernteten Früchte werden nach der Ernte mit Macheten aufgeschlagen und auf Bananenblättern ausgebreitet oder in Bottiche gefüllt. Das weisse, zuckerhaltige Fruchtfleisch, die Fruchtpulpe, beginnt daraufhin sehr schnell zu gären und es entwickeln sich während der sogenannten Fermentation der Kakaobohnen die typischen Geschmacks- und Aromastoffe sowie ihre Farbe. Die Trocknung erfolgt traditionell in der Sonne, aufgrund klimatischer Probleme in manchen Anbaugebieten aber auch in Trockenöfen. Die Bohnen haben nach dem Trocknen nur noch etwa 50 % ihrer ursprünglichen Grösse und werden nun in Säcke verpackt und in schokoladenproduzierende Länder verschifft oder in einem geringeren Umfang direkt vor Ort zu Kakaomasse verarbeitet.

**Rösten, Brechen und Mahlen.** Der erste Schritt der Weiterverarbeitung besteht im Rösten der Bohnen und dem anschliessenden Brechen, um die Schalen vom Kern trennen zu können. Die Bruchstücke des Kerns heissen Kakao-Nibs. Durch Mahlen oder Walzen der Nibs erhält man Kakaomasse, welche zu Schokolade verfeinert

werden kann. Andernfalls wird durch das Pressen der Kakaomasse Kakaobutter abgetrennt und der verbleibende entölte Presskuchen kann weiter zu Kakaopulver vermahlen werden.

**Von der Kakaomasse zur Schokolade.** Mischen, Feinwalzen und Conchieren, Eintafeln, Temperieren und Verpacken (Abb. 131).

#### Verankerung der Thematik im Lehrplan 21

Mit obenstehenden Infos und Aufgabenblatt B können folgende Kompetenzen geübt werden. Die Schülerinnen und Schüler ...

- **WAH 3.1a:** ... können den Produktionsprozess von exemplarischen Gütern darstellen und die produktionsbedingte Wertschöpfung einschätzen.  
Produktionsprozess: Rohstoffgewinnung, Herstellung, Vertrieb, Ge-/Verbrauch, Entsorgung; Wertschöpfung.
- ... können an exemplarischen Lebensmitteln globale Zusammenhänge der Lebensmittelproduktion aufzeigen (z. B. Produktionsstandorte, Produktionsprozesse, Umgang mit Ressourcen wie Luft, Boden, Wasser, Arbeits- und Einkommensbedingungen).

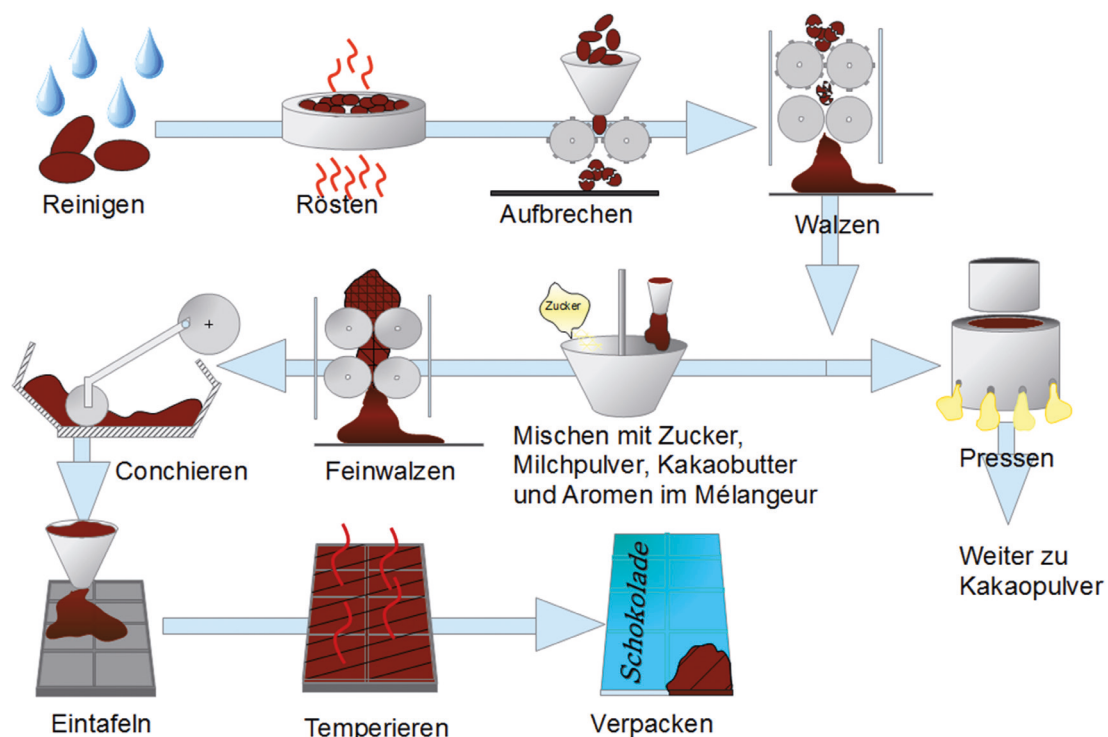


Abbildung 131: Herstellungsprozess von Schokolade



### 3.8.2.2 ANWENDUNG VON GIESSVERFAHREN

In der Nahrungsmittelproduktion werden Giessverfahren angewendet, wenn Nahrungsmittel flüssig sind oder beim Erwärmen flüssig werden und in speziellen Formen oder speziell geformten Behältern verkauft werden sollen (Joghurt, Schokolade, Marzipan, Gummibärchen etc.). Aber auch in anderen Branchen kommen Giessverfahren zum Einsatz (Bau, Kosmetik, Maschinenteknik etc.). Je nachdem, bei welchen Temperaturen ein Material flüssig ist und gegossen werden kann, müssen unterschiedliche Giessverfahren und Materialien für die Formen eingesetzt werden.

**Schokolade** kann bei Temperaturen zwischen 28°C und 32°C in Kunststoffbehälter (z. B. PS-Folie) gegossen werden. Dabei muss die empfohlene Temperatur exakt eingehalten werden. Die Form sollte ausreichend flexibel sein, damit die abgekühlte Schokolade ohne Beschädigungen herausgedrückt werden kann.

**Zinn.** Mit einer Schmelztemperatur von ca. 230°C kann Zinn nur in hitzebeständige Formen (z. B. Gips oder Formsand) gegossen werden. In gegossenen Gipsplatten können Hohlformen mit Linolschnittwerkzeugen oder gespitzten Nägeln ausgekratzt werden. Ein modelliertes Wachs-, Plastilin- oder Tonmodell kann mit flüssigem Gips übergossen und nach dem Aushärten wieder entnommen werden. In die entstandenen Hohlformen lässt sich nun Zinn giessen. Achtung! Gips muss vor dem Eingiessen von flüssigen Metallen vollständig trocken sein. Schutzbrille tragen.

**Seife.** Seifenmasse (im Normalfall Glycerinseife), mit flüssigen oder pulverförmigen Farben und Duftölen gemischt, kann in Kunststoffformen gegossen werden. Die Temperatur der flüssigen Seife beträgt 40°C–50°C. Die Form sollte ausreichend flexibel sein, um die erstarrte Seife ohne Beschädigungen herausdrücken zu können.

### 3.8.2.3 EINZIGARTIGE FORMEN UND DEREN NEGATIVE HERSTELLEN

Die Vorbereitungen für das Giessverfahren sind meistens dreischrittig:

1. Entwurf einer einzigartigen Form: In einem analogen Herstellungsprozess ist es sinnvoll, in einem ersten Schritt ein 2-D-Symbol, -Zeichen oder -Piktogramm auf Papier und mit Bleistift zu entwerfen und allenfalls ein einfaches Modell (aus Karton oder Ton) zu bauen; in einem digitalen Herstellungsprozess kann am Computer mithilfe eines CAD-Programms direkt eine Form entworfen werden.
2. Form herstellen: Aus dem analog gezeichneten Zeichen, Symbol oder Piktogramm kann anschliessend in der Werkstatt mit geeigneten Materialien (Holz, Karton oder Ton) ein Relief hergestellt werden. Die digital entworfene Form kann mit einem 3-D-Drucker gefertigt werden.
3. Negativ der Form herstellen: Damit die Form anschliessend mit dem gewünschten Material gegossen werden kann, muss ein Negativ der Form hergestellt werden. Für Schokolade eignen sich Kunststoff-Negative, die mit der Tiefziehtechnik hergestellt werden können.

#### Verankerung der Thematik im Lehrplan 21

Mit obenstehenden Infos und Aufgabenblatt C können folgende Kompetenzen geübt werden.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **TTG 2.A.3:** ... können gestalterische und technische Produkte planen und herstellen.
- **TTG.2.D.1:** ... können handwerkliche Verfahren ausführen und bewusst einsetzen.
- **TTG 3.B.3:** ... können handwerkliche und industrielle Herstellung vergleichen.

#### 3.8.2.4 MATERIALEIGENSCHAFTEN VON SCHOKOLADE

Um Schokolade fachgerecht verarbeiten zu können, müssen gewisse Materialeigenschaften bekannt sein. Der Schwerpunkt liegt im Folgenden auf dem Erwärmen, Abkühlen und Lagern von Schokolade. Je nach Schwerpunkt des Projektes (WAH, TTG, NT) sind andere Eigenschaften und Aufgabenstellungen auch interessant (bspw. Nährstoffe, Kalorien, chemische Inhaltsstoffe oder CO<sub>2</sub>-Fussabdruck).

##### Worauf ist beim Erwärmen zu achten?

- Schmelztemperatur von Schokolade: 40 °C bis 45 °C
- Höchsttemperatur dunkle Schokolade: ca. 60 °C; weisse Schokolade: ca. 50 °C
- Maximale Temperaturen für temperierte (vorkristallisierte) Schokolade: diese hängen vom Fettgehalt der Schokolade ab: 34,5 °C für dunkle Schokolade, 32,5 °C für Milkschokolade und 31,5 °C für weisse Schokolade.
- Schokolade verbrennt bei zu hohen Temperaturen leicht, deswegen langsam im Wasserbad aufwärmen.
- Schokolade sollte nicht mit Feuchtigkeit in Berührung kommen.
- Ist die Schokolade geschmolzen und hat sie eine Temperatur von über 35 °C, so enthält sie keine Kristalle.

##### Worauf ist beim Abkühlen zu achten?

Beim Abkühlen der Schokolade entstehen je nach Temperatur Kristalle. Dabei haben die im Abkühlprozess zuerst entstehenden Kristalle (bei ca. 27 °C) die gewünschte gute Kristallform. Weitere fünf Formen entstehen bei abnehmender Temperatur, diese sind jedoch unerwünscht. Um die fünf unerwünschten Formen wieder zu beseitigen, macht man sich die unterschiedlichen Schmelzpunkte der Kristallformen zunutze. Während die fünf schlechten Formen bei Temperaturen über 27 °C wieder schmelzen, besteht

die gute Form bis 34,5 °C (bei dunkler Schokolade). Man erwärmt die Schokolade also wieder auf über 27 °C und erhält so eine Schokolade, in der nur die gute Kristallform vorhanden ist.

Die ideale Verarbeitungstemperatur beträgt für dunkle Schokolade 31 °C–32 °C, für Milkschokolade 29 °C–30 °C und für weisse Schokolade 27 °C–28 °C.

##### Worauf ist beim Lagern zu achten?

- Schokolade ist feuchtigkeitsempfindlich; sie muss an einem trockenen Ort aufbewahrt werden und Temperaturschocks sind zu vermeiden.
- Schokolade ist geruchsempfindlich; besonders weisse Schokoladen nehmen sehr leicht Fremdgerüche an.
- Schokolade ist oxidationsempfindlich; sie darf nicht im Licht liegen und muss luftdicht verpackt sein.
- Schokolade ist empfindlich gegen Hitze und gegen Temperaturschwankungen. Die Lagertemperatur sollte zwischen 12 °C und 20 °C liegen und sie sollte möglichst konstant sein, also nicht ständig um mehrere Grad schwanken.

##### Verankerung der Thematik im Lehrplan 21

Mit obenstehenden Infos und Aufgabenblatt D können folgende Kompetenzen geübt werden.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **NT.2.1.a:** ... können Stoffeigenschaften nach Anleitung bestimmen, dazu geeignete Messverfahren und -geräte einsetzen.
- **NT.2.1.b:** ... können Versuchsergebnisse vergleichen und Messgenauigkeit diskutieren.
- **NT.3.1.d:** ... können Zusammenhänge und Gesetzmässigkeiten bei chemischen Reaktionen vermuten und überprüfen (z. B. Einfluss der Temperatur, Erhaltung der Masse).

### 3.8.3 BILDUNGSRELEVANTE ASPEKTE DER UNTERRICHTSSEQUENZ

Eines der Hauptziele der Unterrichtssequenz besteht in der Verknüpfung der Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler (viele mögen und essen Schokolade tagtäglich) mit der technischen Welt und den Produktionsschritten (Rohstoffe, Verarbeitung, Herstellung, Verpackung etc.) und Berufsfeldern im gesamten Produktionsprozess. Dies ist nicht nur wichtig für den Erwerb von Problemlösekompetenz, sondern auch im Hinblick auf die bevorstehende Berufswahl auf der Sekundarstufe I. Gleichzeitig soll das Besondere am technischen Arbeiten, nämlich das Kreieren und Schaffen von etwas Neuem, gefördert werden. Diese Verknüpfung theoretischer, praktischer und gesellschaftlicher Aspekte der Technik folgt dem Konzept des mehrperspektivischen Technikunterrichts<sup>75</sup> und den Bildungsstandards einer »technological literacy«.<sup>76</sup> Aus den praktischen Erfahrungen der Lehrerinnen- und Lehrerbildung und den theoretischen Bezügen

der Bildungsforschung ergeben sich folgende konkrete Merkmale und Zielsetzungen für den fächerübergreifenden Technikunterricht:

- Handelnde Auseinandersetzung mit Technik. Ein technischer Problemlöseprozess wird schrittweise von der Idee bis zur Produktherstellung durchlaufen.
- Theoretische Auseinandersetzung mit Technik. Naturwissenschaftliche Phänomene und technische Funktionszusammenhänge werden geübt.
- Soziokulturelle Bezüge. Der reale, industrielle Produktionsprozess wird ebenso in den Blick genommen wie dessen gesellschaftliche Auswirkungen.
- Reflexion von Problemlöse- und Handlungsschritten. Denk- und Handlungsstrategien werden in einem Arbeitsjournal offengelegt und festgehalten.

### 3.8.4 ABLAUF DER UNTERRICHTSSEQUENZ UND TIPPS FÜR LEHRPERSONEN

Der übergeordnete Auftrag lautet: »Schülerinnen und Schüler (SuS) erfinden und entwickeln (im Team) ein besonderes, einzigartiges Stück Schokolade und stellen eine bestimmte Anzahl Exemplare her. Das Stück Schokolade erfüllt bestimmte Bedingungen.« Die Bedingungen an das Stück Schokolade können von den Lehrpersonen zusammen mit den SuS entwickelt und festgelegt werden (vgl. Arbeitsblatt A).

1. In einem ersten Schritt erarbeiten sich die SuS in Gruppen mit einem Rechercheauftrag die Produktionsschritte vom Kakaobaum zur verpackten Schokolade (vgl. Arbeitsblatt B).
2. Danach entwickeln die SuS Formen für ihre eigene, einzigartige Schokolade. Die Modelle dieser Formen werden in einem ersten

Arbeitsschritt aus Holz und Karton hergestellt. Mittels Tiefziehtechnik werden über diese Modelle Gussformen aus PS-Folien gezogen (vgl. Arbeitsblatt C).

3. Nun werden erste Giesstests gemacht, um die in der Theorie erlernten Eigenschaften von Schokolade selber zu entdecken und eine möglichst saubere und effiziente Giesstechnik zu entwickeln (vgl. Arbeitsblatt D).
4. Zum Schluss kann die Schokolade gegossen werden. Je nach Zeit und Ausrichtung des Projekts kann im Anschluss die Schokolade sinnvoll verpackt, auf dem Weihnachtsmarkt verkauft, zum Test in der Klasse bereitgestellt oder an einer Vernissage ausgestellt werden.

<sup>75</sup> Schmayl, 2013.

<sup>76</sup> vgl. ITEA, 2007; Jones et al., 2013.

#### Tipps für Lehrpersonen

**Rahmenbedingungen.** Diese Sequenz lässt sich besonders gut in fächerübergreifenden Projekten oder Technikwochen umsetzen (Technisches Gestalten, Natur & Technik, Wirtschaft, Arbeit, Haushalt). Voraussetzung ist, dass ein Werkraum zur Verfügung steht, insbesondere für das Tiefziehen, und die Lehrperson selber schon PS-Folie tiefgezogen und Schokolade gegossen hat. Die Sequenz eignet sich für alle Niveaus und kann auch im 5. und 6. Schuljahr umgesetzt werden; die theoretische Rechercheaufgabe (B) muss entsprechend vereinfacht werden.

In den Bibliotheken der PH FHNW können Themenboxen zum »Formen Tiefziehen und Schokolade giessen« ausgeliehen werden. Diese enthalten das notwendige Material und die Anleitungen.

**Arbeitsform.** Die Entwicklung eines besonderen Stücks Schokolade kann in Einzel- oder Gruppenarbeit erfolgen. Gruppenarbeit bewährt sich, wenn die Klasse gewohnt ist, relativ selbstständig und mit Rollenteilung zu arbeiten. Dann kann der Auftrag sogar von einer Art »Firma« bearbeitet und auch noch die Verpackung und der Verkauf miteinbezogen werden.

**Abschluss.** Je nachdem, ob ein Stück Schokolade oder Schokolade in Serienproduktion hergestellt wird, können mit der Schokolade eine Ausstellung (mit Dokumentation des Produktionsprozesses), ein Verkauf oder Geschenke gestaltet werden.

**Ausserschulischer Lernort.** Ein Besuch in einem Schokoladen-Atelier zeigt der Klasse, wie professionell mit Schokolade gearbeitet wird und welche Möglichkeiten zur Verfeinerung sowie für Spezialprodukte vorhanden sind.

— **Chocolarium Flawil:** interaktiver Erlebnis-Rundgang in der Schoggifabrik, Schoggi-giessen, etc. [www.chocolarium.ch/](http://www.chocolarium.ch/)

— **Technorama Winterthur:** Labor und Workshop mit dem Titel »Atelier Chocolat – Das Geheimnis der Schweizer Schoggi«

— **Verkehrshaus Luzern:** Swiss Chocolate Adventure (multimediale Erlebniswelt)

#### Weiterführende Arbeiten in den drei Fächern

Im »Technischen Gestalten« können weitere Giessverfahren eingeführt und geübt werden. Weiter könnte der digitale Entwurf der Formen mit 3-D-Programmen und die Produktion mit dem 3-D-Druck thematisiert oder umgesetzt werden. Die Plastikform könnte auch als Ausgangsmaterial für eine Recyclingaufgabe verwendet werden. Auch die PS-Folie fürs Tiefziehen könnte von einer Blister-Verpackung stammen. Dabei könnte Plastik, seine Herkunft und Materialeigenschaften und die Wichtigkeit der Wiederverwendbarkeit thematisiert werden.

In »Wirtschaft, Arbeit, Haushalt« können Nährstoffe, Kalorien, Gesundheits- und Nachhaltigkeitsaspekte von Schokolade thematisiert werden oder die Arbeitsbedingungen an verschiedenen »Produktionsorten« (Kakaopflanzung, Kakaoverarbeitung, Schokoladefabrik) verglichen werden.

In »Natur & Technik« können andere »giessbare« Lebensmittel oder Kosmetikprodukte mit anderen Materialeigenschaften hergestellt werden, zum Beispiel Naturkosmetika, natürliche Gummibärchen, Bier etc.

3.8.5 ARBEITSBLÄTTER

A) Mögliche Aufgabenstellung für gesamte Unterrichtssequenz

Ein Team erfindet und entwickelt ein besonderes, einzigartiges Stück Schokolade und stellt eine bestimmte Anzahl Exemplare her. Das Stück Schokolade erfüllt bestimmte Bedingungen:

- Funktionaler Aspekt: Zweck / Funktion / Gebrauchswert ...\*  
Bsp.: Das Stück Schokolade muss für eine bestimmte Gruppe von Menschen (Zielkonsumenten) einen Zweck/eine Funktion haben.
- Technologischer Aspekt: Werkstoffe, Verfahren, Hygiene ...\*  
Bsp.: Die Gussform wird mit der Tiefziehtechnik hergestellt.
- Bsp.: Das Produktionsverfahren soll sich für die Massenproduktion eignen, also einfache Formen, nicht materialintensiv und schnell herstellbar.
- Gestalterischer Aspekt: Form, Farbe, Verpackung, Proportionen ...\*  
Bsp.: Die Form der Schokolade stellt etwas Erkennbares dar.
- Bsp.: Die Verpackung ist für die Zielkonsumenten ansprechend.
- Wirtschaftlicher Aspekt: Kosten, Werbung, Markt, Konsum ...\*  
Bsp.: Euer Stück Schokolade darf nicht viel teurer sein, als die Schokolade auf dem Markt.
- Ökologischer Aspekt: Rohstoffe, Produktion, Entsorgung ...\*  
Bsp.: Eure Rohstoffe (ausser die Kakaobohnen) kommen aus der Schweiz.
- Bsp.: Eure Verpackung ist wiederverwendbar.
- Soziologischer Aspekt: Modeströmungen, Trends, Statussymbol ...\*  
Bsp.: Das Schokoladestück ist originell und interessant und fehlt auf dem Markt.
- Kulturgeschichtlicher Aspekt: Tradition, Brauchtum, Kultur ...\*

\*) Die Bedingungen an das Stück Schokolade können von den Lehrpersonen zusammen mit den Schülerinnen und Schülern entwickelt/festgelegt werden.

B) Aufgabenblatt zum Produktionsprozess von Schokolade

**Produktionsprozess von Schokolade**

Ziel: Du recherchierst selbst einen Teil des Produktionsprozesses von Schokolade und erfährst von deinen Kolleg/innen, wie die restlichen Schritte funktionieren.

**Vorgehen:**

1. Bildet 2er Gruppen; jeder 2er Gruppe wird von der Lehrperson ein Thema zugewiesen. Jedes Thema wird von mindestens zwei Gruppen bearbeitet.
2. Recherchiert zu zweit im Internet, in den zur Verfügung stehenden Büchern, Unterlagen etc.
3. Vergleicht eure Ergebnisse mit der anderen Gruppe mit demselben Thema; bei Unklarheiten und Fragen recherchiert nochmals oder fragt die Lehrperson.
4. Gestaltet alle zusammen ein Poster mit den wichtigsten Infos zu den Fragen.
5. Im Plenum stellt ihr einander die Poster vor.

Produkt: Ein Poster, auf dem ihr die Antworten auf die Fragen möglichst übersichtlich (mit Text und Bildern) beantwortet.

**A Thema Rohstoffe:** Welche Rohstoffe werden für die Produktion von ca. 1 Kilogramm Schokolade benötigt? Wie werden diese Rohstoffe hergestellt (angebaut, produziert)? Woher kommen die Rohstoffe für Schweizer Schokolade typischerweise und wie werden sie in die Schweiz transportiert? Zeichnet auf einer Weltkarte die Orte und Wege der Rohstoffe ein.

**B Thema Herstellung:** Welche Produktionsschritte sind von der Kakaobohne bis zur zarten Schokolade notwendig? Beschreibt die Produktionsschritte, ihre Funktionsweise und besonderen Bedingungen, Maschinen etc., die für die Verarbeitung von grossen Mengen benötigt werden.

**C Thema Vertrieb & Genuss, Entsorgung:** Welchen Weg legt die Schokolade von der Schokoladenfabrik (bspw. Lindt & Sprüngli, Frey oder Felchlin) in den Vorratsschrank zu Hause zurück? Wohin liefern die Schokoladenfabriken ihre Produkte sonst noch? Wieviel Schokolade wird in der Schweiz konsumiert? Welche Menge an Schokolade wäre für eine ausgeglichene Ernährung angemessen? Wie kann die Schokoladenverpackung entsorgt werden?

C) Aufgabenblatt zur analogen Herstellung von Formen im Tiefziehverfahren

**Herstellung von Formen im Tiefziehverfahren**

**Vorgehen:**

1. Entwickle ein Symbol, Zeichen oder Piktogramm, welches du für ein besonderes, einzigartiges Stück Schokolade verwenden kannst.
2. Aus dem 2-D-Zeichen entwickelst du ein 3-D-Relief aus Holz und/oder Karton.
3. Mithilfe des Tiefziehverfahrens wirst du später dein Relief mit Plastik abformen.
4. Diese Form kann als Schokoladen-Gussform verwendet werden.

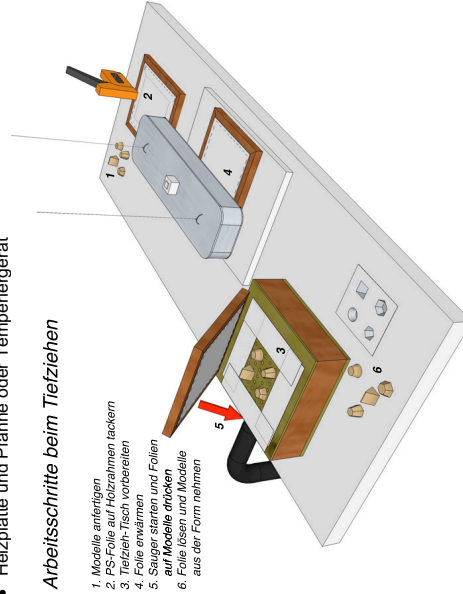
**Material:**

- Holz (MDF) und Karton in div. Dicken
- Leim, Klammern zum Tackern
- PS-Folie (Polystrol) 0,3 mm und 0,5 mm dick
- Couverture
- Filamente aus PET (hitzeresistent bei 170°C)

**Werkzeuge:**

- Decoupiersäge, Cutter, Feilen, Schleifpapier
- Tiefzug-Apparat mit Wärmestrahler oder Heissluftföhn
- Klammerpistole zum Tackern (z.B. Bostitchpistole), Staubsauger
- Heizplatte und Pfanne oder Temperiergerät

**Arbeitsschritte beim Tiefziehen**



1. Modelle anfertigen
2. PS-Folie auf Lötlampen tackern
3. Tiefzieh-Tisch vorbereiten
4. Folie erwärmen
5. Sauger starten und Folie auf Modelle drücken
6. Folie lösen und Modelle aus der Form nehmen

D) Aufgabenblatt zum Experiment Schmelzen und Giessen

**Experiment zum Schmelzen und Giessen**

Das Giessen von Schokolade ist eine Kunst. Um glänzende und schön geformte Formen zu erhalten, muss ein wichtiger Faktor immer kontrolliert werden: die Temperatur der Schokolade.

1. Bevor du die Schokolade in die Formen gießt, übe mit einer einfachen Form (z.B. einem Joghurt-Behälter). Du kennst die Materialeigenschaften von Schokolade aus der Theorie. Notiere hier, worauf du beim Schokoladeschmelzen, -gießen und Aus-der-Form-nehmen der Schokolade achten musst.

Schokoladeschmelzen:

.....

Schokoladegiessen:

.....

Schokolade aus der Form nehmen:

.....

2. Überprüfe deine Vermutungen mit einem ersten Test mit richtiger Schokolade.

Was du brauchst:

- die gereinigten Kunststoff-Gussformen, die ihr hergestellt habt
- ein Temperiergerät oder eine Pfanne mit einer kleinen Schüssel (Metall), welche in der Pfanne Platz hat
- Topflappen
- Kochthermometer (wie für Braten)
- 1-2 Kaffeelöffel, 1 Suppenlöffel, stumpfes Küchenmesser
- 4 Wäscheklammern, 1 Küchentuch, 1 Schere
- 1 Kochplatte (Rechaud)
- ein Haarföhn
- Schokolademasse: entweder geraffelte Schokolade oder Schokoladepastillen (Couverture)
- eine saubere Arbeitsfläche

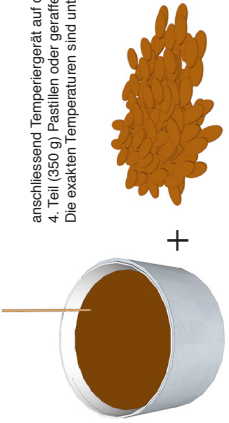
Welche Vermutungen waren richtig, welche waren falsch und welche musst du anpassen?

.....

.....

E) Anleitung zur Zubereitung der Couverture

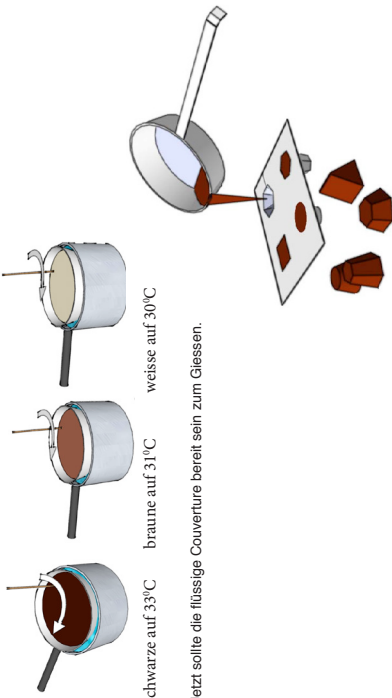
**Rezept A (Impfen)**  
 3 Teile (1 kg) Couverture in Temperiergerät auf 60°C erwärmen. (Dauert mehrere Stunden, z.B. über Nacht)  
 anschließend Temperiergerät auf die korrekte Temperatur einstellen und den 4. Teil (350 g) Pastillen oder geräufelte Couverture beimischen und umrühren. Die exakten Temperaturen sind unten beschrieben.



3 Teile der Masse  
 Jetzt sollte die flüssige Couverture bereit sein zum Gießen.

1 Teil der Masse  
 Jetzt sollte die flüssige Couverture bereit sein zum Gießen.

**Rezept B**  
 Alle Couverture in Temperiergerät oder im Wasserbad direkt auf die exakte Temperatur erwärmen. (Im Temperiergerät dauert es mehrere Stunden, z.B. über Nacht) Dies ist möglich, weil die Couverture bereits vom Hersteller präpariert wird.



schwarze auf 33°C    braune auf 31°C    weiße auf 30°C  
 Jetzt sollte die flüssige Couverture bereit sein zum Gießen.

## 3.9 VOM MUSIKAUTOMATEN ZUM ROBOTER

Jürg Keller

### 3.9.1 FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Auf den Jahrmärkten waren Musikautomaten eine grosse Attraktion. Mit viel handwerklichem Geschick wurden Automaten gebaut, die kleine Musikstücke abspielen konnten. Meist wurde der Musikautomat noch mit einer lustigen Figur geschmückt, die entweder zur Musik tanzte, das Musikstück dirigierte oder sich so bewegte, als würde es ein Instrument spielen. Die Abfolge der Töne und Bewegungen wurde mit Nocken auf einer Walze programmiert oder später mit Lochstreifen kodiert. Heute kann man sich in Computermuseen vergewissern, dass die Lochstreifen wichtige Programmspeicher in der Anfangszeit der Computertechnik waren.

Automaten spielen immer noch eine sehr wichtige Rolle, so z. B. als Billett-Automat oder Kaffee-

automat. Der Ablauf des Brauens von Kaffee und das Abfüllen in eine Tasse wird aber nicht mehr von einer Walze abgetastet, sondern viel flexibler mit einem Rechner realisiert. Auch ein Roboter, der Pralinen verpackt, wiederholt den ganzen Tag seinen vorprogrammierten Ablauf. Abläufe sind also ein wichtiges strukturelles Grundelement von Steuerungen. Ein Ablauf besteht aus einer Folge von Schritten, die wie bei einer Perlenkette zu einer Schrittkette aneinandergereiht werden. Mithilfe von Lego-Robotern kann auf sehr einfache Art ein Ablauf programmiert werden. Zudem bieten Lego-Roboter die Möglichkeit, Bewegungsabläufe zu realisieren und diese mit Tönen zu ergänzen. Ein Ablauf von Bewegungen und Tönen ist Tanz.

### 3.9.2 BESCHREIBUNG DER AUFGABE

Es soll mit Lego Mindstorms® ein Tanzroboter erstellt werden, der sich zu selber programmierter Musik rhythmisch bewegt. Die Lösung der Aufgabe umfasst mehrere Teilaufgaben, nämlich Design, Planung und Bau des Roboters und die Programmierung der Bewegungen und der Musik. Die Aufgabenstellung ist extrem offen. Es können einerseits sehr einfache Lösung realisiert werden, so z. B. mit hohem Ton 5 cm vorfahren, mit tiefem Ton wieder zurück. Andererseits ist der Raum für Kreativität betreffend Design, Musik und programmierten Bewegungen fast unbegrenzt. Zudem zeigt die Erfahrung, dass die Programmierung von Musik für die Schülerinnen und Schüler sehr attraktiv ist.

#### Planung und Bau des Roboters

Für die Planung des Roboters ist es wichtig, dass klar ist, welche Bauteile zur Verfügung stehen. Während der Mensch über 656 Muskeln verfügt,

stehen in einem Robotik-Set nur zwei grosse Motoren und ein mittlerer Motor zur Verfügung. Es ist darum notwendig, sich zu überlegen, für welche Bewegungen die Motoren eingesetzt werden. Die Beispiele für Tanzroboter im letzten Abschnitt (Abb. 139 bis 141) zeigen die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Motoren: Entweder bewegt man den ganzen Roboter auf Rädern oder Raupen mit zwei Motoren nach der Musik und benutzt den dritten Motor für Kopf- oder Oberkörperbewegungen oder der Roboter ist ortsfest und mit den Motoren werden Beine oder Oberkörper bewegt. Durch beweglich montierte Teile können zusätzliche, rhythmische Effekte dargestellt werden. Effektiv angebrachte Verzerrungen machen den Roboter erst »cool«.

#### Programmierung des Roboters

Die Programmierung des Roboters kann mit dem Programm Lego Mindstorms® erfolgen.



Lego Mindstorms® ist eine graphische Programmiersprache, die einer Bildergeschichte gleicht. Sie wurde speziell für Schülerinnen und Schüler (SuS) im Alter von 10–16 Jahren entwickelt. Die SuS müssen keine Syntax lernen und nach einer einstündigen Einführung sind sie bereits in der Lage eigene Aufgaben zu lösen. Schleifen, bedingte Programmverzweigungen und Unterprogramme können problemlos erstellt werden. Lego Mindstorms® verfügt über eine sehr gut in Deutsch dokumentierte Anleitung. Aus diesem Grunde wird für die Einführung auf die Dokumentation verwiesen. Natürlich gibt es auch eine grosse Anzahl nützlicher Videos im Internet. Im Beispielteil wird eine selten dokumentierte, aber sehr nützliche und flexible Möglichkeit gezeigt, mit der der Ablauf per Zufall oder mittels Sensoren gesteuert werden kann.

**Fachwissenschaftliche Grundlagen**

Die fachwissenschaftlichen Grundlagen von Sequenzsteuerungen und deren Erweiterung auf verzweigte Sequenzen bis hin zu parallelen Abläufen sind in der Automatentheorie gegeben. Diese oft sehr abstrakt behandelte Theorie ist für die Realisierung von Steuerungen nur von geringer Bedeutung. Hingegen sind die dazugehörigen graphischen Darstellungen sehr nützlich. Im Folgenden sollen zwei Darstellungen vorgestellt werden. Es wird auch gezeigt, dass diese Darstellungen der Programmierung fast 1:1 entsprechen.

**Einfache Abläufe**

Eine Sequenzsteuerung besteht aus einer Sequenz von Schritten. In den Schritten werden Tätigkeiten oder verallgemeinert Aktionen durchgeführt. Befindet sich die Robotersteuerung beispielsweise in einem Schritt mit dem Namen »Fahren«, so ist es sinnvoll, in diesem Schritt die Motoren einzuschalten. Grundlegend wichtig zu erkennen ist aber, dass der Übergang von einem Schritt zum nächsten immer durch eine logische Aussage gesteuert wird. Ein Übergang findet also statt, wenn die Aussage wahr ist. Die häufigste logische Aussage im Alltag ist »fertig«, wir machen also etwas bis es fertig ist oder eben die Aussage »fertig« wahr ist. Im Beispiel (Abb. 132) wird der Schritt »Fahren« verlassen, wenn z. B. »5 cm gefahren« wahr ist.

Die geschriebene Sprache ist nicht gut für die Beschreibung von Abläufen geeignet. Viel besser eignen sich graphische Darstellungen. Im Laufe der Zeit wurden dazu sehr viele Darstellungen entwickelt, beispielsweise das Flussdiagramm, Zustandsautomaten nach Mealy oder Moore und die Ablaufsprache oder das Petri-Netz. Der Ablauf für einen Tanzroboter, der nach vorne fährt, sich nach links und rechts dreht und dann wieder zurückfährt, kann im Flussdiagramm oder in der Ablaufsprache wie in Abb. 132 dargestellt beschrieben werden.

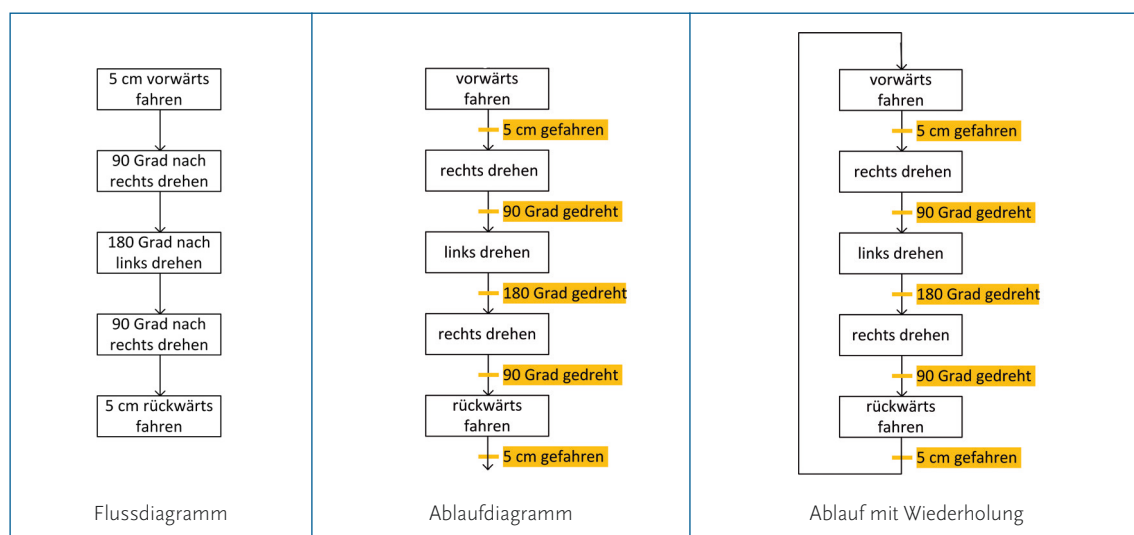


Abbildung 132: Grafische Darstellungen

### 3 TECHNIKWOCHEN IN DER SEKUNDARSTUFE

Der Hauptunterschied zwischen den Diagrammen liegt darin, dass im Ablaufdiagramm die Bedingungen für die Schrittsteuerung explizit angegeben werden.<sup>77</sup> Dies immer mit zu überlegen, ist für die Programmierung unumgänglich.

Die Bedingungen für die Schrittsteuerung werden meist von Sensoren abgeleitet, so z. B. wenn ein Rad um einen bestimmten Winkel gedreht hat oder der Drehwinkelsensor um einen vorgegebenen Betrag gedreht wurde. Die Aktion eines Schritts beinhaltet meistens das Einschalten

eines Aktors, so z. B. eines Motors. Abbildung 133 zeigt die zum Ablaufdiagramm gehörende Programmierung in Lego Mindstorms®. Die grünen Blöcke sind die Aktoren der Schritte und die orangen Blöcke berechnen die Schaltbedingungen. Zur Vereinfachung der Programmierung können die weggesteuerten Bewegungen mit einem einzigen Block programmiert werden.

Soll ein Ablauf beliebig oft wiederholt werden, so wird dies wie in Abbildung 134 mit einer Schleife programmiert (Englisch »While-Loop«).



Abbildung 133: Einfacher Ablauf

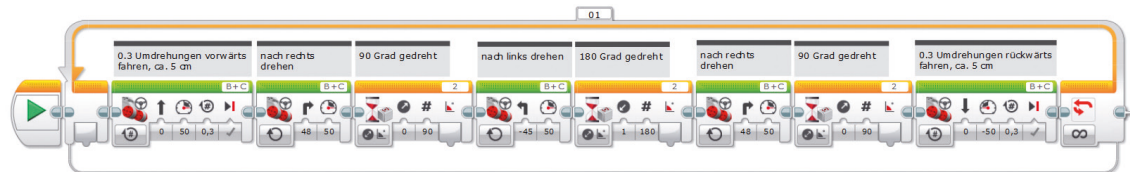


Abbildung 134: Ablauf mit Wiederholung

#### Parallele Abläufe

Soll der Roboter parallel zum Tanzen auch noch Musik machen, so sind parallele Abläufe nötig. Parallele Abläufe führen zu einer beträchtlichen Komplexität, vor allem wenn die Abläufe an gewissen Stellen synchronisiert werden müssen. Für den Tanzroboter sollen lediglich parallele Abläufe gleichzeitig gestartet werden. Dies lässt sich in Lego Mindstorms® durch Verzweigung von

Ablaufleitungen programmieren. Abbildung 135 zeigt eine mögliche Struktur. Deutlich zu erkennen sind die Leitungen zwischen den Blöcken, die Ablaufleitungen genannt werden. Erzeugt werden sie, indem beim vorangehenden Element eine Leitung aus dem Verbindungselement »gezogen« wird.

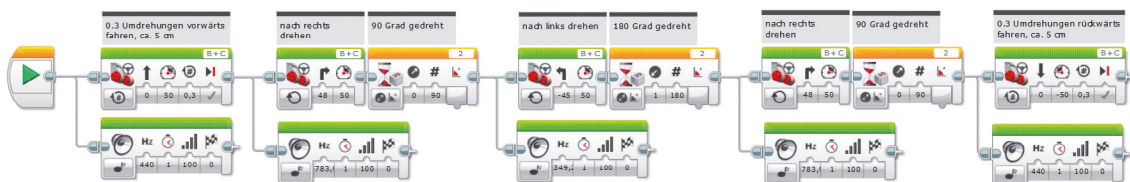


Abbildung 135: Parallele Abläufe

<sup>77</sup> Für die fortgeschrittene Anwendung der Diagramme ist das Ablaufdiagramm viel mächtiger, weil es auch erlaubt, parallele Abläufe darzustellen.

**Verzweigte Abläufe**

In Abbildung 136 geht der Läufer nochmals auf eine Runde, wenn »nicht müde« wahr ist, ist er hingegen müde, so nimmt er den Pfad zum Duschen. Auf diese Art können Verzweigungen in der Ablaufsprache dargestellt werden.

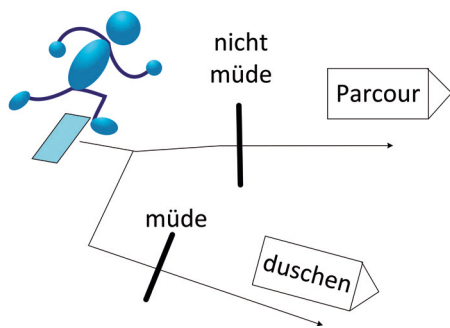


Abbildung 136: Verzweigung

Intelligente Steuerungen entstehen, wenn das Verhalten von äusseren Einflüssen mitbestimmt wird. Die Einflüsse können anhand von Messgeräten (Sensoren) erkannt werden. Je nach Wert des Sensors wird ein anderer Weg nach der Verzweigung gewählt.

Dies kann in Lego Mindstorms® mit einer Schalterstruktur und einer Variablen realisiert werden. Abbildung 137 zeigt ein Beispiel. Darin wird zunächst die Variable »Schritt« mit dem Wert »vor« initialisiert. In der Schleife wird der Wert der Variablen gelesen und die Schalterstruktur schaltet in dasjenige Feld, das den gleichen Namen wie der Variablenwert hat. Hat die Variable den Wert »vor«, dann wird der Fall »vor« durchgeführt. Am Ende des Falls »vor« wird nun abhängig vom

Wert des Farbsensors der Wert »rechts« oder »links« in die Variable »Schritt« geschrieben und damit bestimmt, welcher Fall / Schritt als Nächstes durchgeführt wird.

Mithilfe dieser Struktur können ziemlich lange Sequenzen übersichtlich programmiert werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass während der Programmdurchführung immer gerade der aktuelle Fall angezeigt wird, falls der Roboter mit dem PC verbunden ist. Zudem kann das Programm auch an einem beliebigen Ort gestartet werden. Dazu muss lediglich der gewünschte Fall in die Variable »Schritt« zu Beginn hineingeschrieben werden.

Abbildung 138 zeigt die zugehörige Darstellung im Ablaufdiagramm. Es wird dort klar, dass der Schritt »rechts drehen« übersprungen wird, wenn der Farbsensor »hell« misst.

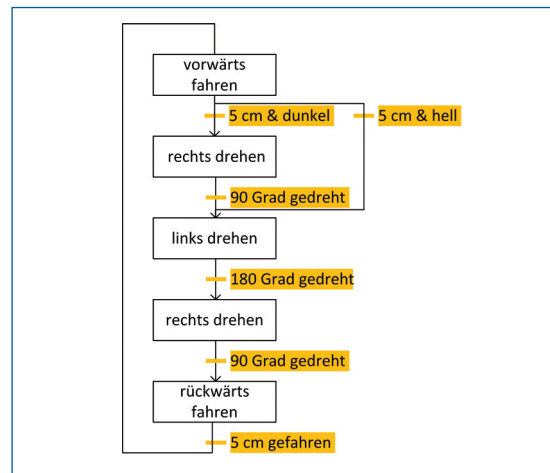


Abbildung 138: Verzweigung im Ablaufdiagramm

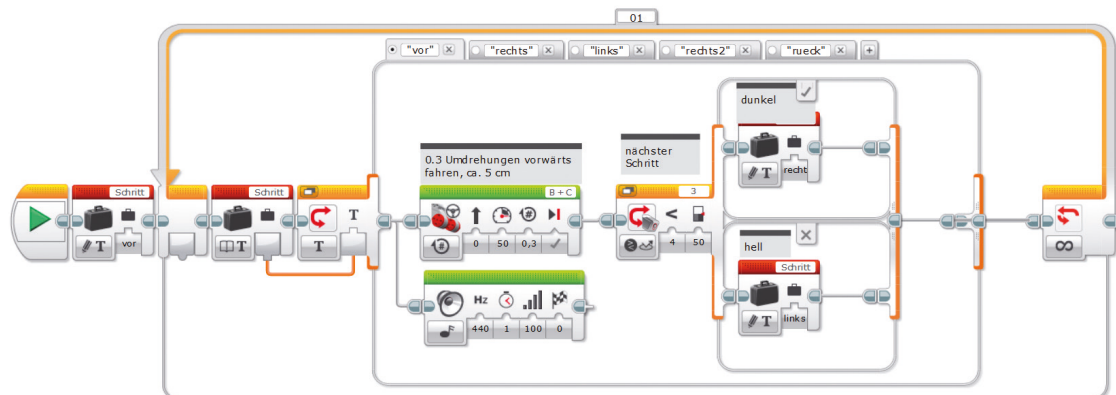


Abbildung 137: Programmierung der Verzweigung

#### 3.9.3 DIDAKTISCH-METHODISCHE HINWEISE

Das Erlernen der Programmierung mit Lego Mindstorms® umfasst eine kurze Einführung in die Grundprinzipien gefolgt von einer kreativen Erkundung neuer Möglichkeiten. Eine Einführung kann folgendermassen aufgebaut sein:

- An einem einzelnen Fahrblock die Methoden der Parametrisierung der Blöcke kennenlernen. (Wichtig zu realisieren ist, dass die Parametrisierung immer eine Optimierung beinhaltet. So kann mit einem zusätzlichen Fahrblock z. B. möglichst exakt eine 90-Grad-Kurve gefahren werden.)
- Ablaufkontrolle »Schleife« einführen.
- Erkunden der Möglichkeit von Sensoren.
- Sensorgesteuerte Abläufe mit dem Warteblock.
- Sensorgesteuertes Entscheiden mit dem Schalterblock.

Mit diesem Grundwissen sind die SuS in der Lage eigene Aufgaben zu lösen. Mit folgenden Schwierigkeiten muss man rechnen:

- Die SuS sind sehr schnell im Programmieren, haben aber grosse Mühe mit der Fehlersuche und der Programmstrukturierung. Indem man die SuS anhält, das Programm in kleinen Schritten zu realisieren und jeden Schritt zu testen, können solche Schwierigkeiten minimiert werden. Fehlersuche durch exaktes Beobachten des Roboterhaltens ist nicht selbstverständlich und muss geübt werden.

- Tonsignale im Programm können die Fehlersuche stark vereinfachen. Der Roboter soll zunächst alle Bewegungen sehr langsam durchführen.
- SuS haben manchmal ein »Gefühl«, was der Roboter machen sollte. Ohne dass die gewünschte Funktion in gesprochener Sprache exakt formuliert werden kann, ist auch eine Programmierung nur schwer möglich. Den SuS kann geholfen werden, wenn sie die gewünschte Funktion beschreiben müssen und dies möglichst in der »Roboter-Sprache«, d. h. nahe an der Bedeutung der Blöcke von Lego Mindstorms®. Auch ist es sinnvoll, den Ablauf in einem Ablaufdiagramm darzustellen.
- Wettbewerbsaufgaben können sehr motivierend sein. Bei Wettbewerben unbedingt Zwischenrunden oder Vorführungen des aktuellen Standes einplanen. So sind die SuS angehalten, die Lösung schrittweise zu erarbeiten. Lösungen anderer Gruppen zu sehen, kann sehr inspirierend sein.
- Nach dem ersten »unordentlichen« Programm ist es nötig, dass die SuS auch zu einer gut strukturierten Programmierung angehalten werden. Nur so ist ein Fortschritt hin zu komplexeren, überblickbaren Programmen möglich. Hier kann auch die Erstellung eigener Programmblöcke gezeigt werden.
- Für das Ausprobieren der Roboter ist genügend Platz am Boden vorzusehen.

### Bildungsrelevante Aspekte des Themas und Kompetenzbezüge

Die Aufgabe fordert Problemlösungen in den Bereichen Design / Konstruktion und Programmierung. Insbesondere machen SuS die Lernerfahrung, dass Konstruktion, Funktion und Steuerung eng miteinander verzahnt sind und dass auch das Design schlussendlich eine wesentliche Rolle spielt. Anspruchsvollere Lösungen erfordern ausgeklügelte Konstruktionen, damit die gewünschte Beweglichkeit erreicht wird.

Die Umsetzung der eigenen Vorstellungen über den Bewegungsablauf in ein Programm erfordert verschiedene Schritte. Zunächst müssen die SuS ihre oft vagen Vorstellungen des Ablaufs in einen verbal exakt beschreibbaren Ablauf konkretisieren. Dieser muss dann in die Programmiersprache übersetzt werden. Die Programmierung muss danach exakt richtig erfolgen. Da diese selten auf Anhieb korrekt ist, muss systematisch nach Fehlern gesucht und der Ablauf optimiert werden. Dieses Vorgehen ist typisch für viele Problemlösungen und dadurch auch auf andere Aufgaben übertragbar.

Anhand der Tanzroboteraufgabe können viele Aspekte einer Problemlösung geübt werden:

- Die SuS lernen Designprozesse zu analysieren und daraus Konsequenzen für nächste Prozesse zu formulieren (LP 21 TTG 1.B.1.c.).
- Sie lernen eigene Designprozesse mit denen von anderen zu vergleichen, Unterschiede zu beschreiben und Entwicklungsmöglichkeiten zu formulieren (LP 21 TTG 1.B.1.b.).
- Sie lernen Eigenschaften von schwachstrombetriebenen Geräten kennen und können diese anwenden (z. B. Steuerung, Robotik, Leuchte mit Leuchtdioden, Thermobiegerät) (LP 21 TTG 2.B.1.5e.).
- Sie beschäftigen sich mit »be-greifbarer« Informatik und können so spielerisch und handlungsbezogen Informatikaufgaben lösen (LP 21, MI, Einleitung).
- Sie können einfache Problemstellungen analysieren, mögliche Lösungsverfahren beschreiben und in Programmen umsetzen (LP 21 MI2.2).

### Beispiele für Tanzroboter

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele für Tanzroboter. Die Bauanleitungen sind digital vorhanden. Die Bewegungsprinzipien der Roboter sind unterschiedlich. Der Raupenroboter führt Tanzbewegungen durch Fahren auf Raupen aus, der Twister verdreht die Beine und der Gehroboter bewegt die Hüftgelenke vor und zurück. Offensichtlich kann mit einem Lego-Roboter nie die Flexibilität eines Hüftgelenks nachgebaut werden. Trotzdem lassen sich damit lustige Tanzbewegungen realisieren. Mit dem kleinen Motor kann eine zusätzliche Bewegung realisiert werden.



Abbildung 139: Tanzroboter mit Raupen

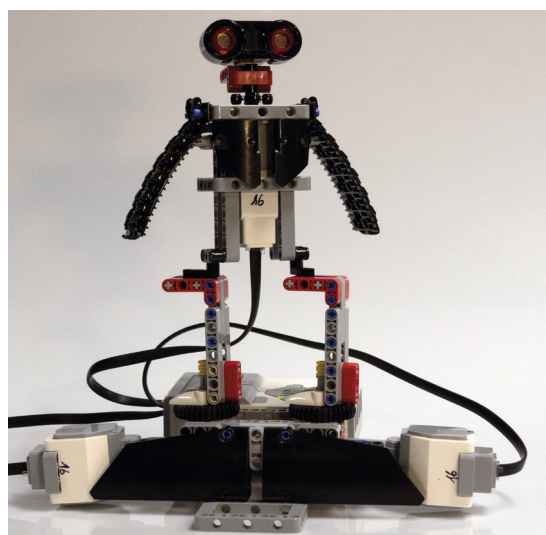


Abbildung 140: Twister-Tanzroboter

Beispiele für zugehörige Programme sind im Folgenden dargestellt. Sie sind alle als Sequenzen realisiert, damit die Programmierung nicht zu gross wird und auch Programmverzweigungen, z. B. durch Zufall oder sensorgesteuert, möglich sind. Die Bewegungen werden parallel zum Ton und zu den Oberkörperbewegungen mithilfe von parallelen Ablaufleitungen realisiert.

Die Programme sind sehr einfach, die SuS werden sehr schnell komplexere Programme erstellt haben. Ein wichtiger Aspekt ist die richtige Lösung des zeitlichen Ablaufs. Diejenige Kette von Programmblöcken, die am meisten Zeit beansprucht, bestimmt auch den Rhythmus des Tanzes. Soll dieser in einem gleichmässigen Takt erfolgen, so empfiehlt sich, dass eine Folge von Blöcken immer die Zeit festlegt. Sinnvollerweise sind dies die musik- oder tonerzeugenden Blöcke.

Beim Gehroboter und beim »Kopf-Nicken« des Raupenroboters stellt sich eine weitere Herausforderung. Diese Bewegungen sind beschränkt, weil es mechanische Anschläge gibt. Versucht ein Motor über den Anschlag hinaus zu drehen,

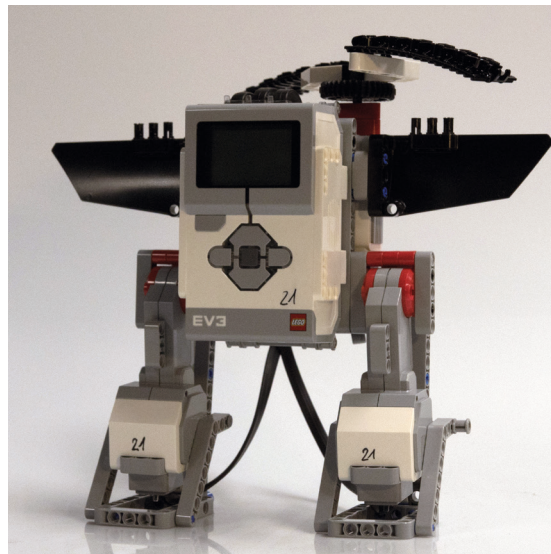


Abbildung 141: Geh-Tanzroboter

so kann er sein Endziel nicht erreichen und der Ablauf bleibt stehen. Bei der Programmierung muss also beachtet werden, dass die Drehungen nur so gross wie nötig sind. Auch muss die Startposition des Roboters immer klar festgelegt sein, damit die Bewegungen überhaupt möglich sind. Ist der Kopf bereits nach vorne bis zum Anschlag geneigt, so kann er natürlich nicht noch weiter nach vorn bewegt werden.

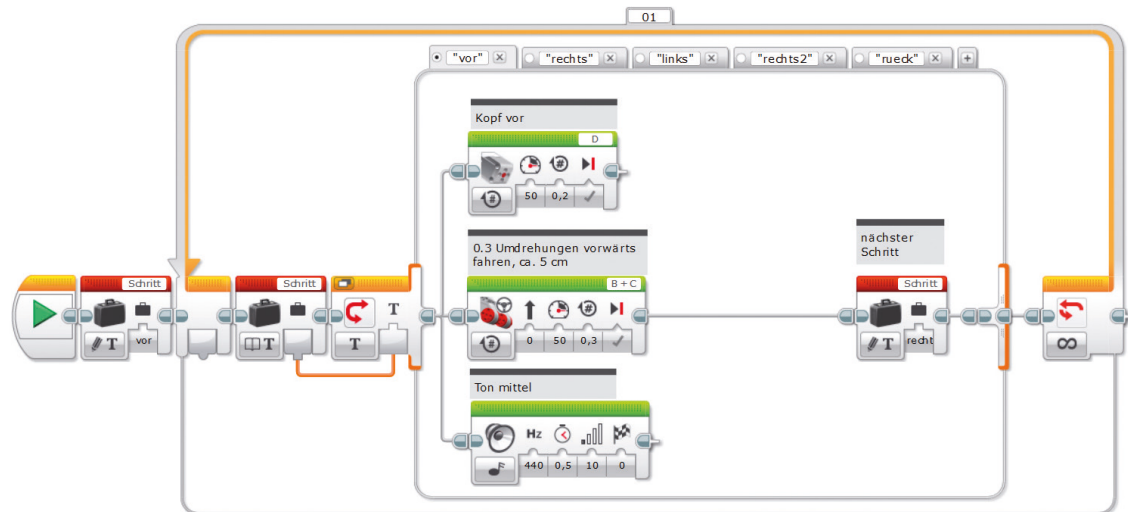


Abbildung 142: Programm für Tanzroboter mit Raupen

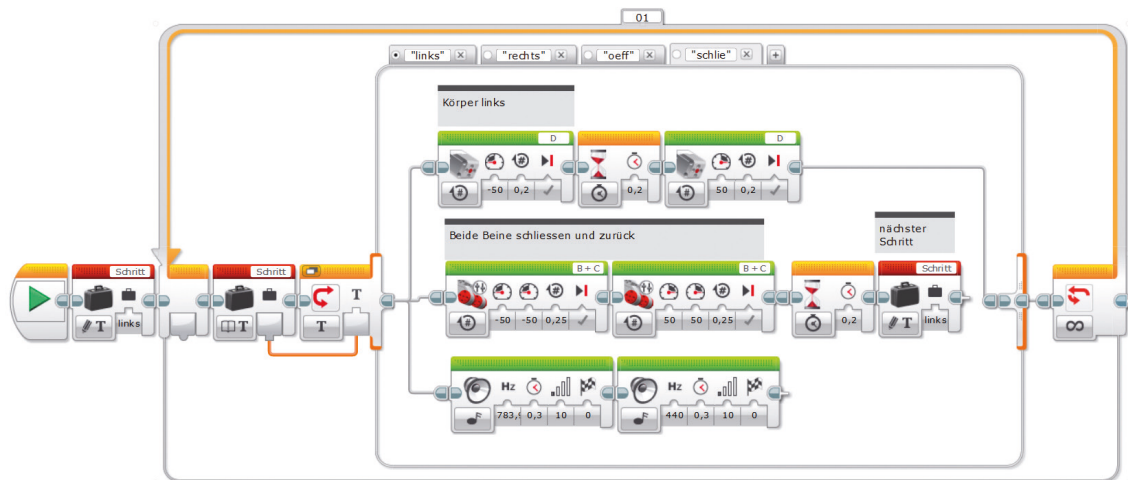


Abbildung 143: Programm für Twister-Tanzroboter

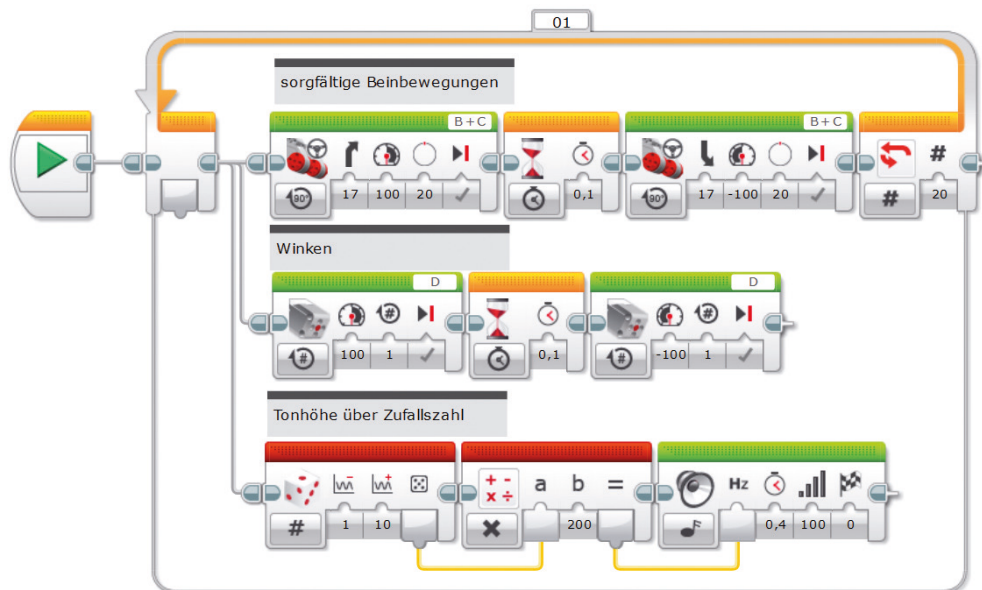


Abbildung 144: Programm für Geh-Tanzroboter

## 3.10 AUSSERSCHULISCHER LERNORT: DAS SCHIFFSHEBEWERK

Alexander Koch

### 3.10.1 ZIEL DES AUSSERSCHULISCHEN LERNORTES »SCHIFFSHEBEWERK«

Ein Schiffshebewerk ist kein alltägliches Phänomen. Gerade die Binnenschifffahrt wird zwar beiläufig wahrgenommen, aber nur selten ruft man sich die Bedeutung von schwer beladenen Schiffen auf ihrem Weg, zum Beispiel über den Rhein, in Erinnerung. Wenn Schiffe in die eine Richtung *flussabwärts* fahren, dann müssen sie auch *flussaufwärts* fahren. Neben Schleusen existieren auch Schiffshebewerke.

Laut Schinkel (2017) können Schiffshebewerke nicht nur als Werkzeuge betrachtet werden, sondern sogar als Wahrzeichen der Ingenieur- und Baukunst. Sie vereinen Technik und Design (Schinkel, 2017) und sind gerade deshalb ein besuchenswertes Bauwerk, das für Kunst, Technologie und Fortschritt steht und vielfältige Entdeckungsmöglichkeiten bietet. Insbesondere im Kontext außerschulischer Lernorte kann der Besuch eines Hebewerkes an vielfältige Alltagserlebnisse und Gewohnheiten anknüpfen und diese auf einer anderen Reflektionsebene erneut vor Augen führen. Als Beispiele seien nur der Alltagsausdruck *in ein Fahrwasser geraten* oder

*Luftschiffe, Flughafen und jemanden /etwas durchschleusen* genannt. Schifffahrt ist also sprachlich allgegenwärtig, ihre angewendeten physikalischen Prinzipien wie Auftrieb und Verdrängung von Wasser ebenso. Zusammen mit Design und Nützlichkeit werden nautische Bauwerke für fächerübergreifenden Unterricht an außerschulischen Lernorten umso interessanter, denn mit der Authentizität, Anmut, Strukturiertheit und der Möglichkeit, eigene Erfahrungen einzubringen, sind nach Birkenhauer zentrale Merkmale eines lernförderlichen außerschulischen Lernortes gegeben.<sup>78</sup> Ich möchte hier das Schiffshebewerk als einen forschend-entdeckenden oder erfahrungsorientierten Lernort darstellen, in dem Schülerinnen und Schüler ein technisches Produkt entdecken können, welches nicht im Schulzimmer erfahrbar ist.

Dieser Beitrag ist zwar dem Kapitel »Technikwochen in der Sekundarstufe« zugeordnet, jedoch ist ein Hebewerksbesuch in der Primarstufe ebenso denk- und durchführbar.

### 3.10.2 DAS SCHIFFSHEBEWERK: HISTORISCHE HINTERGRÜNDE UND FUNKTIONSWEISE

Schiffshebewerke existieren überall auf der Welt, von Europa bis China (Schinkel, 2017) und zwar bereits seit der frühen Antike. Sie wurden seither weiterentwickelt, um Güter auf Flüssen jenseits des Seeweges durch die Kontinente und Länder zu befördern.

Die folgende Seite zeigt, wie ein alter Schiffsfahrtskapitän die Notwendigkeit eines Hebewerkes erläutern könnte.

<sup>78</sup> Birkenhauer in Hildebrandt (2009).



»So ihr Landratten! Ihr seid also hierhergekommen, um euch das alte Hebewerk anzusehen? Wisst ihr, als ich noch jung war, bin ich sehr oft auf dieses Hebewerk getroffen. Ich war nämlich damals Kapitän eines Binnenschiffes und musste Güter von einem Ort zum anderen bringen.

Wisst ihr denn, was Güter und Binnenschiffe sind? Nein? Na, hätte ich mir ja auch gleich denken können, dass ihr Festlandspaziergänger das nicht kennt. Also: Die Sachen, die auf einem Schiff von einem Ort an den anderen gebracht werden, nennt man Güter. [Güter sind *gute*, wertvolle Gegenstände.] Das sind zum Beispiel Sachen zum Essen / Nahrungsmittel oder Autos. Gäste fahren auf so einem Binnenschiff eigentlich nicht mit, sondern nur die Leute, die arbeiten müssen: ein Kapitän wie ich, Matrosen und Schiffsjungen.

Ein Binnenschiff ist übrigens ein sehr langes und schmales Schiff, das auf Flüssen fährt, *nicht* auf Meeren. Das Wort *binnen* bedeutet, dass man ›innen‹ oder ›innerhalb‹ fährt, also innerhalb des Landes. In der Schweiz fahren wir sehr viel auf dem Rhein – da ist ja keine Küste zum Meer.

Auf einem Binnenschiff werden also Güter transportiert. Das ist ungefähr so, wie es die grossen Lastwagen auf der Strasse machen, nur eben auf dem Wasser. Und wie ihr wisst, sind Strassen nicht immer gerade und flach. Man muss manchmal auch einen Berg hinauffahren. Und so ist es auch mit dem Schifffahren auf einem Fluss. Wenn der Fluss einen Berg hinunter fliesst, muss ich mit meinem Schiff auch bergab fahren. Das ist ja nicht so schwierig. Aber wenn ich danach nach Hause will, muss ich den Berg wieder hinauffahren.

Damals, als ich noch auf meinem Schiff war, hatten wir aber keine so starken Motoren, um hinauf zu kommen. Meine Matrosen und ich mussten also aussteigen, das Schiff an Land ziehen und auf unseren Schultern den Berg hinauftragen. Das war ganz schön viel Arbeit. Aber es gab keine andere Möglichkeit. Oder habt ihr vielleicht einen anderen Vorschlag?

Aha, eine Schleuse. Ja, das stimmt. Durch solche bin ich auch oft gefahren. Man fährt mit dem Schiff in eine Art Badewanne und dann wird das Tor geschlossen. Nun wird dieses Schleusenbecken mit Wasser gefüllt und das Schiff steigt nach oben. Das geht gut bei kleinen Höhen. Wenn es aber steiler bergauf geht, dann ist ein Hebewerk nützlicher. Manchmal gibt es eine Nassförderung, manchmal eine Trockenförderung. Bei der Trockenförderung wird das Schiff einfach aus dem Wasser gehoben und an eine andere Stelle gesetzt. Eigentlich wie bei einem Kran, der etwas von einem Ort an den anderen hebt. Bei der Nassförderung fährt das Schiff in eine Wanne voll Wasser und wird damit gehoben.

Was der Unterschied ist, fragt ihr? Na, bei der Trockenförderung muss man nur wissen, wie schwer das Schiff ist und man kann den Kran einstellen. Sehr aufwendig ist aber die Befestigung des Schiffs und es kann auch Schaden nehmen. Bei der Nassförderung braucht man den Kran nicht einzustellen. Das Schiff fährt in eine Wanne und fertig. In der Wanne mit dem Schiff wird so viel Wasser von dem Schiff weggeschoben oder verdrängt, wie das Schiff wiegt. Kennt ihr das vom Unterricht in Physik? Wie viel wiegt ein Kilo Wasser? Ein Kilo natürlich. So hat die Wanne immer dasselbe Gewicht und deshalb kann der immer gleich eingestellte Kran oder das immer gleiche Gegengewicht unterschiedliche Schiffe heben. Das Schiff kann sicher und recht schnell gehoben werden. In Saint-Louis Arzwiller dauert es nur 4 Minuten für fast 45 Meter Höhenunterschied.«

Beachten Sie, dass in der Geschichte zur Erklärung des Hebewerkes *Seemannsgarn* dabei war, denn natürlich kann ein voll beladenes Schiff nicht von wenigen Besatzungsmitgliedern getragen werden.

#### 3.10.3 BEZÜGE ZUM LEHRPLAN 21

Der ausserschulische Lernort spricht eine Vielfalt von Inhalten des Lehrplans 21 an (D-EDK, 2016). Die folgenden Bereiche können besonders herausgestellt werden, allerdings müssen nicht alle gleichzeitig gleiches Gewicht haben:

- Schulsprache – Situieren und realisieren
- Naturwissenschaften – Fragen und untersuchen

- Naturwissenschaften – Informationen erschliessen
- Naturwissenschaften – Einschätzen und beurteilen
- Naturwissenschaften – Mitteilen und austauschen

#### 3.10.4 DIDAKTISCHE HINWEISE BEI AUSSERSCHULISCHEN LERNORTEN

Aus einer allgemeinen didaktischen Sicht benötigen Sie keine besonderen Fähigkeiten, um ein Schiffshebewerk oder irgendeinen anderen ausserschulischen Lernort lehrreich zu besuchen. Das Wichtigste spielt sich vor und nach dem Besuch ab, wo Sie entweder Vorwissen generieren oder aktivieren bzw. in der Nachbereitung spezifische Aspekte in den Fokus rücken. Im Wesentlichen steht und fällt der Erfolg mit der Vorbereitung und der Nachbereitung im Unterricht (Klaes, 2008). Der Besuch selbst ist in der Regel eine wertvolle Erfahrung für alle, auch Lehrpersonen, insbesondere aber für die Schülerinnen und Schüler (Anderson & Zhang, 2003), aber oft hängt der Besuch von der Einstellung der Lehrperson ab. Wenn Sie positiv eingestellt sind, wird der Besuch ein Erfolg und mit steigender Erfahrung umso mehr (Meyer, Oertli & Koch, 2016).

##### Sie brauchen

- 3 Stunden zur persönlichen Vorbereitung
- 1 Unterrichtseinheit zur Vorbereitung
- 1 Tag Aufenthalt am Hebewerk
- 1 Unterrichtseinheit zur Nachbereitung
- Bastelequipment für die Klasse:  
Papier, Klebstoff, Scheren, Servietten etc.

##### Vor dem Hebewerkbesuch

In Abb. 145 und 146 werden einige Bastelvarianten beschrieben. Bereiten Sie diese auf jeden Fall drei Tage vor dem Besuch vor.

Neben der Vorbereitung auf den Aufenthalt selbst ist selbstverständlich eine schulische Vor-

bereitung mit den Kindern notwendig. Dies ist besonders wichtig, da sonst ein ausserschulischer Lernort Gefahr läuft, zu einem unstrukturierten Spielort zu werden.

In der Vorbereitung bietet sich ein fächerübergreifender Ansatz an, denn das Hebewerk selbst ist ein fächerübergreifender Lernort. Diskutieren Sie, wie schwierig es früher war, Hindernisse zu überwinden (bspw. mit Bezug auf Geschichte), sprechen Sie über physikalische Phänomene wie Auftrieb oder Verdrängung (Physik), diskutieren Sie, welche Auswirkungen menschliche Eingriffe in die Natur haben können, z.B. Flussbegradigungen zur Schiffbarmachung (Natur-Mensch-Gesellschaft). Sie können auch Aspekte der Architektur oder der Baukunde einbringen (Gestalten).

Wichtig ist, dass sie kurz vor dem Besuch des Hebewerkes möglichst viel Vorwissen aktivieren, um die Lernortexploration für die Schülerinnen und Schüler ertragreich werden zu lassen.

##### Während des Aufenthalts im Hebewerk

Weisen Sie bei der Besichtigung möglichst nicht auf alle grossen und hohen Bauteile oder Gegenstände im Wasser hin. Versuchen Sie, den Kindern und Jugendlichen Entdeckungsmöglichkeiten zu geben. Ein Schiffshebewerk ist robust und hat grosse Ausmasse. Sie entdecken vielleicht auch sehr viel Neues.

Vereinbaren Sie eindeutige Termine, etwa: »Um 11.30 h treffen wir uns am Eingang, stellt eure Smartphone-Wecker.«

Versammeln Sie die Gruppe **nach der Explorationsphase** und rufen Sie den besten Zähler / die beste Zählerin sowie die sportlichsten Schülerinnen und Schüler aus. Diese sollen, wenn möglich, vom untersten Punkt zum höchsten Punkt des Hebewerkes steigen und laut die Stufen zählen, um am oberen Ende das Ergebnis laut zu schreien. Machen Sie vielleicht einen kleinen, aber gefahrlosen Wettbewerb daraus. Sie zeigen kurz auf die beiden unterschiedlichen Wasserhöhen und machen deutlich, wie hoch eigentlich so ein paar Meter sein können.

Je nach museumspädagogischem Ansatz des Hebewerkes können Sie weiters auf Möglichkeiten zurückgreifen, die hier leider nicht allgemein beschrieben werden können.

In einer letzten Plenumsphase fassen Sie das Erlebte mit den Kindern noch einmal kurz zusammen. Danach können alle in eine strukturierte, kreative Phase eintreten. Hierfür suchen Sie optimalerweise einen Ort, an dem die Schülerinnen und Schüler gut mit Papier und Bleistift arbeiten können.

**Strukturiert kreative Phase:** In Gruppen sollen kleine Modelle eines Hebewerkes aus Papier entstehen. Zudem basteln wir eine Kapitänsmütze (siehe Abb. 146). Danach stellen die Bastelgruppen ihre Werke vor und erklären, worauf sie besonders geachtet haben. Das Ziel ist es, einen gesamthaftern Eindruck zu festigen und die vielfältigen Eindrücke erneut aufzuzeigen.

Das Hebewerk ist ein forschend-entdeckender Lernort mit Zeit zum Entdecken von Neuem und dem Umdenken von Bekanntem. Zu starke Strukturierung in der Aufenthaltsphase verringert die interessen-geleitete Auseinandersetzung.

### Nach dem Hebewerkbesuch

Belassen Sie es nicht bei nur einer nebensächlichen Zusammenfassung des Hebewerksbesuchs. Nutzen Sie die Gelegenheit, die Schülerinnen und Schüler zu motivieren, ihre Erfahrungen wieder aufzurufen. Die Nachbereitung hat oft den grössten Effekt hinsichtlich nachhaltigen Lernens. Sie können bei einem *Wieder-Erleben* ansetzen und Situationen aus dem Hebewerk anekdotisch erzählen lassen. Alle können als Identifikationsmerkmal auch die Kapitänsmützen oder Ausweise hervorholen. Bauen Sie dann schrittweise auf die Erlebnisse auf, verknüpfen Sie diese ggf. mit den Themen, die Sie in der Vorbereitung eingebracht haben und zeigen Sie auf, welche Lehrpersonen verschiedener anderer Fächer vielleicht Antworten auf Schülerfragen haben könnten.

Die Nachbereitung soll Wissen sichern, aber vielmehr soll sie zum Weiterdenken anregen und Wissensnetzungen im Sinne fächerübergreifenden Lernens hervorrufen.

### Fächerübergreifende Inhalte für die Vor- und/oder Nachbereitung

- Physik: Neben Gegengewichten gibt es auch die Variante mit Schwimmern zum Heben der Schiffe. Anhand dieses Prinzips wird der Auftriebseffekt deutlich und kann im Sinne einer Technischen Bildung verwendet werden.
- Geschichte: Schifffahrt und Transport von Gütern und Baumaterial seit der Antike. Wie wurde das Material für römische Tempel transportiert?
- Deutsch: Fachjargon, Idiome und Metaphern (Kajüte, Mast- und Schotbruch, Fahrwasser, Landratten, Seemannsgarn). Was ist der Unterschied zwischen Idiomen und Metaphern? Welche schifffahrtsbezogenen Begriffe kennen die Kinder in der deutschen Sprache? Etymologien und Zusammenhänge können erklärt werden (z. B. woher kommt der Begriff *Luftschiff*?).
- Fachwissen: Zeitschrift *Binnenschifffahrt*

#### Fachbegriffe, die möglicherweise genannt werden

- Seemannsgarn: Lügengeschichte
- Archimedisches Prinzip: Verdrängung von Flüssigkeit oder Gas ist gleich dem Eigengewicht des verdrängenden Objektes.
- Auftrieb: Verringerung der Gewichtskraft in Flüssigkeiten (z. B. man fühlt sich in Wasser leichter)

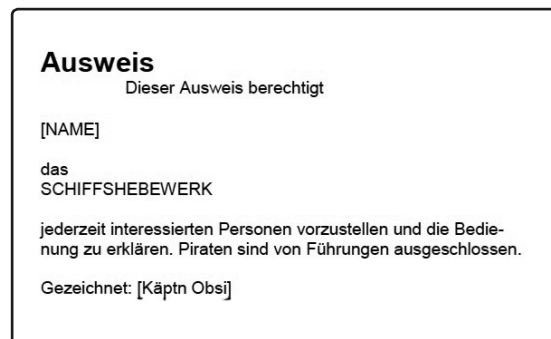
#### Weitere Informationen

- Hebewerk Saint-Louis Arzviller:  
<http://www.badenpage.de/ausflugsziele/ausflugsziele-in-der-region-elsass/schiffshebewerk.html>
- Hebewerk Henrichenburg mit vielen Bildern:  
<https://www.ruhrgebiet-industriekultur.de/schiffshebewerk-henrichenburg.html>
- Hebewerke allgemein: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schiffshebewerk>
- Binnenschifffahrt:  
<http://www.binnenschifffahrt-online.de>
- Ausserschulische Lernorte:  
<https://aareexkursion.jimdo.com>

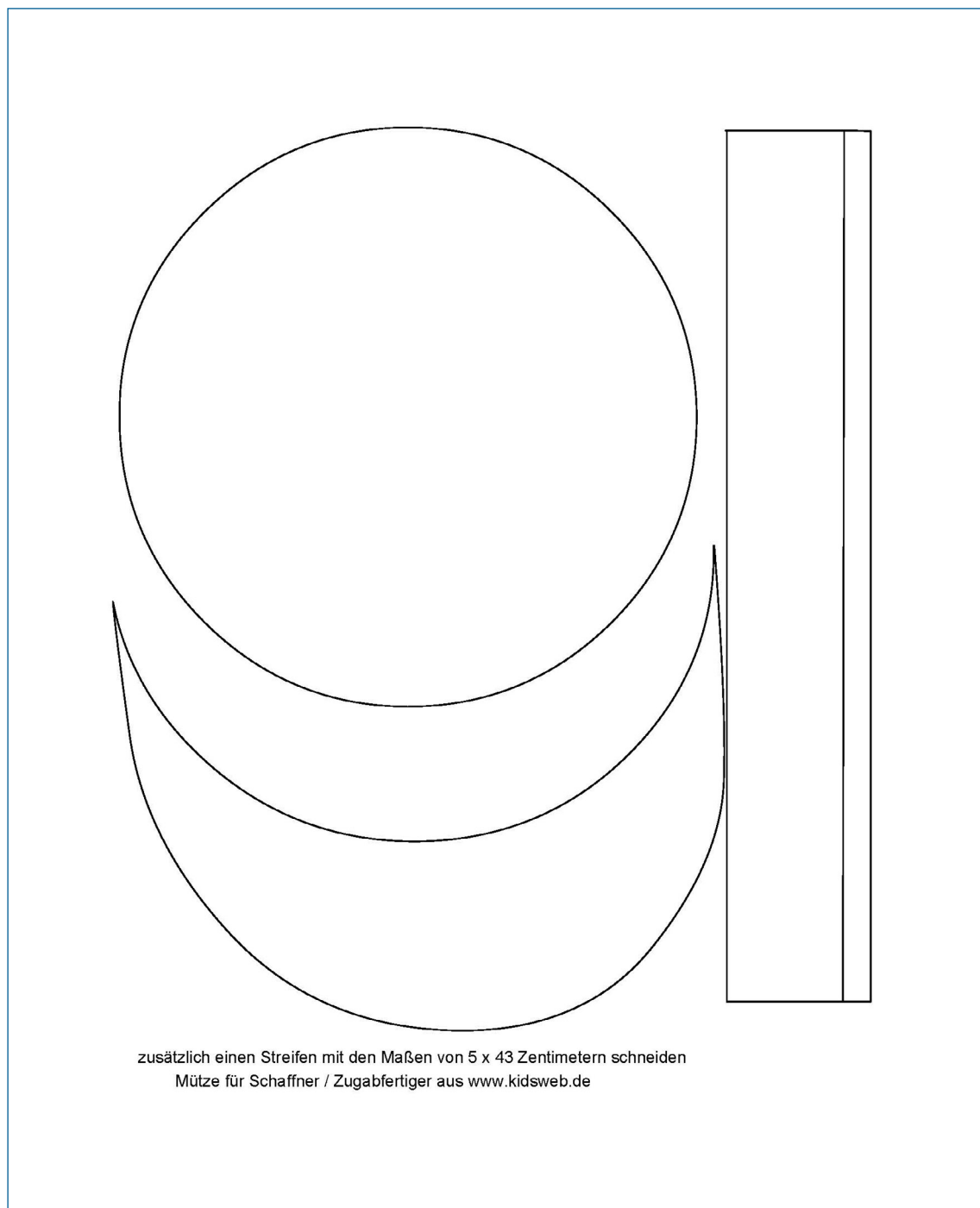
#### Bastelanleitungen

Sie können den **Ausweis** (Abb. 145) für jedes Kind vorbereiten und ausgedruckt und ausgeschnitten zum Hebewerk mitbringen. Tragen Sie vorab die individuellen Namen ein.

Für die **Kapitänsmütze** (Abb. 146) benötigt man einen langen, etwas festeren Papierstreifen (ca. 70 cm lang), ein rechteckiges Stück festeres Papier (ca. 10 cm x 20 cm), um Schirm/Krempe der Mütze auszuschneiden (unten links in der Abb.) und eine Serviette, die als Hutkrone dient (symbolisiert als Kreis). Zunächst wird ein langer Papierstreifen ausgeschnitten und an den Kopfumfang angepasst, anschliessend verklebt. Dies bildet die Basis der Mütze bzw. das Hutband. Nun wird dieses Hutband an das rechteckige Papier angelegt und die Krümmung etwa einen Fingerbreit dahinter parallel nachgezeichnet. Der Rest der Krempe kann individuell gezeichnet werden. Alles wird an der Aussenlinie ausgeschnitten. Die doppelte Linie wird umgeknickt, einige Male eingeschnitten oder eingerissen und innenseitig an das Hutband geklebt. Nun muss nur noch die Serviette ausgefaltet werden und von innen in das Hutband geklebt und arrangiert werden. Fertig ist die Kapitänsmütze.



**Abbildung 145:** Beispiel für einen Ausweis, etwa Originalgröße (eigene Darstellung, lizenziert zur Wiederverwendung und Veränderung)



**Abbildung 146:** Verkleinerte Schnittvorlage für eine Kapitänsmütze

## 3.11 DER KABELSALAT – VOM DESIGN ZUM PRODUKT

Ernest Hägni & Beni Sidler

Der Schwerpunkt dieser Projektaufgabe liegt auf der Gestaltung eines Produktes respektive dem Gestaltungs- und Designprozess. Die vorgeschlagenen technischen Lösungsansätze ermöglichen die Durchführung der Aufgabe auf verschiedenen Niveaus:

- Aufgaben 1, 2, 3, 5 ▶ Zyklus 2 + 3
- Aufgaben 4a + 4b ▶ Zyklus 2
- Aufgaben 4c + 4d ▶ Zyklus 3

Zeitaufwand: Variabel je nach Kombination; min. 4 Lektionen, max. 10 Lektionen

### 3.11.1 AUSGANGSLAGE

Im Technischen Gestalten werden sowohl der technische als auch der gestalterische Aspekt zusammen gedacht. Diese Kombination von ästhetischen und technischen Aspekten bereiten das Feld für Fragestellungen und Umsetzungen im Bereich des Designs vor. Wenn von Technik gesprochen wird, lassen sich Bezüge und Überschneidungen zu den Naturwissenschaften zie-

hen. Das wesentliche Abgrenzungsmerkmal des Technischen Gestaltens gegenüber anderen Schulfächern liegt bei einer handlungsorientierten, also einer praktischen, Anwendung naturwissenschaftlicher Prinzipien in Verbindung mit Gestaltungsfragen, dies gilt sowohl für das Technische als auch für das Textile Gestalten.

### 3.11.2 DER GESTALTUNGS- UND DESIGNPROZESS

Der Gestaltungs- und Designprozess, wie er im Lehrplan 21 unter den didaktischen Hinweisen zum Technischen Gestalten<sup>79</sup> aufgeführt wird, zeichnet sich durch verschiedene Phasen aus. Diese folgen vorwiegend aufeinander, bedingen teilweise aber auch Rückschritte, um die technischen sowie die gestalterischen Probleme in der Entwicklung des Produktes miteinander abzugleichen.

»Die verschiedenen Phasen sind somit einer stetigen Rückkoppelung und einem ständigen Wandel unterworfen. Sie entwickeln sich entgegen der dortigen Darstellung<sup>80</sup> also selten linear, sondern vielmehr in verschlungenen Kreisen oder Spiralen. Dies bedeutet, dass sich ein Gegenstand unter Einbezug mehrperspektivischer Sichtweisen (formal-ästhetische, funktionelle, material- und verfahrensspezifische, wirtschaftliche Aspekte) entwickelt und das Vorgehen

dementsprechend fortlaufend adaptiert werden muss.«<sup>81</sup>

#### Die Phasen des Designprozesses

Auf die verschiedenen Phasen kann aus Platzgründen nur verkürzt eingegangen werden. Sie sind aber in den Aufgabenteilen eingebettet und werden dort initiiert und angeleitet. »Sammeln und Ordnen« stellt meist den Ausgangspunkt für den Designprozess dar. Informationen und Inspiration werden gesucht und erste Handlungsoptionen formuliert.

»Experimentieren und Entwickeln« führt zu ersten Entwürfen, die optimiert werden können. Durch »Planen und Herstellen« wird Vorangegangenes auf Tauglichkeit und Erscheinung beurteilt und daraus die weiteren Arbeitsschritte geplant und durchgeführt. Die Phasen »Begut-

<sup>79</sup> Lehrplan 21, Fachbereichslehrplan, Gestalten, Didaktische Hinweise Textiles und Technisches Gestalten, S. 8

<sup>80</sup> Lehrplan 21, Fachbereichslehrplan, Gestalten, Didaktische Hinweise Textiles und Technisches Gestalten, Phasen des Designprozesses, S. 9

<sup>81</sup> Baier und Hägni in: Fachdidaktik in Kunst und Design, Hrsg: Nicole Berner, Christine Rieder, Lehren und Lernen mit Portfolios, Haupt 2017, S. 130

achten und Weiterentwickeln« sowie »Dokumentieren und Präsentieren« erklären sich in ihrer Namensgebung selbst. Sie runden die Aufgaben ab und stellen die Reflexionsebene und die Dokumentation sicher.

Ein im beruflichen Umfeld durchgeführter Designprozess ist gegebenermassen um einiges komplexer als an allgemeinbildenden Schulen. Nach Käser und Stuber (2017) ist er ein ganzheitlicher Problemlöseprozess und passt Gebrauchsgüter den Bedürfnissen der Benutzer an, ist also darüber hinaus ein kultureller, gesellschaftlicher und ökologischer Faktor.<sup>82</sup> Wichtige weitere Schritte bei der professionellen Entwicklung eines Produktes bis zur Marktreife wären nach Heufler<sup>83</sup> zum Beispiel die Kooperationsarbeit des Designers mit Ingenieuren, wenn es um Materialfragen, die technische Umsetzbarkeit und Ökonomisierung der Produktionsabläufe geht.

#### Kompetenzbereiche

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- gestalterische und technische Zusammenhänge wahrnehmen und reflektieren (TTG 1 A).

- Produkte begutachten und weiterentwickeln (TTG 1 B).
- Gestaltungsprozesse von Produkten dokumentieren und präsentieren (TTG 1 B).
- eine gestalterische und technische Aufgabenstellung erfassen und dazu Ideen und Informationen sammeln, ordnen und bewerten, experimentieren und entwickeln (TTG 2 A).
- gestalterische und technische Produkte planen und herstellen (TTG 3A).
- Funktionen verstehen und eigene Konstruktionen in den Themenfeldern Spiel und Freizeit entwickeln (TTG 2 B).
- handwerkliche Verfahren ausführen und bewusst einsetzen. (TTG 2 B).
- die Gestaltungselemente Material, Oberfläche, Form und Farbe bewusst einsetzen (TTG 2 C).
- Materialien, Werkzeuge und Maschinen sachgerecht einsetzen (TTG 2 E).
- Gestaltungs- bzw. Designprozesse und Produkte begutachten und weiterentwickeln, (TTG 3A).
- technische Geräte und Produkte in Betrieb nehmen und das entsprechende Wissen aus Gebrauchsanleitungen, Montageplänen und dem Internet aufbauen (TTG 3 B).

### 3.11.3 HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG

#### Orientierung für die Zyklusstufe

Diese Projektaufgabe ist so ausgelegt, dass je nach Vorwissen, Alter und Infrastruktur verschiedene Umsetzungsvarianten vorhanden sind. Sie greifen teils ineinander über und decken dadurch eine breite Niveauspanne ab. Explizite Zyklusvorschläge sind bei den Aufgaben angemerkt.

#### Orientierung zu Material und Verfahren

Die Materialien und Verfahren wurden bewusst so ausgewählt, dass keine Gefahrenquellen auftauchen und wenig bis keine Vorkenntnisse der Lehrperson sowie der Schülerinnen und Schüler (SuS) über das Material und die Bearbeitung vor-

ausgesetzt werden. Die Material- und Bearbeitungshinweise sind bei den Aufgaben angemerkt.


#### Didaktische und methodische Hinweise

Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Gestaltungs- und Designprozess, nicht auf dem Fertigungsprozess. Es ist darauf Wert zu legen, dass individuelle Lösungsansätze der SuS entstehen und gefördert werden. Die Lehrperson übernimmt eine coachende Funktion und berät vor allem in Hinblick auf Zeitstrukturen, Umsetzbarkeit der Produktidee und Spiegelung der funktionalen Kriterien des Kabelmanagers.

82 Vgl. Thomas Stuber u. a.: Technik und Design, Grundlagen; Designprozess, Hep Verlag, S. 174

83 Heufler, Gerhard: DESIGN BASICS. Verlag Niggli AG, Sulgen (Hg.): 4. überarbeitete Auflage, 2012

3.11.4 ARBEITSBLÄTTER



**Aufgabenstellungen Kabelmanager**

**Einleitung**  
Das Grammophon und später die Stereoanlage verfügten über Lautsprecher für die Musikwiedergabe und waren für den stationären Gebrauch gedacht. Mit dem Fortschritt der Technik wurden neue Tonträger und damit einhergehend auch tragbare Systeme entwickelt; die Geräte wurden allgemein kleiner. Diese Miniaturisierung führte zu Produkten wie dem Walkman, tragbaren CD-Playern, Minidiscs, MP3-Playern etc., welche platzsparend überallhin mitgenommen werden können. Im gleichen Masse wie die Abspielgeräte verkleinerten sich die Ausgabequellen wie Lautsprecher und Kopfhörer bis hin zu den heute weit verbreiteten In-Ear-Kopfhörern. Die kabellosen Modelle bieten noch begrenzte Akkubetriebszeiten, bis dies verbessert wird, bleibt ein Problem bestehen – nämlich der Kabelsalat.

**Die Problemstellung**  
Bei der Entwicklung von neuen Produkten steht in den meisten Fällen eine Problemstellung am Ausgangspunkt, die gelöst, oder eine Anwendung, die vereinfacht werden soll. Du kennst bestimmt das Problem der verhedderten In-Ear-Kopfhörerkabel. Regelmässig muss man die Knöpfe lösen und die beiden Kabel entwirren. Mit einem Kabelmanager könntest du verhindern, dass der Kabelsalat in deiner Tasche entsteht. Damit sollen die Kopfhörer künftighin, ohne sie erst entwirren zu müssen, schneller und einfacher einsetzbar sein.

**Die Aufgabe**  
Entwickle einen Kabelmanager, der den Kabelsalat verhindert, und Stecker sowie die In-Ear-Lautsprecher festhält.

**1. Aufgabe „Sammeln und Ordnen“ zur Funktion**  
*Material: Arbeitsblätter 1 + 2, Skizzenpapier, Stifte*      *Zeit: ca. 15 min*

**1a.** Kriterienkatalog zur Funktion: Notiere in Stichworten deine Überlegungen zu folgenden Punkten.

- Welche Probleme soll der Kabelmanager lösen oder erleichtern?
- Gibt es Dinge auf die du achten musst, damit Kopfhörer oder Kabel nicht kaputtgehen?
- Hast du zusätzliche Wünsche an Funktionen, die der Kabelmanager erfüllen soll?

**1b.** Überlegungen zur Umsetzung: Wie könnte der Kabelmanager diese Probleme lösen? Notiere hierzu Adjektive wie z. B. festhalten, stecken etc.

**1c.** Skizziere zwei bis drei erste Entwürfe zum Kabelmanager auf ein separates Skizzenpapier und beschreibe die Vorzüge der Varianten. Wähle dann einen Entwurf aus, mit dem du weiterarbeiten möchtest.

**2. „Experimentieren und Entwickeln“**  
*Material: Arbeitsblatt 2, Plastilinnetzmasse aus dem Bastelladen, Modellierhölzer*  
*Zeit: 30-45 min*

**2a. Von 2D zu 3D**  
Eine Skizze ist zweidimensional. Objekte aber immer dreidimensional. Um diesem Umstand gerecht zu werden, fertigst du ausgehend von der gewählten Skizze einen ersten dreidimensionalen Entwurf an. Vernachlässige dabei noch das Aussehen und Details, konzentriere dich auf die Funktionen.

**Hinweise zur Umsetzung**  
Verarbeitung: Von Hand, mit Modellierwerkzeug oder ähnlichem



**2b. Funktionstest**  
Nimm nun die Kopfhörer und feste das Befestigen der Kabel auf deinem Modell. Verbessere die Form, bis Kopfhörer, Kabel und Halterung passen. Dokumentiere dein Modell mit Fotos aus verschiedenen Perspektiven, um die Form festzuhalten.

**3. „Sammeln und Ordnen“ zur Gestaltung**  
*Material: Computer für die Internetrecherche*  
*Zeit: 30 min Recherche (ev. Hausaufgabe), Präsentationen 3 min/Schülerin*

**3a. Internetrecherche**  
Suche im Internet mit Stichworten wie *Kabelsalat*, *Kopfhörerkabel aufwickeln* oder *Kabelmanager* nach vorhandenen Lösungen. Stelle damit eine Bildersammlung zusammen. Wähle ein Beispiel aus und erkläre deinen Mitschülerinnen/Mitschülern, was dir an diesem Beispiel gefällt.



**3b. Entwurf anpassen**  
Ergänze deinen Kriterienkatalog und deinen 3-D-Entwurf aus Plastilin aufgrund der Erkenntnisse aus:

- Auswertungen aus dem ersten Plastilinversuch,
- Internetrecherche,
- deiner Gestaltungsidee.



**4. „Planen und Herstellen“**

Nach der Suche der funktionalen und gestalteten Form geht es nun an die Umsetzung! Hierbei gibt es mehrere Varianten. Deine Lehrperson entscheidet aufgrund der Infrastruktur, Kosten etc., welche Varianten infrage kommen.



**4a. Umsetzung in Fimo**  
 Zyklusvorschlag: Zyklus 2  
 Material: Fimo, erhältlich in Bastelladen, Modellerholzer, Backofen  
 Zeit: 45 min

**Hinweise zur Umsetzung**  
 Fimo lässt sich wie Plastilin verarbeiten. Diese Aufgabe bietet in diesem Sinne eine direkte Fortsetzung der Aufgabe 3. Interessant sind bei diesem Material die Gestaltungsmöglichkeiten, wenn man verschiedene Farben kombiniert und somit eine strukturierte Masse erhält. Du solltest eine gestalterische Experimentierphase einbauen, wo du verschiedene Farbstreifen zusammen in verschiedenen Varianten verknetet, verdrohst, faltest etc. Arbeite für diese Experimente mit kleinen Mengen. Für eine gezielte und klare Formgebung sind Modellerholzchen von Vorteil. Gehärtet wird Fimo auf Alufolie in einem vorgeheizten Backofen max. 30 min bei 110°C. Danach muss man es auskühlen lassen und fertig ist dein individueller Kabelmanager.

**4b. Umsetzung in Holz**

Zyklusvorschlag: Zyklus 2-3  
 Material: Pappelsperholz 5 mm -10 mm oder Massivholz nach Wahl, Laubsäge, Decouplersäge, Feilen, Schleifpapier, evt. Ständerbohrmaschine  
 Zeit: 2x 45 min



**Hinweise zur Umsetzung**  
 Pappelsperholz ist leicht und lässt sich gut bearbeiten. Da die Werkstücke eher klein sind, wird im Zyklus 2 bevorzugt mit der Laubsäge gearbeitet. Im Zyklus 3 kann mit der Decouplersäge die Form aus der Fläche gesägt werden.

Bei der Arbeit mit der Decouplersäge muss das Werkstück gut auf die Unterlage gedrückt werden, beim Bohren ist zusätzlich ein Schraubstock zu verwenden, Schutzbrille anziehen. Mit den Feilen kannst du deinem Kabelmanager die Form geben. Alternativ kann man einfach mit Schleifpapier beklebte Hölzchen herstellen, die gute Dienste für diesen Bearbeitungsgang leisten. Das Finish der Oberfläche erfolgt mit dem Schleifpapier.



Wenn du das Holz schützen möchtest, kannst du zusätzlich eine Oberflächenbehandlung vornehmen. Gerade bei Massivholz tritt durch das Lackieren oder Ölen die Maserung schön hervor.

**4c. Umsetzung mit Polyethylen-Schaumstoff**

Zyklusvorschlag: Zyklus 2-3  
 Material: Alveolit: vernetzter PE-Schaumstoff (z.B. von Plastikhaus.ch), Cutter, Laubsäge, Decouplersäge, Lochleisen, Schleifpapier, Feuerzeug  
 Zeit: 45 min



**Hinweise zur Umsetzung**  
 Eine weiche und sehr leichte Halterung lässt sich aus PE-Schaumstoff fertigen. Das Material wird oft für Verpackungs- oder Schubladeneinlagen verwendet. Es ist weich, gummiartig und flexibel, aber dennoch genug fest, dass man es gut schneiden und sägen kann. Es bietet durch diese Eigenschaften neue Funktionen an, die wir mit den anderen Materialien nicht erreichen. Man kann nun biegbare Objekte und Klemmfunktionen mitdenken.

Mithilfe der Laub- oder Decouplersäge wird die entworfene Form aus dem Schaumstoff gesägt. Die schönste Schnittfläche ergibt sich dabei in der Regel mit der Rückseite eines dünnen Sageblatts, wenn das Sägeblatt also mit den Zacken nach hinten eingespant wird. Mit dem Lochleisen können sehr gut Aussparungen hergestellt werden. Mit Schleifpapier kannst du die Form und Oberfläche bearbeiten. Die Fuser, die hängenbleiben, werden am besten unter sehr kurzer Hitze einwirkung mit dem Feuerzeug entfernt.

**4d. Kunststoffe**

Zyklusvorschlag: Zyklus 3, Vorwissen Kunststoffbearbeitung nötig  
 Material: PMMA (Acrylglas) 3 mm - 5 mm, Polystyrolplatte 3 mm - 5 mm, Kunststoffcutter, Laubsäge, Decouplersäge, ggf. Ständerbohrmaschine, Heissdraht-Biegeapparat, Feilen, Schleifpapier  
 Zeit: 45 min



**Hinweise zur Umsetzung**

PMMA – umgangssprachlich auch Acrylglas genannt – und Polystyrol sind beides Kunststoffe aus der Familie der Thermoplaste. Thermoplaste lassen sich durch Erwärmen verformen und bieten dadurch ein interessantes Bearbeitungsspektrum. Es ist also möglich, gebogene und geknickte Formen herzustellen.

Mit dem Kunststoffcutter werden die Ausgangsstreifen in die Platten eingegratzt und ausgebrochen. Das Ritzen funktioniert nur bei geraden „Schnitten“ gut, Kurven sind mit der Laub- oder Decouplersäge auszuführen. Die weiche Formgebung und Nachbearbeitung wird auch hier mit Feilen und Schleifpapier ausgeführt.

Bei der Arbeit mit der Decouplersäge muss das Werkstück gut auf die Unterlage gedrückt werden, beim Bohren ist zusätzlich ein Schraubstock zu verwenden, Schutzbrille anziehen. Das Umformen mit dem Heissdraht-Biegeapparat ist durch die kleinen Dimensionen erschwert, es müssen deshalb Handschuhe getragen werden.



**4e. 3-D-Druck mit Hartschaum-Vorstudie**

**Zyklusvorschlag:** Zyklus 3. Die Lehrperson muss Erfahrung mit 3-D-Druck haben  
**Material:** 10 mm Polystyrolhartschaum aus dem Baumarkt, Cutter, Feilen, Schleifpapier, Weissleim, Computer, Internetzugang, 3-D-Drucker mit „Soft-PLA“-Filament  
**Zeit:** 2 x 45 min für Vorübung und CAD-Zeichnung, Ausdruck nicht eingerechnet!

Ist kein Drucker vorhanden, können die Projekte auch auswärts zum Druck gegeben werden. Bsp. 3-D-Druckservices: [www.leil3.ch](http://www.leil3.ch), [www.rtkd.ch](http://www.rtkd.ch), [www.drei-de.ch](http://www.drei-de.ch)  
 Bsp. Bezugsquelle Soft-Filamente: [www.3d-printerstore.ch](http://www.3d-printerstore.ch)

Der 3-D-Druck mit Filamenten ist eine relativ neue Entwicklung. Es handelt sich dabei vereinfacht gesagt um eine steuerbare Düse, die erhitzten Kunststoff schichtweise zu Objekten aufbauen kann. Durch die computergestützte Steuerung ermöglicht es der 3-D-Drucker Objekte in hoher Präzision und Komplexität herzustellen. Der 3-D-Druck ist vor allem für Prototypen und Kleinserien interessant. Für den Druck des Kabelmanagers eignet sich ein elastischer Kunststoff. In der Industrie gibt es noch andere Varianten des 3-D-Drucks, die sogar Metalle drucken können.

**Hinweise zur Umsetzung**

**1. Vorübung / Zeit: 15-20 min**

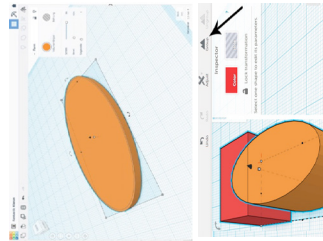
Damit die Umsetzung mit dem Computerprogramm einfacher geht, machen wir eine Vorübung. Du erstellst zuerst aus Polystyrolhartschaum (EPS) ein vereinfachtes Modell von deinem Entwurf. Verwende zur Vereinfachung möglichst nur geometrische Grundformen wie Würfel, Quader, Scheibe, Zylinder etc. Der Hartschaum lässt sich mit dem Cutter und Feilen sehr schnell und gut bearbeiten. Um Stücke zusammenzusetzen, verwendest du Weissleim.

**2. CAD-Zeichnung / Zeit: 40 min**

Nach der Vorübung solltest du nun über ein Modell mit klaren Formen verfügen, welches dir die Zeichnung auf dem Computer sehr erleichtert. Die Konstruktion mit einem CAD-basierten Programm musst du auf dem PC selber anfertigen. Zwei empfehlenswerte Programme heissen „SketchUp“ und „Tinkercad“, du findest sie im Internet. Sie sind gratis, aber du musst ein Konto erstellen.

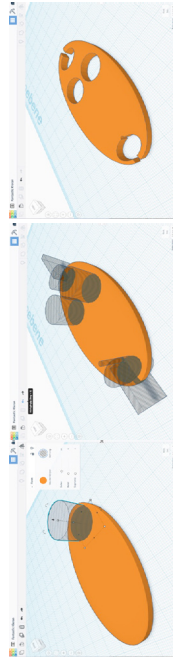
**Beispiel zum Zeichnen eines Kabelmanagers auf Tinkercad**

- a. **Neues Projekt erstellen**
- b. **Formen auswählen und ausrichten:**  
 Aus den Grundformen wählst du eine Form aus, die deinem Entwurf am ähnlichsten ist. Eventuell musst du mehrere Formen zusammensetzen, wie das geht, wird bei Punkt d. erklärt.
- c. **Formen verziehen und skalieren (vergrössern-verkleinern):**  
 Die gewählte Grundform kannst du nun nach Belieben in der Grösse anpassen und verziehen, bis sie deiner Modellform entspricht.
- d. **Formen addieren:** Das Zusammensetzen der Formen erfolgt, indem du zwei oder mehr Objekte auswählst und auf das Symbol mit „group“ drückst. Das Feld „Inspector“ erscheint und du kannst bestimmen, ob die Formen auch beim Verschieben zusammenbleiben.



**Fortsetzung Aufgabe 4e.**

e. **Formen subtrahieren:** Du kannst Formen abziehen, um bestehende Formen zu verändern oder Löcher herzustellen, wenn du „hollow-Formen“ wählst und mit den Objekten gruppierst.



f. **Projekt als STL-Datei ausspielen:** Wenn dein Projekt fertig ist, musst du sichergehen, dass es auf der Grundebene steht. Dann gehe auf den Reiter „Design“ und speichere dein Projekt. Im gleichen Reiter findest du den Befehl „Export for 3D-Printing“, klicken und als „stl“ ausspielen.

g. **Projekt in ein Slicerprogramm importieren:** Ein Slicerprogramm teilt deine Form in ganz viele Schichten auf, die der 3-D-Drucker dann nachfährt und mit dem Kunststoff schichtweise aufbaut. Das Slicerprogramm ist meist zugehörig zum Druckermodell.

h. **Projekt drucken:** Überspiele die Datei aus dem Slicerprogramm auf eine SD-Karte und übertrage die Daten damit auf den Drucker. Startbefehl geben und los geht's.

So könnte dein Ergebnis aussehen:



**5. „Dokumentieren und Präsentieren“**

**Dokumentation und Reflexion: 15-20 min**

Stelle eine Dokumentation zu deinem durchgeführten Projekt zusammen, indem du deinen Kriterienkatalog, deine Skizzen und Fotos zusammenführst.

Reflexion: Vergleiche deinen Kabelmanager mit deinen Erwartungen aus deinem Kriterienkatalog und beantworte folgende Fragen:

- Welche Funktionen konnte ich umsetzen?
- Welche Funktionen gehen nicht oder nur schwierig und weshalb?
- Bei welchem Aufgabenteil habe ich am meisten gelernt und weshalb?
- Bin ich mit meinem Kabelmanager zufrieden?

**Präsentation: 2 min pro Schüler/Schülerin**

Gib deinem Kabelmanager einen Namen und erfinde einen Slogan, unter welchem du deinen Kabelmanager zum Verkauf anpreisen würdest. Präsentiere deinen Mitschülerinnen und Mitschülern deinen Kabelmanager möglichst positiv und so, als würdest du ihn verkaufen wollen.

## 3.12 ELEKTROMECHANISCHE SPIELEREIEN

Ernest Hägni & Beni Sidler

Ausgehend von simplen Komponenten und Materialien liegt der Schwerpunkt dieser Projektaufgabe auf der experimentellen Erkundung von ausgewählten mechanischen Grundlagen von Maschinen. Die vorausgesetzten handwerklichen Vorkenntnisse sind nicht hoch.

Zyklus 3, (2 nur mit Anpassungen)

Zeitaufwand: Variabel je nach Kombination; min. 4 Lektionen, max. 10 Lektionen

### 3.12.1 AUSGANGSLAGE

Elektromotoren und mechanische Komponenten sind bestimmende Merkmale des heutigen Alltags. Meist sind sie aber in Gehäusen versteckt und wenn sie sich zeigen, dann oft in komplexer und unzugänglicher Weise. Diese Projektaufgabe bietet die Gelegenheit für einen niederschweligen und experimentellen Einstieg in dieses

alltagsbestimmende Thema. Die Aufgabenstellungen sind gegen Ende sehr offen angelegt; es ist somit nicht falsch zu sagen, dass die weitere Ausformulierung der Aufgabe den Schülerinnen und Schülern mit ihren Experimenten übergeben wird.

### 3.12.2 DAS RIEMENGETRIEBE

Die Grundüberlegung dieser Aufgabenreihe liegt in der Absicht, bei Schülerinnen und Schülern das Interesse für die Funktionsweise von Maschinen zu wecken. Insbesondere fokussiert werden die Bereiche der mechanischen Kraftumlenkung und Kraftumwandlung. Diese übertragen die Kraft von der Antriebseinheit zur Arbeitseinheit und wandeln sie gegebenenfalls in die richtige Grösse um. Beide Bereiche sind die Grundlage der Funktion einer jeden Maschine.

Unter den vielen technischen Möglichkeiten wird in dieser Aufgabe mit dem Riemengetriebe

gearbeitet. Wie Bienhaus<sup>84</sup> kompakt zusammenfasst »wird das Übertragungsvermögen durch den Kraftschluss zwischen Riemenscheibe und Riemen bestimmt. Je nach Grösse des zu übertragenden Drehmoments ist eine mehr oder weniger grosse Spannkraft des Riemens erforderlich, wodurch hohe Radialkräfte mit negativen Folgen auftreten können. Riemengetriebe lassen einen elastischen, geräuscharmen, stoss- und schwingungsdämpfenden Lauf zu. Sie ermöglichen die Überbrückung grosser Wellenabstände und sind kostengünstig, da sie kaum Wartung und keine Schmierung benötigen«.

84 W. Bienhaus: in Thomas Stuber u. a.: Technik und Design, Grundlagen, Hep 2016, Mechanik und Transport S. 433

#### 3.12.3 HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG

##### Kompetenzbereiche

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- eine gestalterische und technische Aufgabenstellung erfassen und dazu Ideen und Informationen sammeln, ordnen und bewerten (TTG 2 A).
- gestalterische und technische Produkte planen und herstellen (TTG 2 A).
- Funktionen verstehen und eigene Konstruktionen in den Themenfeldern Mechanik/Transport entwickeln (TTG 2 B).
- handwerkliche Verfahren ausführen und bewusst einsetzen (TTG 2 B).
- Materialien, Werkzeuge und Maschinen sachgerecht einsetzen (TTG 2 E).
- technische Geräte und Produkte in Betrieb nehmen und das entsprechende Wissen aus Gebrauchsanleitungen, Montageplänen und dem Internet aufbauen (TTG 3 B).

##### Didaktische und methodische Hinweise

Die Wahl des Riemenradgetriebes, die damit verbundenen Ausgangsmaterialien und die gekoppelten Getriebeformen basieren auf der didaktischen Überlegung einer möglichst einfachen, fehlerverzeihenden Anwendung. Dies soll zügig zu funktionstüchtigen Ergebnissen und der damit verbundenen positiven Erfahrung und Bestärkung in Selbstwirksamkeit auf diesem technischen Gebiet führen. So wurde z. B. bewusst auf Zahnräder verzichtet, die ein genaueres Arbeiten oder stark vorstrukturierte Materialien voraussetzen würden. Andere Getriebearten werden nur verwendet, soweit es im oben gesteckten Kriterienrahmen sinnvoll erscheint.

Um das forschende und entdeckende Lernen ins Zentrum zu rücken, basieren die Aufgaben auf der didaktischen Methode des technischen Experimentes. Die zentralen Merkmale bilden dabei das Erstellen von Hypothesen und deren Über-

prüfung mit Experimenten. Im weiteren Verlauf nähert sie sich dem mehrperspektivischen Ansatz, wobei der Aspekt der Sinn- und Wertperspektive der intendierten Absicht eines »leichten« und »lustvollen« Zuganges bremsen würde und in diesem Fall hierfür nicht berücksichtigt wird. Beide Attribute beziehen sich auf den Zugang, der ein unvoreingenommenes und unbelastetes Verhältnis zur Technik ermöglichen soll, auf dessen Nährboden die ungehemmte Neugierde dieser Materie gegenüber wachsen kann.

##### Methodische Vorgehensweise

###### *Orientierung für die Zyklusstufe*

Von Seiten der Verfahren und der selbstständigen Bearbeitung ist das Thema für Zyklus 3 ausgelegt. Die Durchführung von Teilaufgaben im Zyklus 2 könnte mit wenigen Anpassungen und mehr Anleitung durch die Lehrperson ohne viel Aufwand erreicht werden. So kann z. B. mit Krokodilklemmen gearbeitet werden, wodurch Schalter bzw. Löten entfallen. Die Bohrung für den Motor könnte ausserdem die Lehrperson ausführen. Hauptaugenmerk liegt auf dem experimentellen Erkunden des »Prinzips« Maschine. Zum vereinfachten Einstieg werden eine Grundstruktur und erste Experimentierschritte vorge-spurt. Ausgehend von dieser »Startrampe« sollen Experimente und Anordnungen der Schülerinnen und Schüler folgen. Es gibt Tüftelaufgaben, bei denen darauf geachtet werden muss, dass sie in der geplanten Zeitstruktur umsetzbar bleiben. Die Rechercheaufgaben ermöglichen den Lernenden die Transferleistung von den abstrakten Anordnungen auf konkrete Bewegungen und somit mögliche Anwendungsgebiete. Die Lehrperson übernimmt hierbei eine coachende Funktion und berät vor allem in Hinblick auf Zeitstrukturen, gibt Umsetzungshilfen, achtet auf die Sicherheit und gibt Hilfestellung beim Optimieren der Anordnungen.


*Orientierung zu Material und Verfahren*

Lediglich der erste Aufgabenteil setzt Anforderung an Vorwissen und Infrastruktur voraus. Durch Einbezug von Recycling- oder Alltagsmaterial kann das Projekt erweitert werden. Die Materialien und Verfahren wurden so ausgewählt, dass kaum Gefahrenquellen vorhanden sind und wenig Vorkenntnisse über Material und Bearbeitung vorausgesetzt werden. Ein illustrierendes Video zu den Aufgaben findet sich unter dem QR-Code in Abb. 147.



Abbildung 147: QR-Code für Video

3.12.4 ARBEITSBLÄTTER




**Elektromechanische Spielerei – Einleitung**

Antriebe und Getriebe sind bestimmende Merkmale des heutigen Alltags. Meist sind sie aber in Gehäusen versteckt und wenn sie sich zeigen, dann oft in komplexer und unzugänglicher Weise. Warum verändert sich die Geschwindigkeit, wenn ich auf dem Fahrrad in einen anderen Gang schalte und wie funktioniert dies bei einem Moped, Personenwagen, einem Schiff oder Propellerflugzeug? Oder auch: Wie kann ich aus einer drehenden Bewegung eine gerade verlaufende Bewegung herstellen? Solchen und ähnlichen Fragen möchten wir auf den Grund gehen, indem wir mit einfachen Mitteln experimentieren und aus den Erkenntnissen auf unsere Umwelt zurückschliessen.

Die folgende Aufgabenserie fängt damit an, dass du zuerst einige Dinge nachbauen musst. Im Verlauf wird es dann weniger enge Vorgaben geben und du kannst freier in deinen Experimenten und Erfindungen werden. Die schriftlichen Rechercheaufträge sollen dir helfen zu erkennen, wie weit verbreitet die Prinzipien sind, die du hier entdecken kannst.

Zuerst brauchen wir aber das benötigte Material und die Werkzeuge. Schau die folgende Liste an und nimm von den Materialien nur so viel zu dir, wie in der Liste aufgeführt ist. Die Werkzeuge und Verbrauchsmaterialien teilen wir.



**Materialliste, Werkzeuge und Bezugsquellen**

- 2 Grundbreiter min. 10 x 150 x 400 mm (z.B. aus Fichtenholz, Drei-Schicht-Platte oder Sperrholz) Reste oder Baumarkt
- 1 Motor (RE 140) mit  $\varnothing 21$  mm \*\*
- 1 Motor-Seilrollen für Wellen mit  $\varnothing 2$  mm\*\*
- min. je 4 Rillenträger (Schnurlaufträger) aus Buchenholz:  $\varnothing 10$  mm,  $\varnothing 20$  mm,  $\varnothing 50$  mm und  $\varnothing 60$  mm; je mit Bohrung  $\varnothing 4$  mm\*\*
- 1 Batteriebox 4.5 V (3 x AA) mit Schalter und Kabel\*\*
- 3 Batterien AA 1.5 V
- 1 Miniatur-Kippschalter (2 x UM/an-aus-an)\*\*
- 0,5 m Gipsplatte ca. 7 x 24 mm, Reste oder Baumarkt

**Werkzeuge**

- Schraubendreher
- Stech-Ahle
- Cuttermesser
- LötKolben
- Massstab, Bleistift
- Ständerbohrmaschine
- Bohrer  $\varnothing 3.5$  mm und 22 mm
- Feil- oder Japansäge

**Verbrauchsmaterial**

(als Grosspackungen zu kaufen)

- Rundkopf-Schrauben in den Grössen: 3 x 16 mm, 3 x 20 mm, 3 x 25 mm, 3 x 30 mm \*
- Unterlagsscheiben 3,2 x 10 x 0,5 mm \*
- Zungenspatel 1,5 x 20 x 150 mm
- Maler-Abeckband, Breite 15 mm \*
- Lötzinn \*
- Litzendraht \*\*
- Gümmeli  $\varnothing$  ca. 60 mm (Migros, Coop)

\* OPO Oeschiger AG, Kloten für Schrauben und Unterlagsscheiben, Klebeband, Lötzinn  
 \*\* Optitec AG für Schnurlaufträger, Motor, Batteriebox  
 \*\*\* Farbengeschäft oder Suter-Kunststoffe AG (SCS Rührstäbe Buche, klein)

**1. Der Bau der Grundplatte**

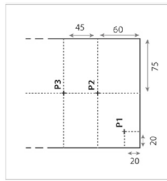
**1a. Bau der Grundplatte und Motor einfügen**

**Materiale:** Plan, Holzplatte, Massstab, Bleistift, Elektromotor, Seilröllchen, Gipserteile 2 x 150 mm

**Werkzeuge:** Ständerbohrmaschine, Bohrer ø 3,5 mm, Astlochbohrer ø 22 mm, Säge

**Zeit:** ca. 30 min

**Zyklus 2:** Bohrungen durch Lehrperson, Bohrung für Schalter entfällt



- Übertrage die Masse aus dem nebenstehenden Plan auf dein Grundbrett.
- Bohre das Loch bei Punkt P1 mit dem 22-mm-Bohrer von unten ein, so dass noch ca. 3 mm Wandstärke stehen bleiben. Bohre nun mit dem 3,5-mm-Bohrer das Zentrum durch. Halte das Holz beim Bohren gut fest und drücke es gleichzeitig sat auf die Bohrunterlage.
- Bohre bei P2 das Loch mit dem 22-mm-Bohrer ganz hindurch, drücke das Seilröllchen vorsichtig auf die Welle des Motors.
- Umwicke den Motor mit 6 Lagen Malerkllebeband
- Drücke den umwickelten Motor unter drehender Bewegung in das Loch ein, sodass zwischen Seilrolle und Oberfläche des Brettes ca. 5-10 mm Distanz vorhanden ist und der Motor klemmt.
- Säge 2 Leisten von 150 mm ab und leime diese auf der Unterseite an den Enden des Brettes fest, damit du Spielraum für Motor und Verkabelung erhältst.

**1b. Zusammenfügen des elektrischen Schaltkreises**

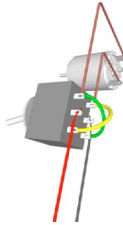
**Materiale:** Grundplatte mit Motor, Batteriehalterung, 3 x AA-Batterie, Schalter, Litzendraht

**Werkzeuge:** Lötkolben, Lötzinn

**Zeit:** ca. 10 min

**Zyklus 2:** Mit Krokodilklemmen anstatt Schalter und Löten

- Schneide dir 2 Stücke des Litzendrahtes ab, um die Kreuzverbindung beim Schalter herzustellen.
- Verzimme die Enden des Litzenkabels.
- Verlöte nun alle Drähte wie auf dem nebenstehenden Bild: Motor – Schalter – Kreuzverbindung beim Schalter – Batteriehalterung.



Achte beim Löten darauf, dass du eine Schutzunterlage (z.B. Graukarton) unterlegst und dass du dich nicht an der Lötspitze verbrennst!

Überlege dir, weshalb beim Schalter die Verkabelung so verkreuzt wird. Notiere deine Antwort.

Überprüfe deine Vermutung, indem du die Batterien einsetzt und den Schalter ausprobierst. War deine Vermutung richtig?

**2. Die ersten Versuchsanordnungen**

**2a. Befestigung des ersten Rades**

**Materiale:** Grundplatte mit Motor, Schalter und Batteriehalterung

1 x Laufrolle ø 10 mm, 2 x Unterlagsscheibe, Schraube

**Werkzeuge:** Schraubendreher



- Befestige die Laufrolle ø 10 mm bei P3 mit je einer Unterlagsscheibe unten und oben und einer Schraube so, dass der Gummi zwischen dem Laufrad und der Motorrolle gut gespannt ist, aber nicht so fest, dass die Rolle klemmt.

Welchem Zweck dienen die 2 Unterlagsscheiben?

Was passiert, wenn du den Gummi über Kreuz auf die Rollen spannst?

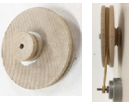
Wie gehst du zur Überprüfung deiner Vermutung vor?

**2b. Das Riemengetriebe: Zusammenhänge zwischen Kraft und Geschwindigkeit**

**Materiale:** Grundplatte mit Aufbau bis jetzt, Weissfeim

Je eine Laufrolle ø 60 mm, ø 50 mm, ø 20 mm und drei Laufrollen ø 10mm, Unterlagsscheiben, Schrauben

**Werkzeuge:** Schraubendreher



- Klebe je ein 10-mm-Laufrad auf die anderen Rollen, so dass die Löcher der Räder sich genau decken.
- Verbinde die erhaltene „Doppelrolle“ nacheinander durch einen Gummi mit dem Motor, indem du sie abwechselungsweise so wie bei 2a. beschreiben befestigst. Drehe die Doppelrolle ebenfalls um und achte was passiert. Damit der Gummi nicht aus den Führungen läuft, müssen sie möglichst auf der gleichen Höhe sein, richte hierzu den Motor aus.
- Ordne nun die verschiedenen Rollen so hintereinander an, dass eine möglichst schnelle und eine möglichst langsame Drehzahl beim letzten Rad resultiert. Vergleiche mit dem Ergebnis deiner Mitschüler/Mitschülerinnen.
- Beantworte zuerst die Frage unten, bevor du den Motor anlässt.

Wie werden sich die verschiedenen Durchmesser der Räder auf die Drehgeschwindigkeiten auswirken?

Überprüfe deine Vermutungen.

Türfel Aufgabe: Frage deine Physiklehrperson nach den Gesetzmässigkeiten hinter dem Phänomen „Übersetzung“ bei Rädergetrieben. Kann man es berechnen?

### 3. Erweiterung der Bewegungsformen

#### 3a. Das Herstellen von Spatel-Pleuelstangen

**Material:** Grundlagen bis jetzt, Zungenspatel  
**Werkzeuge:** Cuttermesser, Bohrer  $\varnothing$  3,5 mm, Klebeband

- Zeichne die Mittelachse auf den Spatel ein.
- Auf der Abbildung siehst du mehrere Varianten von Spatel als Beispiele, wie man sie für die folgenden Aufträge verwenden kann. Der mittlere Spatel ist dabei das Beispiel für die Vorgehensweise. Hierzu machst du zuerst Bohrungen am Anfang und am Ende des Schlitzes und schneidest mit dem Cuttermesser dann den Schlitz heraus. Gehe dabei so vor, dass du die Spatel mit Klebeband auf eine Unterlage klebst und mit Lineal und Cuttermesser schneidest. Ziehe den Schnitt hierfür mehrmals mit wenig Druck. Drückst du zu fest beim Schneiden, steigt die Gefahr auszurutschen und das Holz kann sich spalten.



#### 3b. Versuchsanordnungen mit dem Koppelgetriebe

**Material:** Grundlagen bis jetzt, Zungenspatel mit Schlitz, 2 Rollen  $\varnothing$  10 mm, Unterlagsscheiben, Schrauben  
**Werkzeuge:** Schraubendreher

Anstatt der Gummi als Riemen nehmen wir nun den Spatel als Pleuelstange zur Übertragung der Bewegung. Die zwei Anordnungen sehen fast gleich aus, bewegen sich aber recht verschieden. Die kleine Rolle dient hier nur als Auflage für den Ankerpunkt der Bewegung. Beim einen Beispiel ist der Spatel fest am Antriebsrad und beim anderen fest am Ankerpunkt befestigt. Die 2 kleinen Rollen dienen hier nur als Distanzhalter.

- Überlege und notiere deine Vermutung zu den Bewegungen dieser zwei Anordnungen.



- Baue alleine oder zu zweit die zwei Anordnungen wie abgebildet nach und überprüfe deine Vermutung zu den resultierenden Bewegungen.

**Tüftelaufgabe:** Stelle Versuche an, wie du beide Bewegungen gleichzeitig ablaufen lassen kannst.

### 3c. Lineare Bewegung

**Zungenspatel, 2 Leisten ca. 50 mm, 1 Leiste 20 mm,**

**Material:** Unterlagsscheiben, Schrauben

**Werkzeuge:** Schraubendreher, Bohrer  $\varnothing$  3,5 mm, Schleifpapier

Um aus der anfänglich kreisenden Bewegung eine lineare Bewegung zu erhalten, wenden wir die Schubkurbel an. Diese solltet ihr vom Aussehen her bereits kennen.

- Baue die Anordnung wie auf der Abbildung auf und teste sie. Achte darauf, dass die Hölzchen glatt sind und gut gleiten.
- Wo kommt diese Anordnung in deinem Alltag vor und wie unterscheidet sich dieses Modell in Bezug auf den Antrieb?



### 3d. Die Erzeugung einer unregelmässigen Bewegung

**Material:** Gleiche Anordnung der Grundplatte wie bei 3c.

**1 Leiste 150 mm, 1 Rolle mit  $\varnothing$  60 mm und 1 Rolle mit  $\varnothing$  10 mm, Schrauben**

**Werkzeuge:** Decouplersäge, Schleifpapier

Bei dieser Aufgabe dient die lange Leiste zum Abtasten eines unregelmässigen „Rades“. Mit dieser Anordnung kannst du Bewegungen praktisch nach deinem Wunsch programmieren. Dieses Getriebe nennt sich Kurvetriebe und gehört zu den sechs grundlegenden Arten von Getrieben.

- Nimm das Laufrad mit  $\varnothing$  60 mm und zeichne eine kurvige Form darauf ein. Schneide diese Form mit der Decouplersäge aus und doppelte mit Leim und einer 10-mm-Rolle auf.
- Damit der „Taster“, also die 150-mm-Leiste, die Form abtasten kann, muss er gegen die Form drücken. Dies erreichst du, indem du entweder die Schwerkraft nutzt oder mit einem Gummi für diesen Druck sorgst.



- Recherchiere im Internet die Anwendungsgebiete des Kurvetriebes.

**Weiterführende Tüftelaufgaben:**

- Recherchiere die Kurvelschwinge. Versuche sie nachzubauen und zu verstehen. Ihr Bewegungsablauf ist ziemlich komplex!
- Geht zu zweit oder zu dritt auf die Suche nach klangerzeugenden Materialien und inszeniert mit ihnen und euren Antrieben ein kleines Konzert.

## 4 ANHANG

### 4.1 LITERATURANGABEN

#### Kapitel 1

- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), Physik-methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Bruner, J. S. (1981). Der Akt der Entdeckung. In: Neber, H. (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. 3. Auflage, Weinheim, 15–29.
- Graube, G. (2015). Zum Verhältnis von Bildung und Technikbildung. In Graube, Gabriele / Mammes, Ingelore (Hrsg.): Gesellschaft im Wandel. Konsequenzen für natur- und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 100–113.
- Hartinger, A. & Lohrmann, K. (2011). Entdeckendes Lernen. In: Einsiedler, W.; Götz, M.; Hartinger, A.; Heinzl, F.; Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.): Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. 3. Auflage. Bad Heilbrunn, 367–371.
- Hessler, M. (2012). Kulturgeschichte der Technik. Historische Einführung. Frankfurt am Main: Campus.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht: Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 119, 4–14
- Höttecke, D. (2012). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In: Bernholt, S. (Hrsg.) Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 32–45
- Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: herausgegeben von Huber, L., Hellmer J. & Schneider, F. (Hrsg.) Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld: UniversitätsVerlagWebler, 9–35
- Hüttner, A. (2009). Technik unterrichten, Europa-Lehrmittel, Haan-Grutten
- Kahlert, J. (2011). Sachunterricht – ein vielseitiger Lernbereich. In: Einsiedler, W.; Götz, M.; Hartinger, A.; Heinzl, F.; Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.): Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. 3. Auflage. Bad Heilbrunn, 487–493.
- Labudde, Peter & Börlin, Johannes (2012). Inquiry-Based Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandards, Forschungsfeldern und PROFILES. In: Bernholt, S. (Hrsg.) Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 183–185.
- Neber, H. (2008). Entdeckung, Erfahrung und Problemlösung. In: Jürgens, E. & Standop, J. (Hrsg.) Taschenbuch Grundschule Band 3 Grundlegung von Bildung. Hohengehren, 144–153
- Sachs, B. (2001). Technikunterricht. Bedingungen und Perspektiven. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht. 26, Nr. 100, S. 5–12.
- Schlagenhauf, W. (2015). Alltagstechnik als Gegenstand des Technikunterrichts. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, 2015, H. 158, S. 5–11.
- Schmayl, W. (2013). Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- VDI (Verband Deutscher Ingenieure) (2007). Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Wolffgramm, H. (2002): Zur Konzeption eines allgemeinen Technikbildes. In: Banse, Gerhard; Meier, Torsten; Wolffgramm, Horst (Hrsg.): Technikbilder und Konzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6697. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe.

#### Kapitel 2.1

- Haider, T. (2016). Der Aufbau naturwissenschaftlicher Konzepte im Sachunterricht der Grundschule am Beispiel »Energie« (Didaktik in Forschung und Praxis). Hamburg: Verlag Dr. Kovač. Zugriff am 11.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.verlagdrkovac.de/978-3-8300-9187-5.htm>
- Kaiser, A., Lüschen, I. & Reimer, M. (2012). Erneuerbare Energien in der Grundschule 1: Band 1: Energie(sparen) – Sonnenenergie (2. Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Kaiser, A., Lüschen, I. & Reimer, M. (2011). Erneuerbare Energien in der Grundschule 2: Band 2: Wind-, Wasser-, Bioenergie (2. Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Scharp, M. (2010). Erneuerbare Energien in der schulischen und außerschulischen Bildung. In M. Komorek, V. Niesel & K. Rebmann (Hrsg.), Energiebildung für die Schule (S. 43–56). Oldenburg: Diz-Verl.
- Duit, R. (2007). Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 18 (101), 4–7.



### Kapitel 2.2

- Bertelsen, Martin; Kozok, Hartmut: Jasper schafft Platz. Lappan Verlag, 2009.
- Biester, Wolfgang: Denken über Natur und Technik. Klinkhardt, 1991. S. 43–61.
- Boisrobert, Anouck; Rigaud, Louis: POP-UP-CITY. Verlagshaus Jacoby, Berlin, 2009.
- Bruner, Jerome S: Über kognitive Entwicklung. In Studien zur kognitiven Entwicklung. Klett 1971. S. 27.
- Delalandre Benoît, 2010: Baumhaus Brücke Wasserrad. Velber Kinderbuch.
- Ellermann Schärer Kathrin, 2002: Mia liebt grosse Sachen. Verlag Sauerländer.
- Lambert, Anette; Reddeck, Petra: Brücken – Türme – Häuser. Statisch-konstruktives Bauen in der Grundschule. Materialien für den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht. Zolg, Monika; Wodzinski, Rita; Wöhrmann, Holger Hrsg. Kassel University press. 2007
- Laurens; Dufour: Traumhafte Baumhäuser. AT-Verlag 2009.
- Lehrplan 21, Fachbereichsplan NMG; Bedeutung und Zielsetzung.
- Louis Espinassous: Hütten von Kindern selbst gebaut. Ökobuch 2009.
- Maar, Paul + Anna, 1998: Die Biberburgenbaumeister. Verlag.
- Möller Anne: Nester bauen, Höhlen knabbern. Atlantis Thema, 2008.
- online: <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-259-8.volltext.frei.pdf>
- Stiles, Davis: Kleine Baumhäuser und Hütten. Kinderleicht gebaut. Ökobuch, 2003.
- Was ist Was- Reihe: Brücken und Tunnel. Band 91, Tessloff Verlag.
- Wenning, Andreas: Baumhäuser, Neue Architektur in den Bäumen. Dom Publishers, 2012.

### Kapitel 2.3

- Arn, Walter: Türme und Windräder. Kant. Lehrmittelverlag St. Gallen, 2004
- Delalandre Benoît: Baumhaus, Brücke, Wasserrad. 50 Projekte mit Holz und Schnur. Velber Kinderbuch, Christophorus Verlag, 2010.
- Espinassous, Louis: Hütten von Kindern selbst gebaut. Ökobuch Verlag, 2011.
- <https://www.youtube.com/watch?v=X2um-QjRYuo>
- Kalberer, Marcel: Das BambusBauBuch. Spielen, Gestalten und konstruieren mit Bambus. AT Verlag, 2007.
- Köthe, Rainer: Was ist Was, Band 091: Brücken und Tunnel. Band 91, Tessloff Verlag, 2006
- Lambert, Anette; Reddeck, Petra: Brücken – Türme – Häuser. Statisch-konstruktives Bauen in der Grundschule. Materialien für den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht. Zolg, Monika; Wodzinski, Rita; Wöhrmann, Holger (Hrsg). Kassel University press. 2007
- Lehrplan 21, Fachbereichsplan NMG, Didaktische Hinweise, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen.
- Maar, Paul & Anna, 1998: Die Biberburgenbaumeister. Verlag Ellermann 1998
- Möller, Kornelia: Projekt »Brücken – und was sie so stabil macht«
- online: <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-259-8.volltext.frei.pdf>
- Stiles, David: Kleine Baumhäuser und Hütten. Kinderleicht gebaut. Ökobuch Verlag, 2012
- Vainia, Pirkko: Wir bauen eine Haus – Turm – Brücke. Nord-Süd Verlag, 1997

### Kapitel 2.4

- [https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/\\_estriche/terrazzo-1313987](https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/_estriche/terrazzo-1313987) (1.2.2018).
- <http://www.zeit.de/1985/31/terrazzo-aus-der-steinzeit> (1.2.2018).
- [www.lehrplan.ch](http://www.lehrplan.ch) (1.2.2018).
- Federica Valsangiacomo, Dagmar Wadorski, Christine Künzli David (2014): Bildungstheoretische Überlegungen zu fächerübergreifendem Unterricht – Systematik transversalen Unterrichtens, in: Zeitschrift für die Didaktik der Gesellschaftswissenschaften 1 (5), S. 21–39.
- Wadorski, D., Künzli David, C., Valsangiacomo, F. (2014). Bildungstheoretisch begründete Konzeption fächerübergreifenden Lehrens und Lernens. In C. Schier & E. Schwinger (Hrsg.), Interdisziplinarität und Transdisziplinarität als Herausforderung akademischer Bildung. Innovative Konzepte für die Lehre an Hochschule und Universitäten (S. 303–318). Bielefeld: transcript Verlag.
- Terrazzo unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Terrazzo> (1.3.2018).
- <http://materialarchiv.ch/app-tablet/#detail/1479/terrazzo-kalkgebunden> (1.3.2018).
- <http://www.zeit.de/1985/31/terrazzo-aus-der-steinzeit> (1.2.2018).
- R. Bellettati, P.-A. Schwarz, Zur Baugeschichte der Badeanlage auf dem Windischer Sporn. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 2009 (2010), S. 43–95.
- Christian Mathis: Historische Orientierungskompetenz am Beispiel der Neolithisierung aufbauen und fördern, in: Andrea Becher, Eva Gläser, Berit Pleitner (Hrsg.): Die historische Perspektive konkret. Begleitband 2 zum Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2016, S. 112–125.
- Markus Kübler (2010): Frühes Historisches Denken bei 4- bis 10-jährigen Kindern in der deutsch-, italienisch- und romanischsprachigen Schweiz – ein Werkstattbericht, unter: [http://www.historischesdenken.ch/assets/files/historisches\\_denken\\_GDSU\\_2010.pdf](http://www.historischesdenken.ch/assets/files/historisches_denken_GDSU_2010.pdf) (1.3.2018).
- Natalie Wey (2011): Auf dem Boden. Zementfliesen und Terrazzo in Miethäusern um 1900, in: NIKE-Bulletin, 1-2, S. 44–47, unter: [https://www.nike-kulturerbe.ch/fileadmin/user\\_upload/Bulletin/2011/01/PDF/Boden\\_1-2\\_2011.pdf](https://www.nike-kulturerbe.ch/fileadmin/user_upload/Bulletin/2011/01/PDF/Boden_1-2_2011.pdf) (1.3.2018).

### Kapitel 2.5

- Prinsley, R., & Baranyai, K. (2015). STEM Skills in the Workforce: What do Employers Want? Occasional Paper Series, March 2015(9). Verfügbar unter: [http://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/OPS09\\_02Mar2015\\_Web.pdf](http://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/OPS09_02Mar2015_Web.pdf).
- Hobbs, L., Jakab, C., Millar, V., Prain, V., Redman, C., Speldewinde., Tytler, R., & van Driel, J. (2017). *Girls' Future – Our Future. The Invergowrie Foundation STEM Report*. Melbourne: Invergowrie Foundation.
- Master, A., Cheryan, S., Moscatelli, A., Meltzoff, A. (2017) Programming experience promotes higher STEM motivation among first-grade girls, *Journal of Experimental Child Psychology*, 160, 92–106.

### Kapitel 3.1

- Busch, R. (2011). *Elektrotechnik und Elektronik für Maschinenbauer und Verfahrenstechniker*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- D-EDK (2017). Lehrplan 21. Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. <http://v-ef.lehrplan.ch/>. zuletzt eingesehen am 19.06.2017
- Graube, G. & Mammes, I. (2016). Forschen und Entwickeln als integrativer Lernbereich der Allgemeinbildung- eine Bildungsoffensive. In: Gabriele Graube & Ingelore Mammes (Hrsg.). *Gesellschaft im Wandel. Konsequenzen für natur- und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- <http://deskfactory.de/verstaerkerschaltung-mit-transistor>, zuletzt eingesehen am 03.02.2018.
- Krech, D. et al. (1985). *Grundlagen der Psychologie 4*. Weinheim: Beltz.
- Lindemann, H. (2006). *Konstruktivismus und Pädagogik*. München: Ernst Reinhard Verlag

### Kapitel 3.2

- Busch, R. (2011). *Elektrotechnik und Elektronik für Maschinenbauer und Verfahrenstechniker*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- D-EDK (2017). Lehrplan 21. Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. <http://v-ef.lehrplan.ch/>. zuletzt eingesehen am 19.06.2017
- Grob, R. & Labudde, P. (2015). Methoden für die formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen. In: Bernholt, Sascha (Hg.). *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP). Jahrestagung in Bremen 2014. Bd. 35. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN). S. 381–383.
- Kuratle, R. (2015). *Kompetenzorientiert fördern und beurteilen*. Basel: Erziehungsdepartement des Kantons Basel-Stadt
- Ruiz-Primo, M.A. & Furtak, E.M (2006a). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of research in science Teaching*. 44 (1), p. 57–84.
- Ruiz-Primo, M.A., Furtak, E.M (2006 b). Informal formative assessment and scientific inquiry: exploring teachers' practices and student learning. *Educational Assessment* 11 (3& 4), 205–235.

### Kapitel 3.3

- C. Becker in Stuber, Thomas u. a.: *Technik und Design*, S. 271
- Firma Geobruigg AG, Industriestrasse 21, 5200 Brugg
- Firma Suter-KunststoffeAG, Aefligenstrasse 3, 3312 Fraubrunnen
- Fluidic Muscle; vom menschlichen Muskel zum pneumatischen Antrieb, <https://www.festo.com/group/de/cms/10248.htm>, (letzter Zugriff 10.11.17)
- <https://www.nzz.ch/wissenschaft/technik/textilbetonals-baustoff:StoffstattStahl>, Artikel vom 15.09.17
- Rubin: *Werkstoffe, Wissenschaft, Medizintechnik*, Sonderheft 11,2011, S.46–49
- Stuber, Thomas u. a.: *Technik und Design*, S. 185 / S. 191 / S. 192
- Tec21, *Schweizerische Bauzeitung, Stoff und Raum II*, Nr. 45, S. 22–27

### Kapitel 3.4

- <https://www.derbund.ch/wissen/technik/PhysikNobelpreis-fuer-die-Erfindung-blauer-LED/story/21920847>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0201111.htm>

**Kapitel 3.5**

- Ametsbichler, J., Eckert-Kalthoff, B. (2010): Handbuch für die Unterrichtsgestaltung in der Grundschule. Auflage: 5. Auer Verlag in AAP Lehrerfachverlag. Augsburg.
- Beck, E., Guldemann, T. (1996). Eigenständig lernen. Uvk-Verlag. Tübingen.
- Brockhaus der Naturwissenschaften und Technik, S. 330
- Diekmann, A. (2001). Umweltsoziologie: Eine Einführung. Rowohlt Taschenbuch Verlag. Reinbek.
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Lampe>; letzter Zugriff 06.2017
- <http://www.planet-wissen.de/technik/energie/elektrizitaet/> letzter Zugriff 06.2017
- Hüttner, A. (2011). Technik unterrichten, Seite 159 und 166, Haan-Gruiten.
- Lueger, O. (2005). Lexikon der gesamten Technik, Seite 4575 und 16337, Berlin.
- Sullivan, L.H. (1896). The tall office building artistic considered; Lippincott's Magazine.

**Kapitel 3.10**

- Anderson, D. & Zhang, Z. (2003). Teacher perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor Studies Today*, 6 (3), 6–11.
- D-EDK. (2016). Lehrplan 21. In Deutschschweizer-Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.), <http://v-ef.lehrplan.ch/>. Verfügbar unter: <http://v-ef.lehrplan.ch>
- Hildebrandt, T. (2009). Ausserschulische Lernorte im Geographieunterricht: Ausstellungen als Orte der Wissensvermittlung? Hamburg: Diplomatica.
- Klaes, E. (2008). Ausserschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Perspektive der Lehrkraft. Berlin: Logos.
- Meyer, V., Oertli, L. & Koch, A. F. (2016). Überzeugungen von Lehrpersonen zur Nützlichkeit auserschulischer Lernorte für naturwissenschaftliches Lernen. In A.F. Koch, I. Felchlin & P. Labudde (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung fördern: Indikatoren und Zusammenhänge bei Entwicklungsprozessen in SWiSE*. (S. 117–132). Bern: Haupt.
- Schinkel, E. (2017). *Schiffshebewerke in Deutschland Ship Lifts in Germany*. (LWL-Industriemuseum, Hrsg.). Klartext Verlag.

**Kapitel 3.11**

- Baier, A. & Hägni E. in: *Fachdidaktik in Kunst und Design*, Hrsg: Nicole Berner, Christine Rieder, Lehren und Lernen mit Portfolios, Haupt 2017, S. 130
- Heufler, Gerhard: *DESIGN BASICS*. Verlag Niggli AG, Sulgen (Hg.): 4 überarbeitete Auflage, 2012
- Lehrplan 21, Fachbereichslehrplan, Gestalten, Didaktische Hinweise Textiles und Technisches Gestalten, S. 8
- Lehrplan 21, Fachbereichslehrplan, Gestalten, Didaktische Hinweise Textiles und Technisches Gestalten, S. 9
- Stuber, Thomas u. a.: *Technik und Design, Grundlagen; Designprozess*, Hep Verlag, S. 174

**Kapitel 3.12**

- Birri, Oberli und Rieder in: *Fachdidaktik Technisches Gestalten*, Schaub 2003, S. 90
- W. Bienhaus: in Thomas Stuber u. a.: *Technik und Design, Grundlagen*, Hep 2016, *Mechanik und Transport* S. 433
- Winfried Schmayl in: Thomas Stuber u. a.: *Technik und Design, Grundlagen*, Hep 2016, S. 20

## 4.2 ABBILDUNGSNACHWEIS

### Kapitel 2.1

- Abbildung 1–17: Franziska Detken
- Abbildungen in den Arbeitsblättern: Franziska Detken

### Kapitel 2.2

- Abbildung 18–33: Fraenzi Neuhaus

### Kapitel 2.3

- Abbildung 34–49: Fraenzi Neuhaus
- Abbildungen 44–47 sind in der Ausbildung von Lehrpersonen entstanden.

### Kapitel 2.4

- Abbildung 50, 51, 53, 57, 58, 62: C. Mathis
- Abbildung 52: K. Studer AG in Frick / Schweiz
- Abbildung 54, 55, 56, 61, 63: R. Hergert
- Abbildung 59: aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Terrazzo#/media/File:Herculaneum\\_Terrazzo.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Terrazzo#/media/File:Herculaneum_Terrazzo.jpg) (1.3.2018)
- Abbildung 60: aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Terrazzo#/media/File:Terrazzo-normal.jpg> (1.3.2018).

### Kapitel 2.5

- Abbildung 64–68: Seamus Delaney
- Abbildung im Arbeitsblatt »Roboter auf dem Mars Teil 1«: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA04413> (image link) bzw. <https://es.wikipedia.org/wiki/Spirit>
- Abbildung im Arbeitsblatt »Roboter auf dem Mars Teil 2«: Seamus Delaney
- Abbildung im Lösungsblatt Teil 1: Seamus Delaney
- Abbildung im Lösungsblatt Teil 2: Seamus Delaney

### Kapitel 3.1

- Abbildung 69, 70, 72, 73, 75: Manuel Haselhofer
- Abbildung 71: Wikipedia unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor#/media/File:Transistor\\_animation.gif](https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor#/media/File:Transistor_animation.gif)
- Abbildung 74: Graube, G. & Mammes, I. (2016)
- Abbildungen in den Arbeitsblättern: Manuel Haselhofer

### Kapitel 3.2

- Abbildung 76–79: Joachim Zimmermann
- Abbildung 80: Ruiz-Primo, M.A. & Furtak, E.M (2006 a). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of research in science Teaching*. 44 (1), 57–84.
- Abbildungen in den Arbeitsblättern: Joachim Zimmermann Transistor aus Abbildungen in den Arbeitsblättern: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TO-92,\\_BC548\\_\(front,\\_shaded\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TO-92,_BC548_(front,_shaded).svg) und [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:BJT\\_NPN\\_symbol.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:BJT_NPN_symbol.svg) (Zugriff: 15.5.2018).

### Kapitel 3.3

- Abbildungen in den Arbeitsblättern: Annalies Baier / Ernest Hägni

### Kapitel 3.4

- Abbildung 81: [http://www.bosy-online.de/Schall/hoerbarer\\_Schall-Infraschall-Ultraschall.jpg](http://www.bosy-online.de/Schall/hoerbarer_Schall-Infraschall-Ultraschall.jpg)
- Abbildung 82–105: Pete Bürgy

### Kapitel 3.5

- Abbildung 106–109, 111: Stefan Kruse
- Abbildung 110: <http://der-autotester.de/wp-content/uploads/2015/02/Audi-TT-Matrix-LED-Scheinwerfer-1024x320.jpg> (Zugriff: 12.6.2018).
- Bilder in den Arbeitsblättern: Stefan Kruse

### Kapitel 3.6

- Abbildung 112–125: Andreas Stettler
- Bilder in den Arbeitsblättern: Andreas Stettler

### Kapitel 3.7

- Abbildung 126–128, 130: Rolf Beck
- Abbildung 129: [praxisbuch.pglu.ch](http://praxisbuch.pglu.ch)
- Bilder in den Arbeitsblättern: Rolf Beck

### Kapitel 3.8

- Abbildung 131: [www.schoki-welt.de](http://www.schoki-welt.de)
- Bilder in den Arbeitsblättern: Beni Sidler

### Kapitel 3.9

- Abbildung 132–144: Jürg Keller

### Kapitel 3.10

- Abbildung 145, 146: Alexander Koch

### Kapitel 3.11

- Bilder in den Arbeitsblättern: Ernest Hägni / Beni Sidler

### Kapitel 3.12

- Bilder in den Arbeitsblättern: Ernest Hägni / Beni Sidler

## 4.3 ZU DEN AUTOREN

**Annalies Baier,**

Dozentin für Design & Technik an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Muttenz.

**Joanne Blannin,**

Digital Learning Leader at the University of Melbourne,  
Graduate School of Education, Australien.

**Rolf Beck,**

Lehrer für Werken an der Schule Baden und PGLU.CH  
Prozessgesteuerte Lernumgebungen, Wettingen.

**Pete Patrick Bürgy,**

Lehrer für Technisches Gestalten an der Volksschule,  
Campus Muristalden, Bern.

**Seamus Delaney,**

Lecturer of Science Education, Faculty of Arts and Education,  
at Deakin University, Melbourne, Australien.

**Franziska Detken,**

Dozentin für Didaktik Natur, Mensch, Gesellschaft / NMG,  
Pädagogische Hochschule Zürich.

**Karin Güdel,**

Dozentin an der Professur für Naturwissenschaftsdidaktik und  
ihre Disziplinen an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Muttenz.

**Ernest Hägni,**

Dozent für Fachdidaktik und Fachwissenschaft Design & Technik  
an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Muttenz.

**Manuel Haselhofer,**

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Naturwissenschafts-  
und Technikdidaktik der Pädagogischen Hochschule FHNW, Muttenz.

**Rolf Hergert,**

Dozent für Fachwissenschaft und Fachdidaktik Technische Gestaltung,  
Professur für Ästhetische Bildung an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Windisch.

**Jürg Keller,**

Leiter des MAS Automation Management und Professor im Master of Science  
in Engineering MSE an der Hochschule für Technik FHNW, Windisch.

**Stefan Kruse,**

Akademischer Oberrat für Technikdidaktik  
an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd.

**Alexander Koch,**

Postdoctoral Researcher at the School of Information Science & Learning Technologies SISLT,  
University of Missouri, Columbia, USA.

**Christian Mathis,**

Professor für Didaktik der Geschichte an der Pädagogischen Hochschule Zürich.

**Fraenzi Neuhaus,**

Dozentin an der Professur Didaktik des Sachunterrichts  
an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Solothurn.

**Christine Redman,**

Senior Lecturer for Science, Technology and ICT Education and  
Research at The University of Melbourne, Graduate School of Education, Australien.

**Beni Sidler,**

Dozent für Fachdidaktik Design & Technik  
an der Pädagogischen Hochschule FHNW, Windisch.

**Andreas Stettler,**

Dozent für Technisches Gestalten an der Pädagogischen Hochschule Bern.

**Duncan Symons,**

Lecturer in Science and Mathematics Education  
at The University of Melbourne, Graduate School of Education, Australien.

**Joachim Zimmermann,**

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Naturwissenschafts- und Technikdidaktik (ZNTD)  
der Pädagogischen Hochschule FHNW, Muttenz.

## 4.4 DIE HERAUSGEBER

### DR. STEFAN KRUSE

arbeitet als Akademischer Oberrat an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd. Der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen und fachdidaktischen Lehrtätigkeit liegt im Bereich Technik in Grund-, Haupt- und Realschulen sowie im Studiengang Ingenieurspädagogik. Im MINT-Bereich setzt er sich mit der Konzeptionierung von Integrationsmöglichkeiten des Faches Technik am Gymnasium und Technik mit Hochbegabten sowie mit neuen digitalen Lehr- und Lernformen in der allgemeinen Technischen Bildung auseinander. Ausserdem ist

Stefan Kruse als Geschäftsführer der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) und Mitglied des Center of Excellence for Technology Education (CETE) tätig. Er ist Beirat der Zeitschrift MINT-Zirkel und fungiert in der Jury der Baden-Württemberg-Stiftung.

Dr. Stefan Kruse war Leiter des Schwerpunktes Technische Bildung an der Fachhochschule Nordwestschweiz im Zentrum für Naturwissenschaften- und Technikdidaktik.

### DR. CHRISTIAN MATHIS

ist seit 2017 Professor für Didaktik der Geschichte an der Pädagogischen Hochschule Zürich, Schweiz. Davor war er Dozent und ab 2013 Professor für Didaktik des Sachunterrichts an der Pädagogischen Hochschule FHNW. Seine Hauptlehrtätigkeit liegt im Bereich Na-

tur, Mensch, Gesellschaft / NMG. Neben seinem Forschungsschwerpunkt zur historischen Lehr-/Lernforschung engagiert er sich immer wieder in interdisziplinären und fächerverbindenden Entwicklungs- und Lehrprojekten zu Natur und Technik auf Primar- und Kindergartenstufe.