



Martin Binder, Christian Wiesmüller (Hrsg.)  
Tobias Wiemer (Open Access)

## Technikunterricht – konkret

24. Tagung der DGBT in Reutlingen  
23.–24. September 2022

Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V.

Band 24

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Die DGTB dankt der Hochschule Reutlingen  
für die Förderung der Tagung

1. Auflage 2023

ISBN 978-3-947868-04-9

© Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V.

1. Vorsitzender Prof. Dr. Christian Wiesmüller  
Pädagogische Hochschule Karlsruhe. Institut für Physik und Technische Bildung,  
Abteilung Technische Bildung. Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung von Text oder Bildern  
sowie die Verbreitung über elektronische Medien, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung der DGTB.

Oldenburg, 2023

University of Oldenburg Press  
Postfach 5641  
26046 Oldenburg  
E-Mail: [uolp@uni-oldenburg.de](mailto:uolp@uni-oldenburg.de)  
Internet: [www.uol.de/bis/uolp](http://www.uol.de/bis/uolp)  
Satz/Layout: BIS-Druckzentrum (Dörte Sellmann)



ISBN 978-3-8142-2415-2

# Inhalt

Vorwort der Herausgeber	4
<i>Christian Wiesmüller und Martin Binder</i> Einführung in den Band	6
<b>Teil 1 – Lehrkonzepte technischer Bildung</b>	
<i>Dirk Schade</i> Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht	16
<i>Andreas Stettler</i> Offenheit der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichtes im Technischen Gestalten	44
<i>Marietta Campbell und Isabelle Penning</i> Sprachsensible Fahrradreparatur	57
<i>Marcus Brändle</i> Leistungsfach Naturwissenschaft und Technik (NwT)	80
<i>Markus Reiser, Martin Binder und Holger Weitzel</i> „startlearnING“ und die Ambivalenz eines domänenübergreifenden Unterrichtsangebots	102
<i>Engelbert Fuchtmann</i> Technikangst als Bildungselement im Technikunterricht	119
<i>Matthias Schönbeck</i> Technik ohne Ästhetik? Irritationen & Perspektiven	125

## **Teil 2 – Der Einfluss von Medien auf Technikunterricht**

*Tobias Wiemer*

Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen 145

*Volker Torgau*

Vom Schaltplan zur Platine 163

*Martin Binder*

Schiff oder Schwimmkörper? 173

*Sascha Müller und Stefan Kruse*

Entwicklung eines Augmented Reality-Lernspiels für die Nachhaltigkeitsbildung mit Schwerpunkt Mikroplastik 202

*Jan Landherr und Dani Hamade*

Das Thema Robotik am Beispiel des Dobots 209

*Matthias Schönbeck und Christian Hulsch*

Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium 228

## **Teil 3 – Auszeichnung schulischer Lernorte und Initiativen**

*Thomas Rajh*

Das Gesamtwerk von Burkhard Sachs 240

*Christian Wiesmüller*

Auszeichnung von Lernorten Technischer Bildung 245

Autorinnen und Autoren 248

Die DGTB stellt sich vor 250

## **Vorwort der Herausgeber**

Liebe Leserin, lieber Leser,

Technikunterricht – konkret

Über kein Thema der letzten Jahre waren wir uns im Vorstand so schnell einig, es zum Gegenstand der Tagung zu machen.

Warum? Die DGTB hat sich auf den vorausgegangenen Jahren mit vielen Klärungen in systematischer Absicht befasst, und es waren die letzten Tagungen dem Brückenschlag in die Gesellschaft hinein gewidmet – dem gesellschaftlichen Dialog.

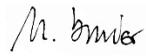
Das war und ist einerseits wichtig, wird wichtig bleiben. Aber: Wir haben auch festgestellt, dass Theoretisierungen und Diskurse eben nur die eine Seite der Medaille sind. Sie können, um es in einem Bilde zu sagen: in der Luft hängen bleiben. So ist unser Anliegen dieses Mal: Das Konkrete, das Tatsächliche des praktizierten Technikunterrichts mehr wahrzunehmen und es zur Sprache zu bringen, es in den Mittelpunkt zu stellen, es zu würdigen. Übrigens ein Grundprinzip geisteswissenschaftlicher Pädagogik ist diese Beobachtung und Achtung der Praxis, und die besten Vertreter der Pädagogik waren sich immer dessen bewusst, nur Fingerzeige und Anregungen in die Praxis hin-eingeben zu können – so unverzichtbar auch die Theorie ist.

Wir sind glücklich über die vielen Einreichungen zu den verschiedensten Themen. Unser Programm für die zwei Tage zeigt viele unterrichtspraktische Realisierungen und Möglichkeiten auf. Und es enthält auf Fachpraxis bezogene theoretische Überlegungen. Es ist ja das Spannende und Befruchtende, das Aufeinander beziehen von Praxis und Theorie.

Wir wünschen Erkenntnisse und Gewinn bei der Lektüre!

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping horizontal strokes followed by a small vertical tick at the end.

Christian Wiesmüller

A handwritten signature in black ink, starting with a large 'M.' followed by the name 'Binder' in a cursive script.

Martin Binder

Christian Wiesmüller und Martin Binder

## **Einführung in den Band**

Dem Chatbot GPT wird zugetraut, auch unser Bildungssystem zu verändern. Also haben wir ‚ihn‘ gefragt, wie Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen konkret ‚aussieht‘. Er antwortet:

„Der Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland ist sehr unterschiedlich und variiert von Bundesland zu Bundesland. In der Regel ist der Technikunterricht ein Pflichtfach in den Klassen 5 bis 10, manchmal auch bis zur 12. Klasse. Der Unterricht umfasst in der Regel sowohl theoretische als auch praktische Aspekte und befasst sich mit den Grundlagen verschiedener technischer Disziplinen wie Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik und Materialwissenschaften.

Die praktischen Aspekte des Technikunterrichts können sehr unterschiedlich sein, abhängig von den verfügbaren Ressourcen und der Lehrerausbildung. Einige Schulen haben spezielle Technikräume, in denen Schülerinnen und Schüler mit Werkzeugen und Maschinen arbeiten können, um beispielsweise einfache Konstruktionen und elektronische Schaltungen zu bauen. Andere Schulen haben weniger Ressourcen und der praktische Unterricht beschränkt sich eher auf Simulationen und Experimente im Klassenzimmer.

In den letzten Jahren hat sich der Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland verändert, um den aktuellen Anforderungen an Technologie und Innovation gerecht zu werden. Einige Schulen setzen verstärkt auf digitale Kompetenzen und Programmieren, während andere den Fokus auf Nachhaltigkeit und ökologische Aspekte legen. Insgesamt ist der Technikunterricht ein wichtiger Bestandteil der Bildung in Deutschland, da er dazu beiträgt, das Verständnis für Technologie und ihre Auswirkungen

auf die Gesellschaft zu fördern und die Schülerinnen und Schüler auf Berufe in technischen Bereichen vorzubereiten.“

Wenn man die automatisch generierte Antwort mit den Beiträgen der Tagung abgleicht, zeigen sich inhaltliche Übereinstimmungen: Berichte aus einzelnen Bundesländern (und der Schweiz), das Gymnasium als noch exotischer Ort Technischer Bildung, das Verhältnis von Theorie und Praxis, der Einfluss der sächlichen Ausstattung auf den Technikunterricht, Auswirkungen des Unterrichts auf die Gesellschaft. Allerdings weist der Output des Textroboters Lücken auf. So gibt es Technikunterricht auch in der Grundschule und leider ist er im Sekundarbereich kein Pflichtfach, auch nicht „in der Regel“. Seine Inhalte werden anders bestimmt als über Disziplinen technischer Hochschulen. Und dass der Einsatz von Simulationen und Experimenten wirtschaftlicher Not folgt oder digitale Kompetenzen und Programmieren ein Gegenkonzept zu BNE wären, zeigt das Fehlen des Verständnisses dieser besonderen Bildungssache.

Die Befürchtung, dass Bots in absehbarer Zeit unsere Tagungen überflüssig machen, wie es bei Hausaufgaben und Seminararbeiten diskutiert wird, müssen wir nicht haben. Unserer Ansicht nach sind Bots Rekurrermaschinen. Sie können nur auf das zurückgreifen, was andere gedacht, empfunden, formuliert haben. Eine wissenschaftliche Tagung ist unter anderem deshalb so wichtig, weil neue, zu Konzepten ausgearbeitete Gedanken zugänglich gemacht und einem fachkundigen Publikum zur Diskussion gestellt werden. Textroboter werden u. a. nach dem Prinzip des next token programmiert: Sätze werden von links nach rechts aufgebaut. Ausgehend von einer Eingabe wird die im Datenfundus am häufigsten vorkommende nächste Eingabe eingesetzt (vgl. Bavarian, Mohammad; Jun, Heewoo; Tezak, Nikolas; Schulman, John; McLeavey, Christine; Tworek, Jerry; Chen, Mark (2022): Efficient Training of Language Models to Fill in the Middle. URL: <https://arxiv.org/pdf/2207.14255.pdf>, Abruf: 21.02.2023). Das folgende Wort bzw. die Folgephrase resultiert also aus ihrer statistischen Häufigkeit, nicht aus dem Sinn. Den interpretieren dann die Leserin und der Leser hinein – vielleicht haben Sie ja auch wie wir zunächst die Passage, dass sich Technikunterricht „verändert, um den aktuellen Anforderungen an Technologie und Innovation gerecht zu werden“, ohne zu

stolpern akzeptiert. Bei genauem Lesen ist das eine hohle Phrase, erschreckend nur deshalb, weil der Bot sie ja irgendwo aufgeschnappt hat. Das Konzept der Textroboter-Algorithmen würde letztendlich zu einer opportunistischen Tagung führen, weil nur noch das gesagt würde, was bereits an anderer Stelle geschrieben wurde und von dem gleichzeitig die Bot-Entwickler erwarten, dass wir sie am wahrscheinlichsten erwarten.

Setzen wir anders an, um uns dem Thema „Technikunterricht – konkret“ anzunähern. Von welchem Unterricht ist dabei die Rede: auf einer Tagung mit Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Österreich, der Schweiz und Deutschland (mit seinen 16 Bundesländern), für die das Schulfach, in dem Technikunterricht stattfindet, auch Werken, technisches oder textiles Gestalten oder Werken, Arbeitslehre oder Sachunterricht heißen kann? Sind das, unabhängig von der Bezeichnung, vielleicht doch dieselben Fächer, oder wird gerade im Konkreten sichtbar, wie verschieden sie sind? Welche Rolle spielt es, ob Technikunterricht an Grund-, Volks-, Primar-, Gesamt-, Sonder-, Sekundar-, Kantons-, Haupt-, Real-, Stadtteilschulen oder am Gymnasium stattfindet? Und wie lässt sich das Konkrete auf einer Tagung sichtbar machen, wenn es nicht im Raum ist? Die Antwort auf all die Fragen liegt auf der Hand: Das sind alles keine Hinderungsgründe, sondern machen das Tagungsthema so interessant.

Der Begriff „konkret“ meint: gegenständlich, wirklich, anschaulich, und auf einer zweiten Ebene: sachlich, bestimmt, genau. Ein Blick auf die Begriffsgeschichte ergibt ein vielschichtiges Bild:

„konkret Adj. ‚gegenständlich, sinnlich wahrnehmbar, anschaulich‘. Im 18. Jh. wird aus der lat. philosophischen Terminologie lat. *concrētus* ‚zusammengewachsen, verdichtet, dicht, gegenständlich‘ entlehnt, Part. Perf. von lat. *concrēscere* ‚zusammenwachsen, sich verdichten, gerinnen, verhärten‘, das sich in der mittelalterlichen Philosophie (seit 12. Jh.) zum Gegenwort von *abstractus* [...] entwickelt hat. – Konkretum n. in der Sprachwissenschaft ‚Substantiv mit sinnlich wahrnehmbarem Inhalt‘ (Ende 18. Jh.), zuvor als Ausdruck der Logik (Gegensatz Abstraktum) entlehnt aus mlat. *concretum* ‚etw. Gewachsenes, Gegenständliches, sinnlich Wahrnehmbares, tatsächlich Existierendes‘, dem substantivierten Neutrum von lat. *concrētus* (s. oben). konkretisieren Vb. ‚konkret, gegenständlich

machen, veranschaulichen, verdeutlichen, genau darstellen, im einzelnen ausführen‘ (Tschamler, Herbert (1996): Wissenschaftstheorie. Eine Einführung für Pädagogen. 3. Aufl. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Zitierte Begriffe: S. 103 f.)

### **Welche Konnotationen können Beiträge zu unserem Thema bereichern?**

- Sinnlich wahrnehmbar: Was ist an Technikunterricht wahrnehmbar? Wie kann man es beschreiben? Und was davon hilft, den Lernprozess zu verstehen?
- Tatsächlich Existierendes: Was prägt Technikunterricht unterhalb der Sichtstruktur – in der Tiefe?
- Zusammengewachsen und verdichtet: Die Einflüsse auf Unterricht sind vielfältig und unvorhersehbar. Was verdichtet sich alles im tatsächlichen Unterricht?
- Gerinnen und Verhärten: Welches Fluidum gerinnt hier aus? Was an dem Verhärten ist beabsichtigt und was nachteilig? Wie gelingt es, dass Unterricht seine Form nicht zufällig erhält, sondern im intendierten Sinn?
- Konkretum vs. Abstraktum: Zu einem Abstraktum gelangt man, wenn Unwichtiges weggelassen wird, sodass das Wesentliche übrig bleibt. Der Kern dieses Konzeptes ist, dass das, was derart herausgeschält wird, eine Eigenschaft des betrachteten Objektes ist; sein Wesen wird darin erkennbar. Mehr als von marginaler Bedeutung ist aber die abstrahierende Person. Sie hat eine Vorstellung des Konkreten, die bereits modellhaft ist. Sie verfolgt Intentionen bei ihrer Abstraktion, sie bewertet und entscheidet. Bei Aussagen über Technikunterricht sollte daher auch darüber nachgedacht werden, was weggelassen wurde, um Wesentliches isolieren zu können.
- Veranschaulichen und Verdeutlichen: Wie hilft die Perspektive unserer Referentinnen und Referenten, Technikunterricht besser verstehen, planen, durchführen, bewerten und kommunizieren zu können?

Der Vorstand der DGTB hat Beiträge aus unterschiedlichen Bildungsbereichen, mit spezifischen Absichten und Fragestellungen eingeworben und erhalten. Besonders wichtig war uns die Perspektive von Lehrerinnen und Lehrern. Dass unsere Tagungen im wissenschaftlichen Kontext stehen, mag von ihnen als Hürde empfunden werden: Wer aus der Praxis berichtet, kann ‚nur‘ eine individuelle Sicht auf einen Einzelfall darstellen, genügt das? Immerhin wird von einer wissenschaftlichen Tagung erwartet, dass nicht nur Einzelfall an Einzelfall gereiht wird. Auf der anderen Seite ist der Gegenstand jeder Fachdidaktik das Lehren und Lernen in konkreten Situationen. Es ist ihre Aufgabe, an Einzelfällen Grundsätzliches und Verallgemeinerbares herauszuarbeiten; Theorie und Praxis aufeinander zu beziehen.

Es lohnt sich beim Thema dieser Tagung besonders, die Perspektive zu berücksichtigen, aus der ein Beitrag verfasst ist: Wer beschreibt welchen Sachverhalt Technischer Bildung? In welchem Kontext geschieht das und mit welchen Intentionen? Es ist anders einzuordnen, wenn Lehrerinnen und Lehrer aus ihrem Unterricht berichten, als wenn Forschung über Unterricht berichtet – obwohl beide denselben Betrachtungsgegenstand haben. Welche Interessensgruppen könnten Relevantes über Technikunterricht berichten?

Schülerinnen und Schüler sind in gewisser Weise Unterrichtsprofis, weil sie jeden Arbeitstag im Unterricht lernen. Ihnen fehlt vermutlich aber am stärksten die distanzierende Sicht, das Vermögen, Verallgemeinerbares an konkreten Einzelbeispielen herauszuarbeiten. Trotzdem wäre ein Vortrag einer Schülergruppe über ihre Sicht auf Technikunterricht sehr interessant gewesen.

Lehrerinnen und Lehrer können eigenen Unterricht und den ihres Kollegiums aus der Innenansicht ihrer Schule beschreiben. Ob sie Beispiele für gelungenen Unterricht vorstellen, Gründe für partielles Scheitern aufzeigen oder Verbesserungen anbieten: Das alles wäre für das Verständnis von Unterricht wertvoll. Und sie können der Forschung zurückmelden, was an ihren Modellen hilfreich ist und was für die Praxis noch fehlt.

Forscherinnen und Forscher können sich auf unterschiedliche Weise mit Technikunterricht auseinandersetzen. Tschamler benennt drei Aufgaben pädagogischer Forschung. Erstens hat sie die „pädagogischen Felder“ zu

beschreiben und zu interpretieren sowie die Theorien und Modelle, die diese Felder fundieren und die pädagogisches Handeln leiten sollen, zu analysieren. Zweitens hat sie neue Modelle auf der Grundlage von Theorien zu entwerfen, um Weiterentwicklungen anzustoßen. Das Neue besteht nicht in Erkenntnissen über den „Wirklichkeitsbereich“ Unterricht, sondern in der Erweiterung seines „Möglichkeitshorizontes“, so Tschamler. Und drittens hat sie die Wissenschaft ihres Feldes und ihrer Zeit immer wieder theoretisch-reflexiv zu begründen.

Dem Thema „Technikunterricht – konkret“ steht die erste Aufgabe pädagogischer Forschung am nächsten: Unterricht unter bestimmten Interessen und Fragestellungen zu beschreiben, zu interpretieren sowie Modelle dieses Unterrichts darzustellen und kritisch zu beleuchten. Vom wissenschaftstheoretischen Ansatz sind dafür phänomenologisch-hermeneutische und empirisch-analytische Herangehensweisen besonders naheliegend.

Eine vierte Interessensgruppe hat zum Thema der Tagung ein besonderes Recht auf Aufmerksamkeit: die Fachleute aus der ‚zweiten Phase‘ der Lehrerbildung. Sie sehen viel und vielfältigen Unterricht von verschiedenen Lehrerpersönlichkeiten in verschiedenen Schulkulturen. Sie müssen am Ende den Technikunterricht einer Junglehrerin bzw. eines Junglehrers bewerten. Um das leisten zu können, müssen sie in der Lage sein, Unterricht so zu beschreiben, dass intersubjektiv-überzeugende Kondensate entstehen.

Welche Beiträge zu konkretem Technikunterricht sind nun in diesem Band versammelt?

### **Die Beiträge im Überblick**

Im ersten Teil des Bandes stehen verschiedene Lehrkonzepte Technischer Bildung im Mittelpunkt:

- Dirk Schade stellt am Beispiel einer Konstruktionsaufgabe dar, wie Schülerinnen und Schüler in seinem Unterricht technische Problemlöseverfahren einüben. Gut erkennbar werden Reflexionen und Optimierungsprozesse, die als Erfahrungsgrundlage für das Verständnis industrieller Prozesse dienen können. Durch seine Tätigkeiten in der zweiten

Phase der Lehrerbildung und in Fortbildungen hat er den angesprochenen vielfältigen und tiefen Einblick in Unterricht.

- Andreas Stettler fasst zentrale Ergebnisse seiner Studie zu Wirkungen der Faktoren Offenheit und Strukturiertheit bei Aufgabenstellungen im Technischen Gestalten der Schweiz zusammen. Ohne, dass er anderen Formen von Unterricht ihre Wirksamkeit abspricht, lenkt er den Blick besonders auf Unterricht mit offenen Aufgaben in klarer Strukturierung.
- Marietta Campbell und Isabelle Penning geben einen Überblick über Forschungen zu „sprachsensiblen“ Fachunterricht. Sie zeigen, wie das Verstehen von Sachzusammenhängen und genaues Sprechen zusammenhängen. Sie schildern das Beispiel einer Reparatur am Fahrrad, bei dem Studierende trainiert werden, in besonderem Maße auf die Versprachlichung von Gedanken und Konzepten zu achten. Bildungserfolg, so betonen sie, ist wesentlich von sprachlichen Kompetenzen abhängig.
- Marcus Brändle berichtet über den neu an Baden-Württembergs Gymnasien eingeführten Fächerverbund „Naturwissenschaft und Technik“. Er skizziert Zielsetzungen und die technischen Fachinhalte, lässt aber auch die Probleme nicht aus, die das Einführen Technischer Bildung am allgemeinbildenden Gymnasium mit sich brachte.
- Markus Reiser (in Kooperation mit Martin Binder und Holger Weitzel) beschreibt die Entwicklung einer Konzeption für domänenübergreifenden, problemorientierten Unterricht. Dazu wurden Aufgabenstellungen entwickelt, bei deren Bewältigung die Lernenden einen strukturellen Zusammenhang erkennen: dass sowohl in der belebten Natur als auch in der menschlichen Technik ein direkter Zusammenhang zwischen Funktionen und Form(gebung)en besteht.
- Der Beitrag durchlief vor der Tagung das Begutachtungsverfahren der DGTB nach dem Doppelblind-Standard. Den beiden Gutachtern sei an dieser Stelle für ihre Arbeit herzlich gedankt! Der Text ist daher mit dem Label |PeerTec| gekennzeichnet.
- Engelbert Fuchtmann berichtet von Studien, die zeigen, wie oft Technikängste von Unkenntnis genährt werden. Lernen Kinder und Jugend-

liche Sorgfalt und Verantwortungsbewusstsein in der eigenen technischen Arbeit, so Fuchtmanns Überzeugung, entwickeln sie auch ein Bewusstsein dafür, wie zuverlässig gut gemachte Technik funktioniert. Seine Kernaussage: Technikängste sind ein Zeichen mangelnder technischer Allgemeinbildung.

- Matthias Schönbeck lotet die emotionale Dimension von Technik aus. Er beschreibt einen Ansatz im Lehramtsstudium, bei dem Studierende Produkte des Bauhauses in ihren technischen und ästhetischen Zusammenhängen erfassen und daraus Unterrichtsmedien entwickeln.

Ein zweiter Teil von Beiträgen widmet sich dem Einfluss von Medien auf konkreten Technikunterricht:

- Tobias Wiemer schließt eine Lücke im Wissen über die Rahmenbedingungen des Technikunterrichts in Niedersachsen. In seiner Befragung wurde ermittelt, wie viele und welche Arten Technikfachräume es dort gibt, auf welche Schularten sie verteilt und wie sie, in verschiedenen Lernbereichen, ausgestattet sind. Interessant sind auch die Daten dazu, in welchen Bereichen die Fachräume weiterentwickelt werden sollen.
- Volker Torgau stellt eine Unterrichtseinheit vor, in der von einfachen elektrotechnischen Lösungen bis hin zu einer Sensorschaltung ein Lernprozess mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gestaltet werden kann. Seine sehr klaren, informativen Grafiken helfen auch Lehrpersonen, die bislang wenig Erfahrung im elektronischen Bereich haben.
- Da nur wenige Grundschullehrkräfte den Schwerpunkt Technik studiert haben, sind sie bei technischen Themen in besonderem Maße auf gute Unterrichtsmedien angewiesen. Martin Binder analysiert Medien für den Sachunterricht zum Thema Schiffe. Er beleuchtet die Modellbildungen, die darin angelegt sind und kommt zum Befund, dass in keinem der Medien finale Zusammenhänge erkennbar werden. „Hands on ohne Mind on“, lautet sein Fazit.
- Sascha Müller und Stefan Kruse entwickeln ein Lernspiel zum Thema Mikroplastik, das auf Augmented Reality-Technik aufbaut. Sie beschreiben die Entwicklung ihres als Spiel und als Lernanlass funktionierenden Mediums.

- Ein Medium, mit dem die Thematik „Robotik“ in Niedersachsen in den Horizont von Schülerinnen und Schülern gebracht wird, beschreiben Jan Landherr und Dani Hamade. Sie spiegeln sein Lernpotential mit den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern über Roboter und leiten daraus Bereiche für eine lernende Auseinandersetzung ab.
- Matthias Schönbeck und Christian Hulsch schildern, wie sie an der TU Chemnitz daran arbeiten, dass die zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer sowohl die Theorie als auch die Praxis von Technik beherrschen. Dazu müssen sie immer wieder wechseln: vom Seminarraum in die Werkstatt und wieder zurück.

Im dritten Teil des Bandes werden Lebenswerke gewürdigt und ausgezeichnet:

- Thomas Rajh stellt die Bedeutung des Werkes von Burkhard Sachs dar. Anlass ist die 2021 erschienene Ausgabe seiner Schriften in drei Bänden, herausgegeben von zwei Mitgliedern der DGTB: Martin Binder und Christian Wiesmüller.
- Und Christian Wiesmüller laudatiert die beiden in Reutlingen ausgezeichneten, herausragenden Lernorte Technischer Bildung: die „technikcamps“ der Universität Koblenz-Landau und die Initiative „zdi:NRW“. Sie werden von kompetenten und engagierten Teams getragen. Eng mit ihnen verbunden sind in beiden Fällen zwei langjährige, als Person und wegen ihres unermüdlichen Einsatzes für eine allgemeine Technische Bildung sehr geschätzte Mitglieder der DGTB: Martin Fislake bei den technikcamps und Klaus Trimborn bei zdi.NRW.

# Lehrkonzepte technischer Bildung **1**

Dirk Schade

## **Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht**

– dargestellt am Beispiel einer Konstruktionsaufgabe

Beim Konstruieren werden neuartige Lösungen für konkrete technische Problemstellungen gefunden. Konstruieren fördert technische Kreativität, das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Praxis und Theorie und die Fähigkeit zur Entwicklung und Darstellung technischer Probleme und Lösungen.

Im vergangenen Schuljahr haben die Schülerinnen und Schülern im Technikunterricht meiner neunten Klasse Handyladestationen konstruiert und gefertigt. In meinem Beitrag möchte ich den Verlauf dieses Unterrichtsvorhabens darstellen und dabei den inhaltlichen Schwerpunkt auf die angewandten Problemlösungsverfahren richten, in denen sich technische Kreativität zeigt.

### **1 Die Wahl der Handyladestation als Zugangsthema**

Welche Zielsetzungen motivieren mich dazu, mich für eine Konstruktionsaufgabe zu entscheiden und hierfür ein geeignetes Zugangsthema auszuwählen? Die technischen Sachverhalte, die im Unterricht herausgearbeitet werden sollen, müssen von der Lehrerin bzw. dem Lehrer festgelegt werden. Auf diese inhaltlichen Setzungen hin ist die Eignung eines Gegenstands als Zugangsthema zu überprüfen. Nach Sachs muss eine thematische Einheit an den Interessen und Möglichkeiten der Schülerinnen und Schüler ansetzen und hierbei die institutionellen Bedingungen der Schule berücksichtigen (Sachs 1985, S. 107–111). Die technikkdidaktischen und pädagogischen

## Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht

Überzeugungen der Lehrerinnen und Lehrer und die Möglichkeiten, die an der konkreten Schule gegeben sind, sind weitere Bedingungen.

Das Mobiltelefon ist ein ständiger, wichtiger Lebensbegleiter der Jugendlichen und eine Ladestation wäre hierzu ein nützliches Zubehör. Demzufolge liegt das Zugangsthema im Erfahrungsbereich meiner Schülerinnen und Schüler. Da die Jugendlichen Handys unterschiedlicher Arten, Formen und Größen besitzen und dabei individuelle Wünsche und Vorstellungen mit dem Artefakt „Handyladestation“ verbinden, bietet sich die Wahl der Konstruktionsaufgabe als technisches Unterrichtsverfahren unbedingt an.

Darüber hinaus passen die dabei angewendeten und zu vertiefenden Fachinhalte zu unserem schulinternen Fachcurriculum (welche eine Konkretisierung der Fachanforderungen Technik des Landes Schleswig-Holstein darstellen) des neunten Jahrgangs, da die Schülerinnen und Schüler dabei Lerninhalte der Kunststoffbearbeitung und der Elektrotechnik/Elektronik anwenden und vertiefen. Das folgende Schema zeigt die Bedingungen, Ziele und Einflüsse für bzw. auf die Wahl des Zugangsthemas.

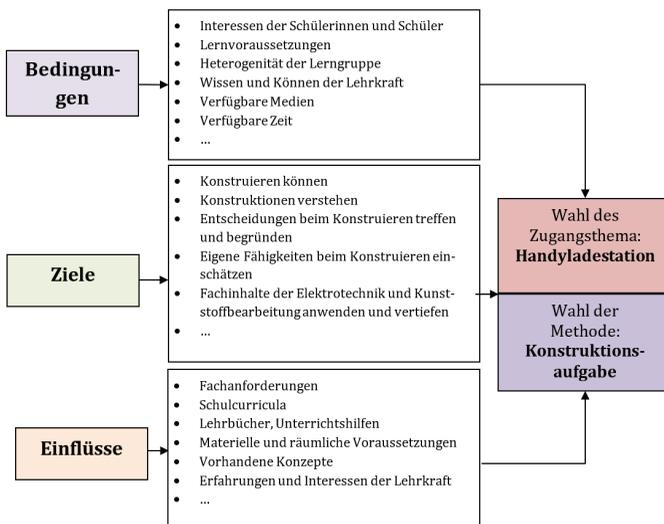


Abbildung 1

Planungsschema des Unterrichtsverfahrens und des Zugangsthemas

## 2 Die Lernphasen der Konstruktionsaufgabe

Ingenieure orientieren sich in der Produktentwicklung an verschiedenen, aber sich ähnelnden Ablaufschemata der Konstruktion, deren Konzepte grundsätzlich an der VDI-Richtlinie 2221 ausgerichtet sind. Diese Richtlinie strukturiert die Konstruktion grob in folgende vier Phasen:

1. Planen	2. Konzipieren	3. Entwerfen	4. Ausarbeiten
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe präzisieren</li> <li>- Lastenheft und Pflichtenheft ausarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung von Funktionen und Strukturen</li> <li>- Lösungsprinzipien suchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grobgestaltung</li> <li>- Gliederung in einzelne Module</li> <li>- Synthese zum Gesamtentwurf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausarbeitung der Fertigungsunterlagen</li> <li>- evtl. Musterbau</li> </ul>

Abbildung 2

Die Phasen der Konstruktion nach VDI

Wie dieses, für industrielle Aufgaben entwickelte, ingenieurwissenschaftliche Modell die planerische Arbeit für allgemeinbildenden Technikunterricht nicht festlegen, aber orientieren kann, beschreibt Sachs: „Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die einzelnen Phasen des Konstruktionsprozesses Grundlage der konstruktiven Tätigkeit der Schüler sein müssen, auch wenn sie nur qualitativ und im zeitlichen Nacheinander nicht immer klar unterschieden werden können“ (Sachs & Fies 1977, S. 52). Ich habe mich bei meiner Konstruktionsaufgabe ebenfalls an den vier Phasen orientiert und sie um eine 5. Phase ergänzt, die ich „Anfertigen und Auswerten“ nenne. In dieser Phase steht die individuelle Fertigung eines Prototyps des Handyladegerätes im Mittelpunkt.

In der industriellen Konstruktion beweist oder widerlegt der Prototyp als funktionstüchtiges erstes Produkt oder als vereinfachtes Modell die Realisierbarkeit einer möglichen Fertigung. Im schulischen Kontext planen wir in der Regel keine anschließende Mehrfachfertigung. Der Prototyp, meist als Realobjekt gefertigt, zeigt als Arbeitsergebnis den mehr oder weniger erfolgreichen Problemlösungsprozess. Abschließend werten wir die Aufgabe aus, bewerten die Arbeitsergebnisse und verallgemeinern die im Konstruktionsprozess gewonnenen Erkenntnisse. Dieser letzten Aufgabe messen Wilkening und Schmayl große Bedeutung bei: „Ebenso wichtig ist die

abschließende Auswertungsphase mit der Übung des Transfers, in der die am Einzelbeispiel gewonnenen Einsichten und Erkenntnisse genutzt werden, um das Verständnis vergleichbarer Systeme anzubahnen“ (Schmayl & Wilkening 1995, S. 151).

### 3 Verfahren und Hilfsmittel zur Problemlösung

Beim Konstruieren werden vielfältige technische Probleme gelöst. Pahl und Beitz schreiben in „Konstruktionslehre“, dem Standardwerk der industriellen Konstruktion, dass sich ein Problem dadurch auszeichnet, einen unerwünschten Ausgangszustand in einen erwünschten Endzustand umzuwandeln. Im Gegensatz zu einer alltäglichen Aufgabe sind die Mittel, um die dabei auftretenden Hindernisse zu überwinden, zu Beginn weitestgehend unbekannt (Pahl & Beitz 2007, S. 59–61).

Damit Schülerinnen und Schüler bei ihrer Konstruktionsaufgabe technische Probleme lösen, muss die Lehrkraft die gestellte Aufgabe im Zusammenspiel mit dem gewählten Zugangsthema so ausarbeiten, dass die Lernenden diese Aufgabe zu ihrem individuellen Problem machen. Um intrinsische Motivation zu entwickeln, müssen die dabei auftretenden Hindernisse herausfordernd, aber überwindbar sein. Das ist nicht nur altes pädagogisches Wissen, sondern auch nach aktueller neuronaler Forschung eine wesentliche Bedingung für erfolgreiches Lernen (Herrmann 2020, S. 16).

In Laufe des Problemlösungsprozesses muss es bei den Lernenden „klick“ machen. Als Lehrkraft kann ich den Schülern das Überwinden der Hindernisse nicht abnehmen, den Problemlösungsvorgang aber durch die Vermittlung und Anwendung von Verfahren und Hilfsmitteln unterstützen.

Pahl und Beitz beschreiben, dass für die Lösung technischer Probleme sowohl Kenntnisse und Intelligenz als auch Kreativität notwendig sind. Ein „guter Problemlöser“ geht einerseits zielgerichtet vor, prüft und analysiert Fakten und Relationen (diskursives Denken); nutzt aber andererseits auch Einfälle, Assoziationen und plötzliche Erkenntnisse (intuitives Denken) (Pahl & Beitz 2007, S. 61–79). Davon ableitend stellt Pahl neben konventionellen Methoden und „TRIZ“ (s. Abb. 3) sowohl diskursiv als auch intuitiv betonte Methoden zur Problemlösung vor (zu synthetischen Verfahren s. Reiser et al. in diesem Band).

Konventionelle Methoden	TRIZ	Diskursiv betonte Methoden	Intuitiv betonte Methoden
Kollektionsverfahren Analyse natürlicher Systeme Analyse bekannter technischer Systeme Analogiebetrachtungen Messungen und Modellversuche	Theorie des erfindnerischen Problemlösens nach Altschuller	Systematische Untersuchungen Kataloge Ordnungsschemata Morphologischer Kasten Lösungsstammbaum	Brainstorming 635-Methode Galeriemethode Delphi-Methode Synthetik

Abbildung 3

Verfahren und Hilfsmittel nach Pahl/Beitz „Konstruktionslehre“

Auf der Suche nach geeigneten Lösungsstrategien habe ich einige der vorgestellten Verfahren und Hilfsmittel für die schulische Anwendung adaptiert und angewendet. Darüber hinaus fand ich in der didaktischen Literatur im Buch „Baukästen im Technikunterricht“ von Sachs und Fries spezielle Problemlösungsverfahren für den schulisch-technischen Kontext.

### 3.1 Fachliche Schwerpunkte der Konstruktionsaufgabe

Im Gegensatz zur Industrie unterscheiden wir Konstruktionsaufgaben aus didaktischer Sicht nicht nach ihren fachlichen Aspekten. Trotzdem wird sich die konstruktive Unterstützung der Lehrkraft auch an fachlichen Schwerpunkten orientieren. Das Entwerfen geeigneter Formen bedarf anderer Hilfsmittel als das Entwickeln elektronischer Schaltungen oder die Suche nach funktionierenden mechanischen Lösungen. Im Beispiel der Handyladestation liegen die Schwerpunkte in der Entwicklung einer geeigneten Formgebung für die sichere Lagerung des Handys und einer funktionierenden elektronischen Schaltung für den Ladevorgang.

### 3.2 Individualität der Lernenden

Meine Schülerinnen und Schüler sind nicht nur hinsichtlich ihrer individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten heterogen. Sie unterscheiden sich auch

## Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht

darin, auf welche Art und Weise sie Informationen aufnehmen, verarbeiten und wiedergeben.

Diese Präferenzen sind in verschiedenen Lernstiltheorien beschrieben worden. In Bezug auf die technische Bildung finde ich die Ausführungen des Psychologen David A. Kolb, der das Lernen als ständig fortschreitenden Prozess aufgrund von Erfahrungen beschreibt und dadurch seinen Prozesscharakter betont, besonders hilfreich. Die Integration des Lernstoffes in bereits vorhandene Erfahrungen geschieht in Abhängigkeit von persönlichen Präferenzen eher abstrakt oder eher konkret (Kolb 1984, S. 232–255). Die Abbildung zeigt das Modell von Kolb, ergänzt durch meinen Versuch, seine Lernstile technikspezifisch zu beschreiben. Auf der vertikalen Achse werden oben die praktischen Erfahrungen (über die Sinne aufgenommen) abgetragen. Als Gegenpol finden wir unten das abstrakte, analytische Begreifen. „Es gibt also zwei Extreme, praktische Erfahrungen und abstraktes Begreifen, zwischen denen ein Individuum eingestuft wird. Auf der horizontalen Achse stehen sich die Extreme gedankliche Beobachtung und aktives Probieren gegenüber. Hierdurch wird ausgedrückt, wie die gewonnenen Erfahrungen verarbeitet werden“ (Neuerburg 2007, S. 29).

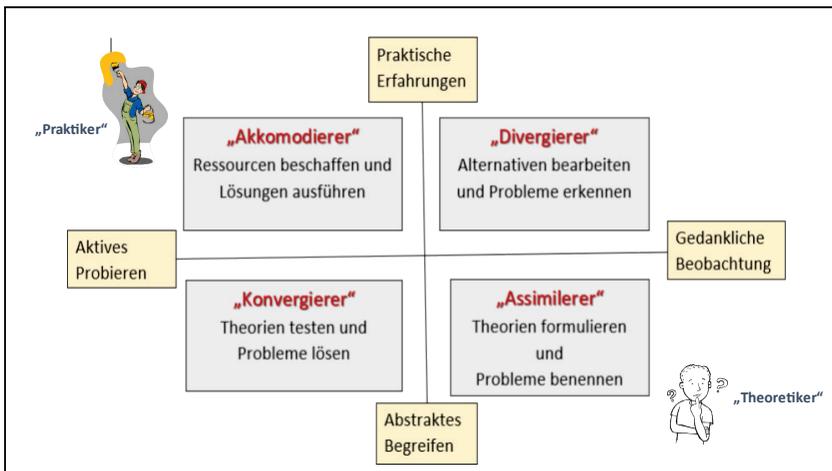


Abbildung 4

Lernstile nach Pahl/Beitz, ergänzt mit meiner technischen Interpretation

Diese Präferenzen zeigen sich auch im Umgang mit technischen Kontexten, beispielsweise bei der Montage eines in Einzelteilen gekauften Gerätes. Während die einen strikt nach Bauanleitung montieren, beginnen andere sofort mit der Praxis und nutzen diese nur bei auftretenden Problemen. Dritte wiederum bevorzugen als Hilfe Tutorials. Bei der Auswahl geeigneter Problemlösungsverfahren habe ich mich darauf konzentriert, dass sowohl Hilfsmittel für ein zügiges praktisches Probieren von Lösungsansätzen als auch Verfahren für eine fundiertere kognitive Betrachtung des Problems gleichberechtigt zur Auswahl standen.

### 3.3 Die Wahl der Sozialform

Bei der Wahl der Verfahren und Hilfsmittel muss nicht zuletzt die Form und der Grad der Zusammenarbeit bei der Problemlösung berücksichtigt werden. Aufgrund der Vielfalt der Handys streben die Schülerinnen und Schüler individuelle Lösungen an. Demzufolge habe ich die Einzelarbeit als Sozialform gewählt, wobei aber natürlich eine inhaltliche Zusammenarbeit erwünscht und gefördert wurde.

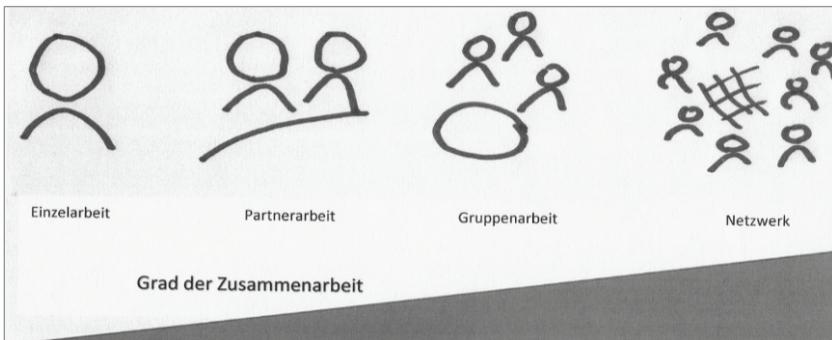


Abbildung 5  
Möglichkeiten der Zusammenarbeit

## 4 Das Planen: Die Konstruktion beginnt

Zu Projektbeginn habe ich das Unterrichtsvorhaben vorgestellt und mich bei den Schülerinnen und Schülern vergewissert, dass es auf Resonanz stößt. Die Entscheidung für die sich anschließende Konkretisierung der

**Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht**

Aufgabe ähnelt der Formulierung eines Produktvorschlags in der industriellen Konstruktion, in deren Anschluss eine Anforderungsliste erarbeitet wird. Diese dient „[...] der systematischen Zusammenstellung der wichtigsten Anforderungen an das neue Produkt und ist daher eine der wichtigsten Arbeitsschritte im methodischen Konstruieren“ (Hahne 2019, S. 13). Es wird dabei unterschieden nach unabdingbar einzuhaltenden Forderungen und nach möglichst zu erfüllenden Wünschen.

Im schulischen Kontext steht an dieser Stelle eine vergleichbare Phase an, in der die Konstruktionsaufgabe an sich („Konstruiere eine Handyladestation.“), die Rahmenbedingungen der Aufgabe und die Bewertungskriterien formuliert werden. Hierbei bilden die gestellten Zielsetzungen, das angestrebte Arbeitsergebnis, die Interessen und Wünsche der Schülerinnen und Schüler und die schulischen Bedingungen ein Spannungsfeld. Es ist deshalb wichtig, zunächst die Konstruktionsbedingungen klar festzulegen. Dadurch werden auch die Freiheiten der Lösungssuche festgelegt. Viele bzw. enge Vorgaben für Lösungsansätze (z. B. für bestimmte Werkstoffe und Fertigungsverfahren) führen zu einer geschlossenen, wenig Lösungsvorgaben zu einer offenen Situation. „Je nach Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und Anforderungsniveau der Aufgabe kann der Freiheitsgrad und damit der Anteil selbstständiger Lösungssuche eingeschränkt oder ausgeweitet werden. Dies eröffnet Möglichkeiten der inneren Differenzierung“ (Stuber 2018, S. 202). Ein hoher Freiheitsgrad kann die Aufgabe aber beliebiger machen und im Verlauf des Lösungsprozesses zu Missverständnissen führen. Ein engerer Rahmen schränkt einerseits die technische Kreativität ein, schafft aber andererseits Verbindlichkeit und eine größere Sicherheit für die Realisierung der Ziele.

Wichtige Rahmenbedingungen in meinem Unterrichtsbeispiel waren die Wahl von Acrylglas als Hauptwerkstoff, die Orientierung auf zwei bis drei Nebenfunktionen des Artefakts und die Festlegung eines verbindlichen Zeitrahmens.

Nachdem die Konstruktionsbedingungen formuliert sind, werden gemeinsam die Bewertungskriterien für die Arbeitsergebnisse aufgestellt. Sachs schreibt dazu: „Die Gesichtspunkte, nach denen das Produkt später beurteilt wird, sollten bereits mit der Aufgabenstellung bzw. Problemanalyse

benannt oder mit den Schülern erarbeitet werden und als ‚Pflichtenheft‘ für den Planungs- und Realisierungsprozess ständig präsent sein. Nur wenn die Schüler vorher wissen, wonach ihre Arbeiten beurteilt werden, können sie ihre Bemühungen daran ausrichten“ (Sachs 1985, S. 5). Diese Kriterien haben wir auf wesentliche Punkte wie Funktionalität, sichere Lagerung des Handys, Standsicherheit, Kompaktheit, Materialverbrauch und Verarbeitungsqualität konzentriert. Eine ansprechende Formgebung ist ein relevantes Kriterium, welches bei einer Kaufentscheidung an vorderster Stelle stehen würde. Da deren objektive Bewertung im Unterricht aber kaum realisierbar ist, wurde dieser Aspekt nicht aufgenommen.

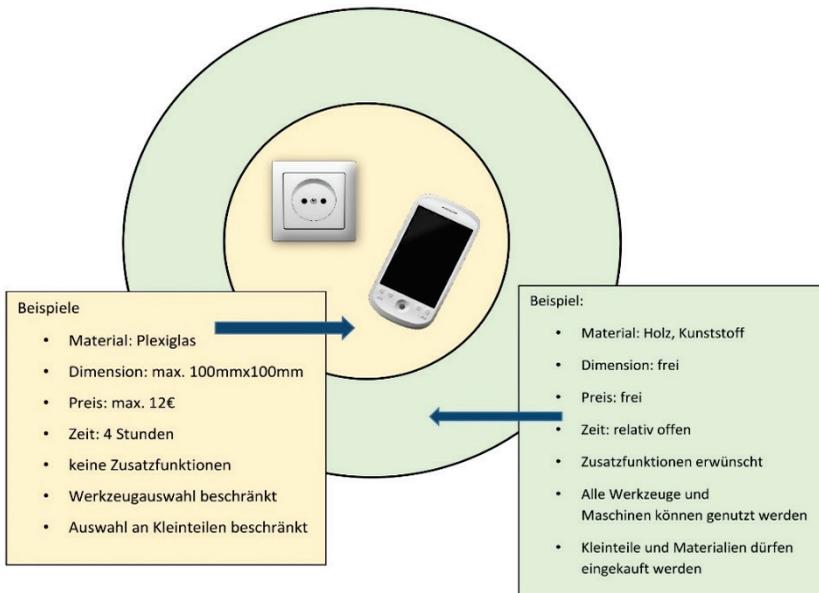


Abbildung 6

Gegenüberstellung von engen und weiten Konstruktionsbedingungen

#### 4.1 Die Aufgabe zu einem individuellen Problem machen

Die Lernenden haben nun die Möglichkeit, die Aufgabe individuell nach ihren Bedürfnissen und persönlichen Zielen auszugestalten. Leider setzen sich einige Schüler aus Respekt vor der Aufgabe, Angst vor einer negativen

Bewertung bei Nichtrealisierung oder auch pragmatischer Bequemlichkeit recht enge Grenzen. Damit aber aus der gestellten Aufgabe eine persönliche Problemstellung wird, versuche ich, diese Lernenden zu motivieren, sich individuell relativ anspruchsvolle Ziele zu setzen.

## 4.2 Verfahren und Hilfsmittel des Planens

Mit Hilfe des Brainstormings (s. Abb. 7) habe ich versucht, die Beweglichkeit des Denkens zu fördern, Blockaden für herausfordernde Ziele zu beseitigen und auch das Interesse an der späteren Nutzung einer individuell gefertigten Handyladestation zu wecken. Beim Brainstorming äußern die Schülerinnen und Schüler spontan alle Gedanken, die ihnen zu einem genannten Problem einfallen. Die Äußerungen werden nicht kommentiert oder bewertet, können aber gruppiert und weitergesponnen werden.

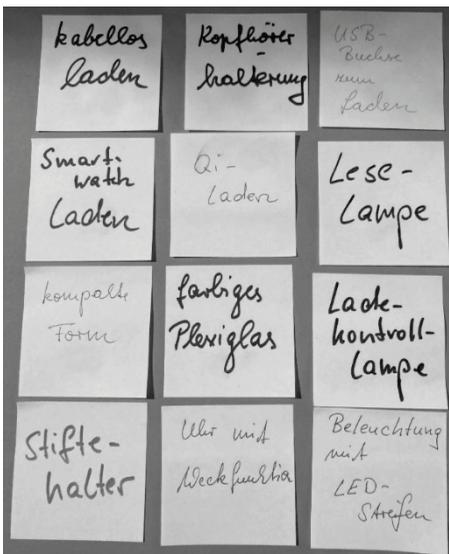
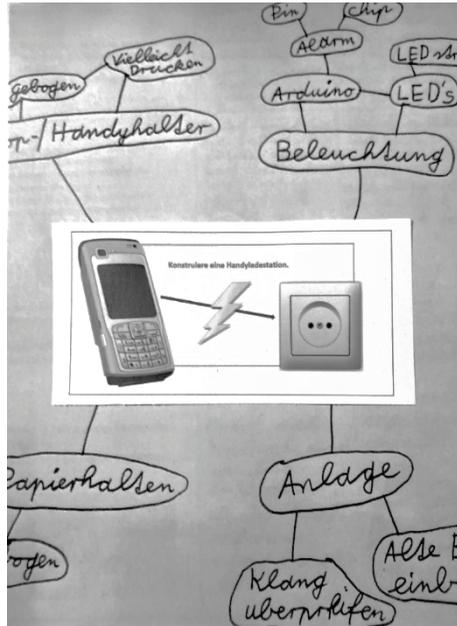


Abbildung 7  
Ergebnisse des Brainstormings

Da es sich bei dieser Konstruktion um eine Einzelarbeit handelt, nehmen die Lernenden anschließend ihre individuellen Anregungen aus dem Brainstorming auf und strukturieren sie mit der Mindmap-Methode.

Hier sind die Gruppierungen erkennbar – eine Funktion, mit der dieses Verfahren über das Brainstorming hinausführt.

Abbildung 8  
Ergebnis der Mindmap



### 4.3 Alternative: die 6-3-5- Methode

Bei arbeitsteiligen Konstruktionsaufgaben ist das Brainwriting nach der 6-3-5-Methode für die Planungsphase eine interessante Alternative zum Brainstorming (s. Abb. 9). Eine Gruppe von (im Idealfall 6) Schülern setzt sich zusammen. Jede Person notiert 3 Ideen auf einem Blatt Papier. Danach werden die Blätter in Uhrzeigerrichtung weitergereicht und die notierten Ideen weiterentwickelt. Nach 5 Minuten wird der Vorgang beendet.

## Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht

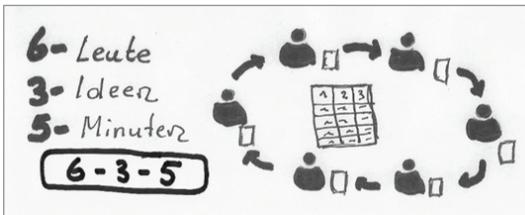


Abbildung 9  
Die 6-3-5 Methode

Bei dieser Methode werden alle Schüler gleichermaßen aktiv und die Ideen werden nicht nur geäußert, sondern auch dokumentiert und weitergesponnen. Die Lehrkraft muss nicht moderieren und beeinflusst den Vorgang nicht.

### 4.4 Das Spinnennetz

Zur sich anschließenden Visualisierung des geplanten individuellen Arbeitsergebnisses arbeite ich mit dem „Spinnennetz“ (s. Abb. 10). Die Lernenden tragen die anzustrebenden Merkmale ihrer Handyladestation in das Diagramm ein und gewichten diese hinsichtlich ihrer für sie individuellen Bedeutsamkeit. Die durch die Verbindung der Punkte entstandene Fläche kennzeichnet die eigenen Bewertungen. Die Größe der Fläche ist ein Hinweis für das Anspruchsniveau der gestellten Ziele.

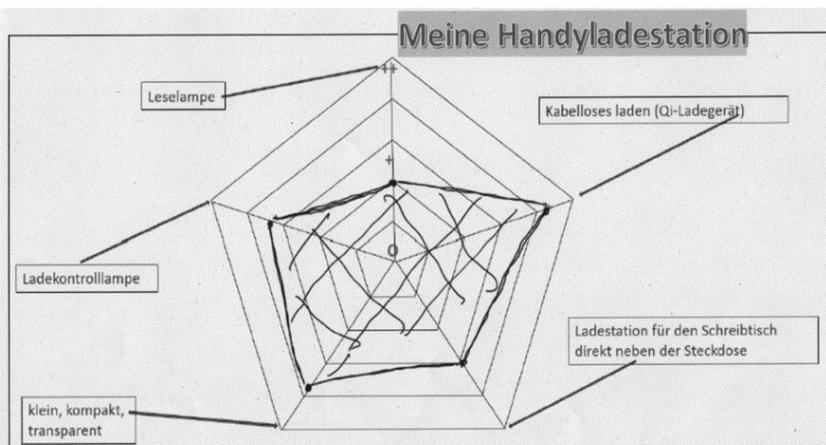


Abbildung 10  
Das Spinnennetz

In der späteren Präsentation der Prototypen ist diese Grafik eine gute Orientierung, um die erreichten Ergebnisse mit den gestellten Zielen zu vergleichen.

Abschließend habe ich die individuell gesetzten Ziele mit den Lernenden auf ihrer Realisierbarkeit überprüft. Die Planungsphase ist mit der Formulierung der Anforderungen an das individuelle Arbeitsergebnis abgeschlossen. Nur in begründeten Fällen sollte es im Verlaufe der Konstruktion noch einmal angepasst werden.

## **5 Das Konzipieren – Die Crunch-Time der Konstruktion**

Die didaktischen Konzepte von Konstruktionsaufgaben haben eine Gemeinsamkeit: Sie betonen die Bedeutung der Konzeptionsphase, bei der es um das Suchen und Festlegen prinzipieller Lösungen geht. Hier bewegen wir uns auf einer Gratwanderung, da die Lernenden nicht wie Ingenieure alles im Voraus bedenken können und wir ihnen deshalb ein gewisses Ausprobieren zugestehen müssen. Andererseits sollten wir Methoden des systematischen Konzipierens und Entwerfens nicht nur vermitteln, sondern deren Anwendung auch einfordern. Die Phasen Konzipieren und Entwerfen lassen sich im schulischen Kontext nicht eindeutig voneinander abgrenzen, sie bilden gemeinsam den individuellen Erfindungsprozess. Trotzdem ist es wichtig, dass die Lernenden zunächst prinzipielle Festlegungen (Konzipieren) treffen, bevor sie an deren Ausgestaltung (Entwerfen) arbeiten. Um diesen Prozess unterstützend zu begleiten, sollte das methodische Vorgehen in Anpassung an fachliche Inhalte der Aufgabe und an die Individualität der Schülerinnen und Schüler gewählt werden.

### **5.1 Morphologischer Kasten und Problemlösungsstammbaum**

Beides sind diskursiv-betonte Methoden, um geeignete Lösungsvarianten aufzuzeigen und notwendige Einzelfunktionen zu analysieren. Hierzu wird das Problem verallgemeinert und in einzelne Problemelemente zerlegt. Problemelemente und mögliche Lösungen können mit einem morphologischen Kasten in einer Tabelle, mit einem Lösungsstammbaum in Verästelungen gegenübergestellt werden.

Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht

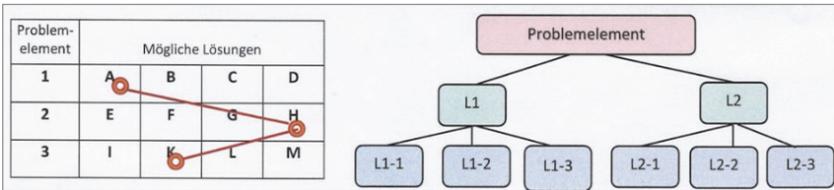


Abbildung 11 Morphologischer Kasten und Problemlösungsstammbaum

Obwohl ich im Unterricht beide Verfahren vorgestellt habe, wurden sie in ihrer Reinform von den Lernenden nicht angewendet. Möglicherweise sind die Verfahren der systematischen Lösungssuche zu ungewohnt und setzen ein hohes Maß an Kenntnissen und Erfahrungen voraus. Ich habe die Verfahren deshalb in ein reduziertes und anschaulicheres Format adaptiert (die Abbildungen 12 und 13 verdeutlichen den Unterrichtsprozess).

Hierzu habe ich mehrere Eckverbindungen als Probestücke mit unterschiedlichen Verfahren gefertigt. Zusätzlich habe ich ihre Bezeichnungen ausgedruckt, an der Tafel angeordnet, kategorisiert und gruppiert.



Abbildung 12 Möglichkeiten der Herstellung von Eckverbindungen aus Acrylglas

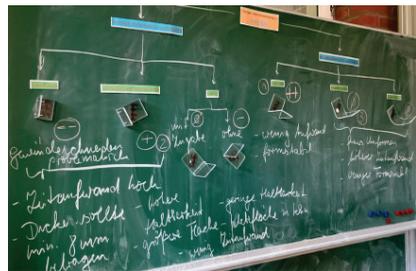


Abbildung 13 Gruppierung und Vergleich der Merkmale

Die Schülerinnen und Schüler nutzten diese Hilfe zur Auswahl geeigneter Eckverbindungen für das Gehäuse: Sie diskutierten Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren in Bezug für ihre konstruktiven Anforderungen nutzten die entstandene Übersicht (Abb. 13) als Entscheidungshilfe.

## 5.2 Situationsanalyse: vorhandene Materialien

Die Schülerinnen und Schüler sichten die Materialien, die von der Lehrkraft zur Verfügung gestellt werden. „Die entscheidende Frage bei der Materialanalyse heißt: ‚Was ist mir gegeben?‘ bzw. ‚Was kann ich gebrauchen?‘“ (Sachs & Fies 1977, S. 57). Damit kann die Problemlösung quasi von unten angeregt werden.

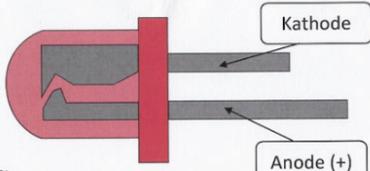
Viele Lernende profitieren von der Anschaulichkeit, die durch das Sichten des Materialbestands entsteht. Allerdings kann der Problemlösungsprozess durch diese Methode vorschnell eingeschränkt, in eine Richtung gelenkt werden kann. Es ist deshalb wichtig, den richtigen Zeitpunkt für den Einsatz auszuwählen, die Materialien nur zu sichten und ihre Eigenschaften zu analysieren. Die Versuchung ist groß, diese sofort für eine pragmatische erste Lösung zu verarbeiten.

Darüber hinaus habe ich Hinweise zu Eigenschaften und möglichen Verwendungen der Materialien in Form von Steckbriefen zur Verfügung gestellt.

**1. Info Leuchtdiode**

AFS | TECHNIK

Eine Leuchtdiode (auch Lumineszenz-Diode, kurz LED für Light-Emitting-Diode bzw. lichtemittierende Diode) ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement. Fließt durch die Diode Strom in Durchlassrichtung, so strahlt sie Licht, Infrarotstrahlung oder auch Ultraviolettstrahlung ab. Anders als Glühlampen erzeugen Leuchtdioden Licht in einer bestimmten Farbe und geben weniger Wärme ab



Betriebswerte:

	Durchlassspannung $U =$	Stromstärke $I =$
weiße LED	2 V – 3 V	20 mA
rote Led	1,6 – 2V	10 mA



Abbildung 14

Steckbriefe unterstützen eine gezielte Materialauswahl

Für die Handyladestation war diese Methode für die Auswahl geeigneter elektrische Bauelemente hilfreich.

### 5.3 Alternative: Situationsanalyse – virtuelle Materialsuche

Informieren sich die Schülerinnen und Schüler online oder mit Katalogen über die Verfügbarkeit, die Eigenschaften und den Preis von Materialien und Bauelementen, erfährt das Spektrum der Lösungssuche aufgrund der Vielfalt des Angebotes weniger Einschränkungen. Durch die große Materialauswahl wird der Horizont der möglichen Lösungen mitunter sogar erweitert, wenn sich durch die Recherchen neue Möglichkeiten aufzeigen. Es ist ratsam, den Suchraum auf geprüfte Anbieter zu begrenzen. Nach Rücksprache mit mir bestellten meine Lernenden ausgewählte Bauteile innerhalb eines vereinbarten finanziellen Budgets.

Diese Methode ist abstrakter, da die Materialien nicht direkt getestet werden können. Sie erfordert ein entsprechendes Fachwissen, weil die Eignung eines Bauteils anhand von Kenngrößen erkannt werden muss. Darüber hinaus erfordert sie von der Lehrkraft einen höheren Organisationsaufwand.

Wichtig ist, dass Materialauswahl und -einkauf von den Jugendlichen als Teil des Lernens verstanden wird. Die Frage, wie man eine Entscheidung beim Materialeinkauf abwägt, wer sie zu verantworten hat und welche Folgen sie haben kann, ist in technischen Unternehmen sehr bedeutsam und so liegt es nahe, einzelne Aspekte innerhalb der Konstruktionsaufgabe zu thematisieren.

### 5.4 Situationsanalyse – Konflikte

Mitunter liegen einzelne, wesentliche Aspekte der Konstruktion nicht im Blickfeld der Schülerinnen und Schüler, da sie mit diesen Problemen noch nicht vertraut gemacht worden sind, ihnen hierzu Kenntnisse oder Erfahrungen fehlen. Bei der Konstruktion einer Eckverbindung für das Gehäuse lag bei meinen Schülerinnen und Schülern die Lösung nahe, zunächst zwei Einzelteile herzustellen und diese danach über Eck zu kleben. Es ist aber bei kleinen Klebefläche problematisch, dünne Acrylglasplatten sauber und haltbar zu kleben. Dies muss bereits beim Konzipieren und Entwerfen bedacht werden. Deshalb habe ich mit Hilfe einer Lehrerdemonstration (s. Abb. 15) auf dieses Problem aufmerksam gemacht.



*Abbildung 15*

Die linke Klebeverbindung wurde professionell gefertigt. Die rechte, mit den schulischen Möglichkeiten hergestellt, ist unsauber und instabil



*Abbildung 16*

Kleben und Umformen

Danach wurde gemeinsam nach Alternativen gesucht, Abbildung 16 zeigt zwei Varianten. Das Umformen ist die einfachere Methode, mit ihr wird das Kleben vermieden. Wenn Kleben notwendig ist, sollte die Oberfläche der Klebeflächen vergrößert werden.

### **5.5 Technische Experimente mit Hilfe vorbereiteter Versuchsstationen**

Begleitend zum Problemlösungsprozess werden einzelne Aspekte der Konstruktion von den Schülerinnen und Schülern experimentell untersucht. Hierzu habe ich einzelne Versuchsstationen vorbereitet, an denen sie diese Experimente selbstständig durchführten. Dadurch können Möglichkeiten für Teillösungen erkannt und diskutiert werden, die zu Beginn der Aufgabe noch nicht im Blickfeld der Lernenden stehen. Beispielsweise konnten die Jugendlichen die Funktion eines Qi-Ladegerätes an einer Versuchsstation testen (s. Abb. 17).

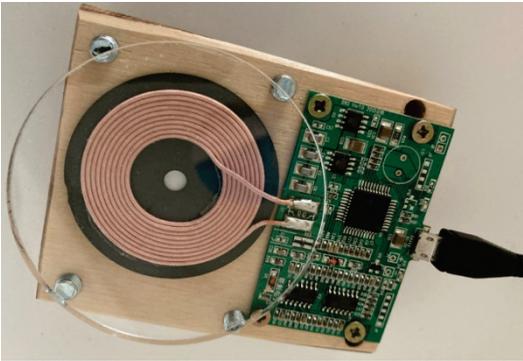


Abbildung 17  
Versuchsstation zum kabel-  
losen Laden

Sie überprüfen, ob das drahtlose Aufladen mit ihrem Handy möglich war und wie dick eine unter dem Telefon liegende Acrylglasabdeckung maximal sein kann, ohne dass die Ladefunktion beeinträchtigt wird.

## 5.6 Alternative: Galeriemethode

Bei einer arbeitsteiligen Konstruktionsaufgabe ist die Galeriemethode hilfreich, um Einzelarbeit mit Gruppenarbeit zu verzahnen. Zuerst wird in der Einführungsphase das technische Problem vorgestellt. In der anschließenden „Ideenfindungsphase 1“ erarbeiten die Lernenden prinzipielle Lösungen in Einzelarbeit, welche anschließend in der „Assoziationsphase“ der gesamten Gruppe präsentiert werden. In der Auswertung werden relevante Erkenntnisse in der „Ideenfindungsphase 2“ mit der gesamten Gruppe festgehalten. In der abschließenden „Selektionsphase“ entscheidet sich die Gruppe für eine gemeinsame Lösung, welche anschließend vervollständigt und weiterentwickelt wird.

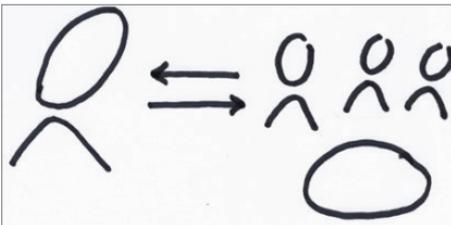


Abbildung 18  
Die Galeriemethode verzahnt Einzel-  
arbeit und Gruppenarbeit

## **6 Entwerfen: die gestalterische Festlegung**

Nachdem die Lernenden sich auf prinzipielle Lösungen festgelegt haben, geht es in meinem Beispiel „Handyladestation“ nun darum, Form und Maße des Gehäuses sowie die elektronische Schaltung und ihren Einbau in das Artefakt zu entwerfen. Fertigungs- und Montageaspekte müssen hierbei berücksichtigt werden (Schlagenhauf 2021, S. 35). Gerade in der Entwurfsphase ermögliche ich es meinen Schülerinnen und Schülern, aus mehreren angebotenen Verfahren die für sie geeignetsten Möglichkeiten auszuwählen.

### **6.1 Entwurfsskizzen anfertigen**

Ideen und Lösungsansätze werden in Skizzen veranschaulicht dargestellt. Dabei ist es sinnvoll, das Gesamtsystem zunächst in kleine Einheiten aufzugliedern und Variationen nebeneinander zu skizzieren. Die ausgewählte Variante wird schrittweise verfeinert, Funktion und Form bilden dabei zunehmend eine Einheit. Skizzieren erfordert Vorstellungsvermögen, räumliches Denken und feinmotorische Fertigkeiten. Ich habe deshalb das Anfertigen von Skizzen nicht verpflichtend eingesetzt und meinen Lernenden keine Standards des technischen Zeichnens aufgebürdet.

## Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht

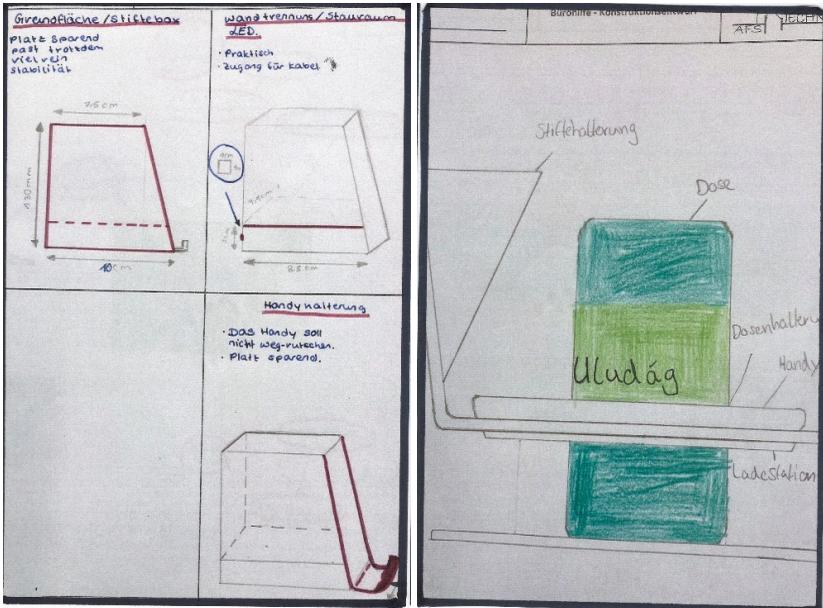


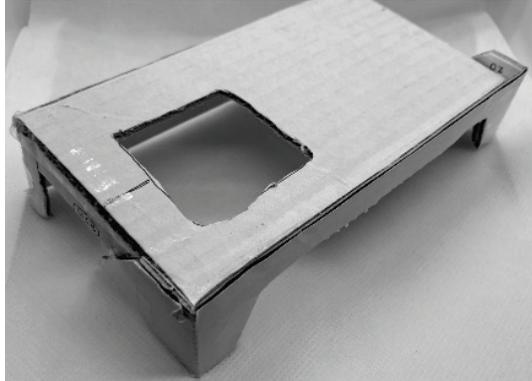
Abbildung 19  
Zwei Skizzen der Schüler

Nach dem Skizzieren einzelner Varianten wird die gewählte Lösung verfeinert. Schüler, die eine stärkere theoretische Durchdringung des Entwurfes benötigen und damit Sicherheit für die spätere praktische Umsetzung suchen, wählten eigenständig das Anfertigen von Skizzen und orientierten sich dabei sogar bewusst an Normen technischer Zeichnungen.

### 6.2 Modelle fertigen

Anstatt zu skizzieren, fällt es vielen Lernenden leichter, Modellentwürfe aus Pappe oder Karton anzufertigen (s. Abb. 20). Das räumliche Denken wird erleichtert, der Grad der Abstraktion ist geringer. Schülern, die einen vordergründig praktischen Zugang zur Problemlösung suchen, wählten dieses als alleiniges oder als die Skizze ergänzendes Verfahren.

Abbildung 20  
Entwurfsmodell



Diese Methode ist bei der Problemstellung „Ladestation“ besonders geeignet, da die Materialstärke der Pappe dem des PMMA-Werkstoffes ähnelt. Aspekte wie das Umformen können bereits erprobt werden.

### 6.3 Modellierung mit CAD-Programmen

Die Formgebung eines Entwurfes wird mit einem CAD-Programm dreidimensional erstellt. Hierzu sind Vorkenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit dem Programm Voraussetzung. Beim Einsatz moderner Techniken, wie beispielsweise dem 3D-Druck, können fertige Entwürfe von Teillösungen in druckbare Dateien konvertiert und teilautomatisiert gefertigt werden. Einige meiner Schülerinnen und Schüler haben dieses Medium ausgewählt, Einzelteile wie beispielsweise das Batteriegehäuse mit „Tinker-CAD“ modelliert und später ausgedruckt.

### 6.4 Modellierung mit Baukästen, auf dem Breadboard oder mit Simulationssoftware

Schaltungsentwürfe können mit Hilfe von Baukästen oder mit lose zu verbindenden Bauelementen (z. B. auf einem Breadboard) aufgebaut, erprobt und verändert werden. Der Schaltungsaufbau mit Hilfe von Elektrobaukästen ist einfacher, der Unterschied zur realen Schaltung allerdings relativ groß (s. Abb. 21).

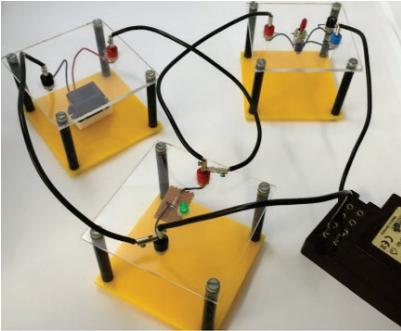


Abbildung 21  
Schaltungsentwurf mit Elektrobaukästen

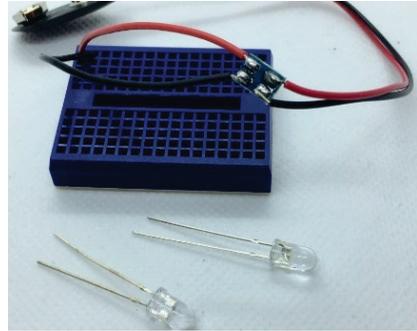


Abbildung 22  
Schaltungsentwurf auf einem Mini-Breadboard

Der Schaltungsaufbau mit originalen Bauteilen auf dem Breadboard ist komplexer, Aufbau und Funktion des Breadboards müssen den Lernenden vermittelt werden. Diese Modellschaltung entspricht dann aber im Wesentlichen bereits der realen Schaltung. Natürlich können auch beide Methoden nacheinander angewendet werden.

Darüber hinaus können Simulationsprogramme (z. B. „Yenka“) beim Schaltungsentwurf hilfreich sein. Die Schaltungen werden am PC modelliert und die Funktionsweise kann simuliert werden, ohne dass Bauelemente durch fehlerhaften Aufbau zerstört werden.

## 6.5 Nutzung von Tutorials

Im Internet gibt es zu fast allen Problemen passende Tutorial als Lösungshilfe. Diese umfangreichen Informationsquellen nutzen meine Schülerinnen und Schüler zur Realisierung von Teillösungen oder der Bedienung von CAD-Programmen. Wichtig ist es, in der Informationsflut die relevanten Informationen zu filtern und Quellen kritisch zu beurteilen. So findet man beispielsweise alleine zum Thema „Acrylglas bohren“ 13.300 Videos.

## 7 Ausarbeiten – so umfangreich wie notwendig

In der Industrie werden in dieser Phase die herstellungstechnischen Festlegungen getroffen und die dafür notwendigen Fertigungsunterlagen (z. B. technische Zeichnung, Materialliste, Fertigungsplan) erstellt. Im schulischen Kontext fordere ich das Anfertigen einer standardgerechten Fertigungszeichnung und das Erstellen eines kompletten Fertigungsplanes nicht verpflichtend ein. Dieses Vorgehen würde meine Lernenden überfordern. Ihnen fehlen die erforderlichen Kenntnisse, eine komplexe Zeichnung anzufertigen und nicht alle wären in der Lage, den gesamten Fertigungsprozess vom Beginn an zu überschauen. Das zeigt sich darin, dass sie nur selten den in der Skizze abgebildeten Entwurf 1:1 in der Fertigung umsetzen. Während der praktischen Phase der Fertigung gelangen die Lernenden oft zu neuen Erkenntnissen, die sie zur Optimierung nutzen. Das möchte ich unterstützen und nicht durch das Einfordern, alles vor auszuplanen, hemmen.

Die Konstruktionspräsentation:

Meine Lernenden haben in dieser Phase die Aufgabe, die Produktdokumentationen zu überarbeiten, zusammenzufassen und finale Entscheidungen für die Fertigung zu treffen. Hierzu nutzen sie verschiedene Medien, beispielsweise ihre Breadboardschaltung und ihr CAD-Modell. Andere lösten die Kreppverbindungen des Pappmodells und präsentierten diese in aufbereiteter schablonenähnlicher Form. Mit Hilfe ihrer Dokumentation beantworten sie einen von mir ausgearbeiteten Fragenkatalog (s. Abb. 23) und präsentieren ihr Konzept vor der gesamten Gruppe.

<b>Konzeptpräsentation Handyladegerät</b>	
Präsentiere dein Konstruktionskonzept. Informiere uns hierzu zu folgenden Aspekten:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realisierung der ausgewählten Funktionen</li> <li>• Form und Grundmaße des Gehäuses</li> <li>• Funktionsweise der elektrischen Schaltung und deren technischen Umsetzung</li> <li>• Benötigte Materialien</li> <li>• Grobplanung der Arbeitsschritte</li> <li>• Welche Probleme müssen vor Fertigungsbeginn gelöst werden?</li> </ul>	

Abbildung 23

Fragenkatalog zur Konstruktionspräsentation

Diese stellt Fragen und gibt Tipps und Einschätzungen für die Fertigung des Prototyps. Abschließend erteile ich hierfür grünes Licht oder zeige einzelne Punkte auf, die vorher überarbeitet werden müssen.

## **8 Anfertigen und Auswerten**

In der industriellen Konstruktion beweist oder widerlegt der Prototyp als funktionstüchtiges erstes Produkt bzw. als reales oder virtuelles Modell die Realisierbarkeit einer möglichen industriellen Fertigung. Im schulischen Kontext planen wir in der Regel keine anschließende Mehrfachfertigung (s. o.). Der Prototyp, meist als Realobjekt gefertigt, zeigt als Arbeitsergebnis den mehr oder weniger erfolgreichen Problemlösungsprozess. Da die Konstruktionsaufgabe nicht nur Verfahren, sondern auch Inhalt zum Kennenlernen dieser Methode ist, erkennen die Lernenden die Bedeutung des Prototyps in der Industrie. Nicht zuletzt ist der „schulische Prototyp“ ein die Lernenden motivierendes Artefakt, welches sie nach ihren Bedürfnissen entwickeln, fertigen (und damit ihre handwerklichen Fertigkeiten weiterentwickeln können) und später oft selber nutzen.

### **8.1 Das Anfertigen – Entspannung für die Lehrkraft**

Für mich als Lehrkraft ist die Anfertigungsphase eine vergleichsweise entspannte Zeit, in der ich eine Rolle als Berater für Fertigungsaspekte einnehmen kann. Da meine Schülerinnen und Schüler bereits einfache Fertigungsaufgaben in den Bereichen Kunststoff und Elektronik durchgeführt hatten, arbeiteten sie weitestgehend selbstständig. Ich griff nur bei groben Fehlern oder Sicherheitsaspekten ein. Bei grundsätzlichen Problemen (zum Beispiel das Herstellen transparenter Oberflächen, s. Abb. 24) nutzte ich den Stundenbeginn, um einzelne Aspekte zu thematisieren.

Abbildung 24

Polieren von Acrylglasoberflächen mittels „Schleifstraße“



Als Strukturhilfe tragen meine Schülerinnen und Schüler nach jeder Unterrichtsstunde eine kurze Reflexion zu erreichten Teilergebnissen, weiteren Zielen und zu lösenden Problemen in ihr Portfolio ein und machen ein Foto vom Stand der Fertigung. Diese Dokumentation ist ein Bestandteil der späteren Präsentation und Bewertung. Sie sollte im Umfang auf wesentliche Punkte reduziert sein und den Schülern als Strukturhilfe dienen.

Am Ende der Fertigung geraten einige Schülerinnen und Schüler verständlicherweise unter Termindruck. Hierzu gebe ich an einem Nachmittag die Möglichkeit, eine freie Werkstattzeit zu nutzen, verschiebe aber keine Termine.

## 8.2 Auswertung- Präsentation und Bewertung

Höhepunkt des Unterrichtsvorhabens ist die Präsentation der Arbeitsergebnisse (s. Abb. 25).

Die Lernenden erläutern und demonstrieren in einem Vortrag Funktion und Eigenschaften der gefertigten Prototypen. Das Spinnennetz des Konzipierens wird hierzu mit den erzielten Arbeitsergebnissen ergänzt und veranschaulicht so den Vergleich der Planung mit der Realisierung. Darüber hinaus geben die Lernenden mit Hilfe der Produktdokumentationen eine Zusammenfassung zum Verlauf der Konstruktionsaufgabe, reflektieren und bewerten den Konstruktionsprozess.

*Abbildung 25*

Schüler präsentieren die Arbeitsergebnisse

### **8.3 „Verallgemeinerbares“ – Was haben wir gelernt?**

Nach Abschluss der Präsentationen ist es wichtig, in einer Auswertungsphase die im konkreten Konstruktionsprozess gewonnen Einsichten und Erkenntnisse zu verallgemeinern sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur industriellen Konstruktion herauszuarbeiten. Hierzu kann ich mich auf ein einzelnes wichtiges Thema konzentrieren und dieses vertiefen oder ich kann mehrere Themen zusammenfassend behandeln.

### **8.4 Zum Abschluss das Thema Optimierung**

Technische Lösungen sind einerseits keine endgültigen Lösungen und unterliegen einem ständigen Optimierungsprozess. Andererseits entwickelt sich dieser Prozess in einem Spannungsfeld sich verändernder gesellschaftlicher Bedingungen, so dass die reine Funktionalität eines Artefakts nicht alleiniges Bewertungskriterium ist. Bei dieser Bewertung „[...]“ müssen wettbewerbswirksame Kompromisse eingegangen werden, deren Art von den jeweils geltenden gesellschaftlichen Präferenzen (z. B. Ressourcenschonung, Anwendungssicherheit, Umwelt- und Klimaschutz etc.) bestimmt wird“ (Rudolf 2002, S. 151). Die Prototypen der Handyladestationen sind vergleichbare Kompromisse „im Kleinen“. Sie sind in einem Spannungsfeld einerseits aus Wünschen, andererseits aus den fachlichen,

technischen, ökologischen und ökonomischen Bedingungen des Schulalltags entstanden.

Ich wollte dies mit den Lernenden thematisieren, aber aus Respekt vor ihren Leistungen unmittelbar zum Abschluss nicht sagen: „Habt ihr gut gemacht, aber was würdet ihr beim nächsten Mal verbessern?“ Das Produkt „Handyladegerät“ sollte sich erst einmal im Alltag bewähren, bevor das Thema Optimierung anstand. Ich habe deshalb nach 6 Wochen meine Schülerinnen und Schüler gebeten, ihr Handyladegerät noch einmal von zu Hause mitzubringen. Die Diskussion zu einzelnen Aspekten (Ist das Gerät zu Hause im Gebrauch? Wofür nutze ich es? Funktioniert es zuverlässig?) ist Grundlage für die Beantwortung der Frage, welche Optimierungsmöglichkeiten bei einer Weiterentwicklung sinnvoll wären.

Es war sehr interessant zu erfahren, ob und wie die im Unterricht gefertigten Handyladestationen in den Haushalten meiner Lernenden in Einsatz sind.

## Literatur

- Hahne, M. (2019): Systematisches Konstruieren. Wiesbaden: Springer Fachmedien GmbH.
- Herrmann, U. (2020): Neue Wege des Lehrens und Lernens aus neurowissenschaftlicher Sicht. In U. Herrmann, Neurodidaktik. Weinheim, Basel: Beltz.
- Kolb, D. (1984): Learning Styles and Disciplinary Differences. Chickering, Neuerburg, C. (2007): Lerntypen und ihre Bedeutung für die Praxis der Personalentwicklung. GRIN Verlag.
- Pahl, G. & Beitz, W. (2007): Konstruktionslehre. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ranke, H. (Heft 179 2021): Zur Bedeutung von Beschaffungs- und Einkaufsprozessen im Gesellschafts- und Beschäftigungssystem. tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht, S. 32–35.
- Rudolf, R. (2002): Zu den Gesetzmäßigkeiten der Technikentwicklung. Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel.

**Vermittlung und Anwendung von Problemlösungsverfahren im Technikunterricht**

- Sachs, B. (1985): Produktgestaltung und Warentest im Technikunterricht. In: W. E. Traebert (Hrsg.), Technik als Schulfach Band 5, Gesellschaft und Wirtschaft im Technikunterricht S. 105–128. Düsseldorf.
- Sachs, B., & Fies, H. (1977): Baukästen im Technikunterricht. Ravensburg: Otto Maier Verlag.
- Schlagenhauf, W. (2021): Allgemeinbildung Technik für Dummies. Wiley-Verlag.
- Schmayl, W., & Wilkening, F. (1995): Technikunterricht. Heilbronn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Stuber, T. (2018): Technik und Design. Bern: hep Verlag.

Andreas Stettler

## **Offenheit der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichtes im Technischen Gestalten**

### **1 Einleitung**

Bei der Begrüssung von zwei neuen Seminargruppen gab ich den Studierenden für die Vorstellungsrunde den Auftrag, Erinnerungen an ihre Schulzeit im Textilen oder Technischen Gestalten (TTG) mit uns zu teilen. Einzelne erzählten von Unterricht, der sie weder motiviert noch herausgefordert hatte. Sie berichteten von Vorhaben, die genau nach Vorgaben abgearbeitet werden mussten. Dabei hatten sie kaum die Möglichkeit, eigene Entscheidungen zu treffen. Andere berichteten von einem Unterricht, in dem sie eigenständige Dinge entwickeln konnten. Diese Gruppe von Studierenden gab unisono an, dass sie diesen Unterricht in bester Erinnerung hätten.

Ich hatte eigentlich einen harmlosen Einstieg mit einem kurzen Rückblick geplant. Das Resultat überraschte mich in seiner klaren Tendenz: In der Rückblende wurde ein Unterricht, der individuelle Lösungen zulies, durchwegs positiv bewertet.

Die Studierenden wussten nicht, dass dieser Zusammenhang ein Teil einer Forschungsarbeit ist, die ich im Rahmen meiner Dissertation (Stettler 2021) durchgeführt hatte. In diesem Tagungsband soll ein Einblick in diese Arbeit gewährt werden.

### **2 Fragestellung**

Die Fragen, die dieser Forschungsarbeit zugrunde liegen, haben mich schon während meiner Zeit als Fachlehrperson in der Volksschule umgetrieben. Ich habe mich damals immer wieder gefragt, in welcher Weise

offene Aufgabenstellungen auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schüler wirkt. Gleichzeitig habe ich vermutet, dass die Struktur des Unterrichtes ein wichtiger Faktor für das Gelingen der Aufgabenstellung ist. Als ich die Gelegenheit bekommen habe eine Promotionsarbeit zu schreiben, habe ich aus diesen Gedanken heraus die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- Welche typischen Unterrichtsformen lassen sich unter Berücksichtigung des Offenheitsgrades der Aufgabenstellung und der Strukturiertheit des Unterrichtes gruppieren,
- welche Voraussetzungen einer Lehrperson begünstigen die Wahl einer bestimmten Unterrichtsform,
- und welcher Ertrag zeigt sich bei Schülerinnen und Schülern, wenn bestimmte Unterrichtsformen angeboten werden?

Wie wir feststellen, nehmen die Forschungsfrage drei Bereiche auf: Im Zentrum stehen erstens die Unterrichtstypen. Helmke (2015) schreibt, dass es Merkmalsbündel braucht, um Unterricht erklären zu können. Für diese Studie werden darum die bereits erwähnten beiden Komponenten herangezogen: der Offenheitsgrad der Aufgabenstellung und die Strukturiertheit des Unterrichtes.

Die Studie geht zweitens davon aus, dass Lehrpersonen diese Aspekte für ihren Unterricht nicht zufällig wählen, sondern unter Einbezug ihrer Voraussetzungen zu einem bestimmten Unterrichtstyp neigen. Der Untersuchung liegt darum die Frage zu Grunde, welche Voraussetzungen die Wahl eines Unterrichtstyps unterstützen. Dieser Teil wird an dieser Stelle nicht besprochen. Interessierte sind auf die Dissertationsschrift (Stettler 2021) verwiesen.

Drittens wollen wir, dass unser Unterricht Lernaktivitäten und Erträge bei den Schülerinnen und Schülern auslöst. Hier stellt sich die Frage, welcher Unterrichtstyp in diesem Bereich Erfolg verzeichnet.

In der Fragestellung spielen der Offenheitsgrad der Aufgabenstellung und die Strukturiertheit des Unterrichtes eine prominente Rolle. Aber was wird in der Forschung unter diesen zwei Komponenten verstanden?

### 3 Unterschiedliche Offenheitsgrade bei Aufgabenstellungen

Im deutschschweizerischen Lehrplan «Lehrplan 21» (D-EDK, 2016, S. 382) wird im Fachbereich Textiles und Technisches Gestalten von engen, halb-offenen und offenen Aufgabenstellungen gesprochen. Aufgabenstellungen können gemäss LP21 also enger oder offener erteilt werden. Die drei Begriffe «eng», «halboffen» und «offen» signalisieren zudem, dass es nicht *die* enge oder *die* offene Aufgabenstellung gibt. Vielmehr wird hier auf einen Verlauf bezüglich des Offenheitsgrades hingewiesen. Aufgabenstellungen können also durch das Verändern der Vorgaben, der Rahmenbedingungen und der Zielerwartungen bezüglich des Offenheitsgrades stufenlos variiert werden.

Zum besseren Verständnis stelle ich ein Beispiel für eine enge und eine offene Aufgabenstellung vor.

#### 3.1 Aufgabenstellungen mit geringem Offenheitsgrad

Eine Aufgabenstellung mit geringem Offenheitsgrad definiert sowohl den Lösungsweg als auch den Zielbereich klar. Die Lehrperson erwartet bei der Abgabe keine Varianten der Ergebnisse.

Typischerweise beinhalten Aufgabenstellungen mit geringem Offenheitsgrad Elemente, die Schülerinnen und Schüler lückenlos von der Präsentation der Aufgabenstellung bis zur Fertigstellung führen. Dazu gehören zum Beispiel: Materialvorgaben, Auflistung der Verfahren, genaue Beschreibung der Arbeitsschritte und Pläne des Objektes. Bei einer Aufgabenstellung mit geringem Offenheitsgrad ist das Ziel eng vorgegeben. Die fertiggestellten Objekte unterscheiden sich formal-ästhetisch, konstruktiv oder funktional kaum. Dies wird durch genaue Materialvorgaben und das Vorschreiben der konstruktiven, funktionalen bzw. formalen Ausgestaltung des Objektes erreicht. Beim Abschluss der Arbeiten gibt jede Schülerin und jeder Schüler ein identisches Objekt ab. Beurteilt wird dann in erster Linie die handwerkliche Ausführung. Gut wird ein Objekt beurteilt, das den Vorgaben entspricht.

**Offenheit der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichts ...***Abbildung 1*

Bei einer Aufgabenstellung mit geringem Offenheitsgrad werden die Schülerinnen und Schüler lückenlos geführt

Ganz ähnlich, wie wenn wir einen Bergbach überqueren, indem wir von Stein zu Stein hüpfen, werden die Schülerinnen und Schüler durch Aufgabenstellung mit geringem Offenheitsgrad Schritt für Schritt durch das Vorhaben geführt.

*Abbildung 2*

Bei einer halboffenen Aufgabenstellung fehlen Markpunkte und der Zielbereich wird geöffnet

Bei halboffenen Aufgabenstellungen werden einzelne der besagten Markpunkte bewusst und strategisch geschickt entfernt. Das bedeutet, dass die Lernenden in gewissen Bereichen nicht durchgängig geführt werden. In diesen Abschnitten müssen die Schülerinnen und Schüler die Lücke selbst überwinden. Sie müssen einen Lösungsweg suchen oder ein Teilproblem lösen. Das ist herausfordernd, löst aber auch echte Denkarbeit aus. Gleichzeitig wird der Zielbereich geöffnet. Das bedeutet, dass bei der Abgabe verschiedene Varianten erwartet werden. Wenn sich zwei Objekte gleichen, wirft das Fragen auf. Wer hat wem abgekupfert?

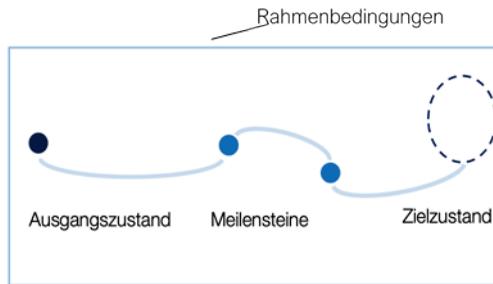


Abbildung 3

Bei einer offenen Aufgabenstellung fehlen weitere Markpunkte und der Zielbereich wird weiter geöffnet. Die Rahmenbedingungen, der Ausgangszustand, die Meilensteine und der Zielzustand sind aber klar definiert.

Wird die Aufgabenstellung weiter geöffnet, wird die Tendenz, die schon bei der halboffenen Aufgabenstellung beschrieben wurde, zusätzlich artikuliert: Weitere Markpunkte fehlen. Die Lücken und damit die Herausforderungen für die Schülerinnen und Schüler werden größer. Der Zielbereich ist ausgedehnter, was bedeutet, dass die Varianten der Lösungen vielfältiger sein können. Aber Achtung: Offene bedeutet nicht beliebig. Auch offene Aufgabenstellungen sind in einen Rahmen von Bedingungen eingebettet (Abbildung). Und die Schülerinnen und Schüler werden auch bei offenen Aufgabenstellungen durch Markpunkte vom Ausgangszustand zum Zielzustand geleitet.

Als Beispiel wird an dieser Stelle die offene Aufgabenstellung «Stadtwindlicht» vorgestellt. Diese richtet sich an Schülerinnen und Schüler der dritten oder vierten Klasse. Sie bekommen den Auftrag, eine Blende in Form einer mittelalterlichen Stadt zu entwerfen. Dabei werden verschiedene typische Elemente einer Mittelalterlichen Stadt thematisiert: der Torbogen, die Zinnen, der Turm, die Lukarnen usw. Die Fenster werden ausgesägt und lassen Licht durchscheinen. Mittels eines Sockels wird dafür gesorgt, dass die Blende sicher steht.



Abbildung 4  
Das Stadtwindlicht von vorne



Abbildung 5  
Die Rückseite des Stadtwindlicht mit verschiedenen konstruktiven und funktionalen Elementen

Wenn wir die Rückseite betrachten, stellen wir fest, dass verschiedene konstruktive und funktionale Elemente von den Schülerinnen und Schülern entwickelt werden müssen. Durch die Aufgabenstellung wird zum Beispiel gefordert, dass die Rauchhütchen und die Kerzen auf der Rückseite sicher stehen und keinen Brand auslösen können.

Die Suche nach einer Lösung für die Kerzen und die Rauchhütchen stellt für die Kinder eine Herausforderung dar. Wie sorgen sie dafür, dass die Kerze nicht verrutschen kann? Wie kann das Rauchhütchen platziert werden, damit der Rauch genau aus dem Kamin aufsteigt, wenn man die Blende von vorne betrachtet? Die Lernenden müssen individuell Lösung für die gestellten Probleme finden.

Neben den konstruktiven und funktionalen Aspekten ist die formal-ästhetische Ausgestaltung des Objektes ein weiterer Bereich, für den Entscheidungen getroffen werden müssen. Dies betrifft die Grundform aber auch Details, wie die Form der Fenster oder die farbliche Gestaltung, um nur zwei Beispiele für die formal-ästhetische Gestaltung zu nennen.

Abbildung 6

Die Fenster des Stadtwindlichts werden von hinten beleuchtet



Auch die handwerkliche Ausführung spielt beim Stadtwindlicht eine Rolle. Die Form wird sorgfältig ausgesägt, gefeilt und geschliffen. Die Verbindungen der Elemente müssen fachlich hohen Ansprüchen genügen, damit die Konstruktion der geforderten Stabilität und Sicherheit genügt. Wir können uns gut vorstellen, dass die verschiedenen Ansprüche, die mit dem Stadtwindlicht an die Kinder gestellt werden, herausfordernd sind. Gleichzeitig wird aber auch ein vertieftes Nachdenken ausgelöst.

Wenn wir Aufgabenstellungen mit geringem Offenheitsgrad und offene Aufgabenstellungen bezüglich der Vielfalt der Anforderungen vergleichen, stellen wir fest, dass offene Aufgabenstellungen neben den handwerklichen Aspekten zusätzlich formal-ästhetische, konstruktive und funktionale Lösungen verlangen können. Bei Aufgabenstellungen mit geringem Offenheitsgrad fällt die Auseinandersetzung in diesen Bereichen weg, da die Lösungen bereits vorgegeben sind. Die offene Aufgabenstellung ist dadurch für die Kindern deutlich anspruchsvoller als die Aufgabenstellung mit geringem Offenheitsgrad. Ihre vielfältigen Anforderungen haben das Potenzial die Kinder und Jugendlichen kognitiv zu aktivieren.

Ich will hier einem Missverständnis vorbeugen: Es gibt gute Gründe, um den Schülerinnen und Schüler eine enge Aufgabe zu stellen. Offene Aufgabenstellung lösen bei Kindern und Jugendlichen andere Aktivitäten aus als geschlossene. Es ist wichtig, dass eine Lehrperson über den vollen Variantenspielraum von verschiedenen Aufgabenstellungen verfügen und sie adäquat einsetzen können.

#### 4 Strukturierter Unterricht

Der Offenheitsgrad der Aufgabenstellung und die Struktur des Unterrichtes bilden im Verständnis dieser Dissertationsarbeit ein komplementäres Paar. Aufgabenstellung müssen in einen sinnvoll strukturierten Unterricht eingebettet werden, damit sie gelingen. Der Strukturiertheit des Unterrichtes wird in der Literatur eine grosse Bedeutung zugemessen (u. a. Lipowsky, 2009, Kunter und Voss, 2011). Dabei werden drei Bereiche unterschieden:

- Inhaltliche Strukturiertheit: Wir alle wissen, wie wichtig es ist, die Inhalte so aufzubereiten, zu strukturieren und den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, dass sie diese besser adaptieren können. Inhaltliche Strukturierung sorgt dafür, dass die Inhalte für die Schülerinnen und Schüler zugänglicher werden.
- Didaktische Strukturiertheit betrifft den Ablauf der Lektionen. Welche Elemente angeboten werden, in welcher Reihenfolge sie im Unterricht platziert werden und wie sie sich ergänzen, spielt für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler eine entscheidende Rolle.
- Störungsfreier Unterricht: Lernen ist ein sensibler Prozess. Dieser kann leicht durch Störungen unterbrochen oder gar verunmöglicht werden. Der Raum des Lernens muss geschützt werden, damit ein Lernprozess für Schülerinnen und Schülern möglich wird.

Soweit die drei zentralen Elemente der Unterrichtsstruktur, die für die Untersuchung leitend waren.

Während einer Untersuchung muss der Methodik ein Hauptaugenmerk geschenkt werden. Dies war auch bei meiner Promotionsarbeit der Fall.

#### 5 Methodik

Es wurden sowohl bei den Lehrpersonen als auch bei den Lernenden Daten erhoben. Für beide Gruppen wurde darum ein spezifischer Fragebogen erstellt und vorgängig getestet. Im nächsten Abschnitt werden ein paar deskriptive Daten und einzelne Instrumente der Auswertung vorgestellt:

Die Gruppe der befragten Lernenden und der Lehrpersonen setzte sich wie folgt zusammen:

- 1282 Schülerinnen und Schüler (435 Schülerinnen, 33,9%), 116 Klassen, 4.–9. Klassenstufe
- 61 Lehrpersonen (24 Lehrerinnen, 39,3%)

Bei der Auswertung der Daten wurde mit Mplus gearbeitet. Dabei kamen verschiedene Auswertungsinstrumente zur Anwendung. Ich erwähne hier nur zwei der zentralsten Instrumente:

- Die typische Unterrichtsformen wurde mit einer «Latent Profile Analysis» aufgedeckt.
- Die Ergebnisse auf Schülerinnen- und Schülerseite wurden mit einem Mehrebenen-Modell (MSEM) zu Tage gefördert.

Soweit ein paar Hinweise. Wer sich in die Methodik vertiefen möchte, sei auf die Dissertationsschrift hingewiesen. Sie kann vom Hochschulsurfer der PH Karlsruhe heruntergeladen werden (Stettler, 2021, <https://phka.bs-zbw.de/frontdoor/index/index/docId/263>).

## 6 Resultate

### 6.1 Unterrichtstypen

Schon in der Forschungsfrage wurde der Gedanke formuliert, dass es über die verschiedenen Klassen typische Unterrichtsformen geben könnte. Ein erster Analyseschritt bestand also aus der Suche nach typischen Unterrichtsformen. Damit ist die Erwartung verbunden, dass es eine überschaubare Anzahl von Formen des Unterrichts gibt, die bezüglich des Offenheitsgrades der Aufgabenstellung und der Strukturiertheit des Unterrichts ein typisches Profil ausweisen. Zentrales Instrument bei dieser mehrschrittigen Analyse ist eine Latent Profile Analysis (LPA).

Die Ergebnisse zeigen ein recht klares Bild: Gemäss den Auswertungen der Untersuchung können im TTG-Unterricht drei Unterrichtstypen (Unterrichtstyp 1–3) unterschieden werden. Zusammenfassend werden diese wie folgt charakterisiert:

- Unterrichtstyp 1 arbeitet mit engen Aufgabenstellungen. Seine Strukturiertheitsgrad liegt in einem mittleren Bereich, zwischen den beiden anderen Unterrichtstypen.

**Offenheit der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichtes ...**

- Unterrichtstyp 2 bietet halboffenen Aufgabenstellungen an. Die Strukturiertheit des Unterrichtes zeigt im Vergleich mit den beiden anderen Unterrichtstypen niedere Werte.
- Unterrichtstyp 3 beinhaltet offene Aufgabenstellungen. Die Strukturiertheit des Unterrichtes ist höher als die der beiden anderen Unterrichtstypen.

Zur Übersicht, sind drei Unterrichtstypen mit den beiden Bereichen Offenheit der Aufgabenstellung und der Strukturiertheit des Unterrichtes mit Pfeilen dargestellt.

Unterrichtstypen	Offenheit der Aufgabenstellung	Strukturiertheit des Unterrichtes
Unterrichtstyp 1	↘	→
Unterrichtstyp 2	→	↘
Unterrichtstyp 3	↗	↗

*Abbildung 7* Die Ausprägungen der Unterrichtstypen werden mit Pfeilen dargestellt: tief ↘, mittel →, hoch ↗

Auf das Profil von Unterrichtstyp 3 möchte ich bei den weiteren Ausführungen ein besonderes Augenmerk legen: Während Unterrichtstyp 1 und 2 bezüglich des Offenheitsgrades der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichtes niedere und mittlere Werten zeigen, weist Unterrichtstyp 3 in beiden Bereichen hohe Werte aus. Im ersten Moment könnte dieser Befund stutzig machen. Kann ein Unterricht gleichzeitig offene Aufgaben anbieten und strukturiert sein? Hartinger und Hawelka (2005) schreiben, dass Öffnung und Strukturierung des Unterrichtes keinen Widerspruch darstellen. Im Gegenteil: Die beiden machen geltend, dass gerade offene Aufgaben der sorgfältigen Einbettung in Strukturen bedürfen. Sie konnten nachweisen, dass offener Unterricht mit der Strukturiertheit positiv korreliert.

## 6.2 Befunde zu Schülerinnen und Schülern

Die Analyse zeigt deutlich, dass die drei Unterrichtstypen unterschiedlichen Einfluss auf die Klassen haben. Zur Auswertung wurde in diesem Bereich ein Mehrebenenmodell verwendet. Dieses komplexe Verfahren wird auf der einen Seite dem Zusammenhang des Angebots-Nutzungsmodell (Unterrichtsaktivitäten und Outcomes) und auf der anderen Seite der Schulsituation mit ihrer Clusterung der Daten gerecht. Auch hier können nur ausgewählte Befunde zu Unterrichtstyp 3 vorgestellt werden. Die Befunde stehen beispielhaft für den Einfluss der drei Unterrichtstypen auf die Lernprozesse. Die drei ersten Resultate zwischen Unterrichtstyp 3 und den beiden anderen Unterrichtstypen sind vergleichend.

In Unterrichtstyp 3 sind Schülerinnen und Schüler ...

- ... kognitiv aktivierter als in Unterrichtstyp 1 ( $B = -.16^{**}$ ,  $SE = .07$ ),
- ... selbstbestimmter als in Unterrichtstyp 1 ( $B = -.52^{**}$ ,  $SE = .18$ ),
- ... selbstwirksamer als in Unterrichtstyp 2 ( $B = -.19^*$ ,  $SE = .08$ ).

Die beiden ersten Befunde betreffen die Unterrichtsaktivitäten der Schülerinnen und Schüler. Klassen, die mit Unterrichtstyp 3, also mit offenen Aufgabenstellungen und einem strukturierten Unterricht konfrontiert sind, denken mehr nach und erleben gleichzeitig mehr Selbstbestimmung. Das dritte Ergebnis betrifft ein sogenanntes Outcome – einen Ertrag aus dem Unterricht, der auch langfristig zum Tragen kommt: Schülerinnen und Schüler, die selbstwirksam sind, haben die Überzeugung, dass sie im TTT-Unterricht etwas erreichen können.

Darüber hinaus erweist sich Unterrichtstyp 3 direkt oder indirekt über die Mediatoren als Prädiktor für

- die intrinsische Motivation
- die Motivation im Fach
- die Selbstwirksamkeitsüberzeugung.

Auch diese Befunde sind sehr wichtige: Intrinsische Motivation sorgt im Unterricht dafür, dass die Schülerinnen und Schüler an der Sache selbst interessiert sind und nicht in erster Linie von der Lehrperson angetrieben werden müssen. Die Motivation im Fach löst intensives Engagement im Unterricht aus. Selbstwirksamkeitsüberzeugung meint das Vertrauen der

Lernenden in ihre Kompetenzen. Diese Einflussgrößen wirken im Unterricht und später weit über die Schulzeit hinaus. Wenn Schülerinnen und Schüler eine hohe intrinsische Motivation, eine hohe Motivation im Fach und eine hohe Selbstwirksamkeitsüberzeugung entwickeln, werden sie auch nach der Zeit in der Schule im technisch-gestalterischen Bereich aktiv sein, sich weiterbilden und ein hohes Vertrauen in die entsprechenden Kompetenzen haben. Genau das wünschen wir uns für unsere Schülerinnen und Schüler.

Zusammenfassend zeigen die Befunde, dass Unterrichtstyp 3 mit offenen Aufgabenstellungen und einem strukturierten Unterricht ...

- kognitiv aktivierend ist (Kunter & Voss 2011)
- weniger gestört wird (Evertson & Weinstein 2006)
- zu mehr Selbstbestimmungserleben führt (Deci und Ryan 1993)
- hohe intrinsische Motivation möglich macht (DeCharms 1968)
- generell eine hohe Fachmotivation zeigt (Fauth et al. 2014)
- zu mehr Selbstwirksamkeitsüberzeugung führt (Bandura 1977)
- ein förderliches Unterrichtsklima beinhaltet (Kunter & Voss 2011).

Die empirischen Befunde, die an dieser Stelle nur auszugsweise dargestellt werden konnten, sprechen eine deutliche Sprache: Unterrichtstyp 3 mit offenen Aufgabenstellungen und strukturiertem Unterricht zeigt einige Vorteile.

## **7 Schlussgedanken**

Wir haben einige Einblicke in eine quantitative Studie bekommen. Dabei stellen wir fest, dass es tatsächlich typische Unterrichtsformen im Technischen Gestalten gibt. Gleichzeitig stellen wir fest, dass diese Unterrichtstypen die Aktivitäten und die Kompetenzentwicklung der Klassen beeinflussen. Es spielt folglich eine Rolle, welche Art von Aufgabenstellungen erteilt wird, und wie der Unterricht strukturiert ist. Unterrichtstyp 3 verdient dabei besondere Beachtung. Mit seinen offenen Aufgabenstellungen und der relativ hohen Strukturiertheit des Unterrichtes beeinflusst er die Lernprozesse und die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler besonders positiv. Er löst sowohl Unterrichtsaktivitäten als auch Erträge aus, die wir uns wünschen.

## Literatur

- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *psychological Review*, 84, S. 191–215.
- D-EDK, (2016). Lehrplan 21. [www.Lehrplan.ch](http://www.Lehrplan.ch) (Abfrage: 29.02.2016)
- DeCharms, R. C. (1968). *Personal causation: The internal affective determinants of behavior*. New York: Academic Press.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. Weinheim: Beltz.
- Evertson, C. M., & Weinstein, C. S. (2006). *Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Grundsschulunterricht aus Schüler-, Lehrer- und Beobachterperspektive: Zusammenhänge und Vorhersage von Lernerfolg\*. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28(3), S. 127–137. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000129>
- Hartinger, A., & Hawelka, B. (2005). Öffnung und Strukturierung von Unterricht. *Widerspruch oder Ergänzung? Die deutsche Schule*, 97 (2005) 3, S. 329–341.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Klett/ Kallmeyer.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2009). *Unterricht*. In E. Wild & J. Möller, Hrsg. Bd. *Pädagogische Psychologie*. Berlin: Springer.
- Stettler, A. (2021). *Offenheit der Aufgabenstellung und Strukturiertheit des Unterrichtes im Technischen Gestalten* (Dissertation). Pädagogische Hochschule Karlsruhe. <https://phka.bsz-bw.de/frontdoor/index/index/docId/263>

Marietta Campbell und Isabelle Penning

## **Sprachsensible Fahrradreparatur**

– Ansätze zur Förderung von Sprachbildung in der Lehrerinnen- und  
Lehrerbildung für das Fach Wirtschaft-Arbeit-Technik

Sprache ist Medium und der Spracherwerb Ziel von Bildungsprozessen und stellt einen wesentlichen Schlüssel für Partizipation an Gesellschaft und Bildungserfolg dar. Daher fordert die Kultusministerkonferenz (2019, S. 4 ff.), dass sprachliche Bildung als Querschnittsaufgabe aller an schulischer Bildung Beteiligten aufgegriffen und als durchgängiges Unterrichtsprinzip für alle Fächer und Lernbereiche realisiert wird. Aufgrund dieser hohen Relevanz von Sprachbildung und der aktuell vorerst nur vereinzelt Berücksichtigung von Sprachbildung in der technischen Bildung, gilt es einen sprachsensiblen Fachunterricht für die technische Bildung zu konzipieren, empirisch zu erforschen und in der Praxis zu etablieren.

In diesem Beitrag wird die Relevanz der Förderung von Fachsprache im Unterricht erläutert und auf die Technische Bildung bezogen. Etablierte Methoden der Sprachbildung wie das Scaffolding-Konzept und die Verwendung sprachlicher Modellierungstechniken werden vorgestellt und fachdidaktisch rekonstruiert. Die Einbettung dieser Methoden in die Lehrerinnen- und Lehrerbildung im Rahmen eines innovativen Lehrprojektes im Fach Wirtschaft- Arbeit- Technik (WAT) an der Universität Potsdam wird beschrieben und kritisch reflektiert.

### **1 Sprachsensibler Fachunterricht**

Für die Technische Bildung sind erste Ansätze und Studien vorhanden, welche sich konkret auf die Sprachbildung im Technikunterricht oder

sprachsensible Unterrichtsgestaltung technischer Bildung beziehen. Die Veröffentlichung von Unterrichtsbeispielen, wie die Beiträge von Böbe & Schallenberg (2020, S. 55 ff.), Albrecht (2020, S. 55 ff.) oder Kraft (2017), als auch theoretisch-konzeptionelle Betrachtungen (vgl. Knab et al. 2017) sowie erste Studien verdeutlichen eine beginnende fachdidaktische Bearbeitung des Themas. Eine Studie zur textsortenbasierten Sprachbildung veröffentlichten Lang & Ciklasahin (2002), mit der sie das „Projekt SchriFT II – Schreiben im Fachunterricht der Sekundarstufe I“ empirisch begleiten. In Bezug auf die türkische Sprache wurde hier eine experimentelle Feldstudie zur Wirksamkeit textsortenbasierter Sprachbildungsmaterialien in der siebten und achten Jahrgangsstufe an Gesamtschulen in NRW durchgeführt, in der sich der Einsatz solcher speziell entwickelten Materialien als positiv herausgestellt hat (vgl. ebd.). Innerhalb eines Forschungsprojektes zum Thema handlungsorientierter Technikunterricht als Zugang zum Spracherwerb konnten Dutz & Campbell (2019) zudem erste empirische Ergebnisse erlangen, welche belegen, dass der Technikunterricht durch seine handlungs- und produktorientierte Ausrichtung große Potenziale für die Sprachförderung und Sprachbildung für Sprachlernerinnen und -lerner birgt – insbesondere, wenn darüber hinaus noch ein Förderbedarf im Bereich der emotionalen und sozialen Entwicklung besteht (vgl. ebd.).

Trotz erster empirischer Erkenntnisse stellt die Sprachbildung und Sprachsensibilität in der Technischen Bildung noch eine Forschungslücke dar. Es gibt jedoch interessante und relevante empirische Untersuchungen aus anderen, naturwissenschaftlich ausgerichteten Fächern, deren Übertragbarkeit auf die technische Bildung zu überprüfen ist. So untersucht beispielsweise Drum (2016) die Bedeutung der Sprachbildung aus Sicht von Biologie-Lehrkräften, Schwichow und Wulff (2011) erheben Schülerinnen- und Schülervorstellungen zur Konzeption eines sprachsensiblen Physikunterrichts und Tajmel (2017) entwickelt ein Modell einer „kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit“ für die naturwissenschaftliche Bildung und den Physikunterricht im Kontext von Migration und Mehrsprachigkeit. Diese Studien und auch unterrichtspraktische Vorarbeiten anderer Unterrichtsfächer können methodologische und inhaltliche Anregungen sowie Impulse zur Initiierung von Unterrichts- und Forschungsprojekten der technischen Bildung bieten und dazu beitragen, die geforderte Sprachbildung auch in der

technischen Bildung empirisch fundiert umzusetzen. Im Fokus einer sprachsensiblen technischen Bildung sollte die Förderung der Bildungs- und insbesondere der Fachsprache sein, die relevant für die Ausbildung von fachlichen Kompetenzen ist, wie im Folgenden dargelegt wird.

### **1.1 Fachsprache als spezifische Form der Bildungssprache**

Das Beherrschen der sogenannten Bildungssprache gilt als Voraussetzung für schulischen Erfolg (vgl. Becker-Mrotzek et al. 2017, S. 25). Sie unterscheidet sich von der „Umgangssprache durch die Disziplin des schriftlichen Ausdrucks und durch einen differenzierten, fachlichen Einbezug des Wortschatzes“ (Habermas 1977, S. 39). Sie ist vorwiegend auf schriftliche Situationen bezogen, auch wenn sie im Unterricht auch im mündlichen Gebrauch vorkommt. Bildungssprache erfüllt überdies drei wesentliche Funktionen (vgl. Morek & Heller 2012, S. 79): Innerhalb der kommunikativen Funktion dient die Bildungssprache als Medium für Wissensvermittlung, -aneignung und -reflexion im Unterricht. Sie bestimmt den Zugang zu den vermittelten Lerninhalten des jeweiligen Faches. Die epistemische Funktion beschreibt die Bildungssprache als Werkzeug des Denkens, welches, wenn einmal erlernt, flexibel und situationsunabhängig von der Nutzerin oder dem Nutzer eingesetzt werden kann. Zuletzt gilt Bildungssprache als „Eintritts- und Visitenkarte“ und erfüllt dementsprechend auch eine sozialsymbolische Funktion, da sie im Dialog als ein Indikator für den Bildungsgrad interpretiert wird (vgl. ebd.). In bildungssprachlichen Kontexten werden nämlich hauptsächlich besondere und auf den schulisch-akademischen Bereich bezogene sprachliche Formate und Prozeduren in den Blick genommen, wie beispielsweise Vergleichen, Analysieren und Erörtern (Feilke 2012, S. 5).

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass bildungssprachliche Kompetenzen in der deutschen Sprache eine wesentliche Voraussetzung zum Lernen und für den Schulerfolg sind und sie haben dementsprechend eine überragende Bedeutung bei der Verbesserung der Chancengleichheit und Bildungsgerechtigkeit. Abgebildet wird dies auch in internationalen Schulleistungsstudien wie PISA, IGLU und dem nationalen IQB-Bildungstrend. Sie belegen einen engen Zusammenhang zwischen bildungssprachlichen Kompetenzen und schulischem Erfolg und zeigen außerdem in den letzten

Jahren einen Abfall von entscheidenden sprachlichen Kompetenzen wie dem Lesen, Schreiben (auch Rechtschreiben), Zuhören und Sprechen, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund (vgl. KMK 2019, S. 4 ff.).

Die Fachsprache gilt als spezielle Form der Bildungssprache, denn sie kommt nur im Kontext des jeweiligen Fachunterrichts zur Anwendung. Typisch ist eine hohe Dichte an fachspezifischen Wendungen und Bezeichnungen, sowie für die Alltagssprache oder allgemeine Bildungssprache untypische Satz- und Textkonstruktionen (vgl. Leisen 2010, S. 5). In der Technischen Bildung wäre hier als fachspezifisches Beispiel die Bauanleitung zu nennen, in der hauptsächlich der Imperativ genutzt wird. Außerdem existieren für jedes Fach spezifische Begriffe. In der Technischen Bildung wären Beispiele das Löten, etwas verzinken oder die Benennung spezifischer Werkzeuge wie die Gehrungssäge. Hier besteht Potential für sprachliche Hürden insbesondere für Schülerinnen und Schüler mit Deutsch als Zweitsprache als auch für die übrigen. Im gemeinsamen sprachsensiblen Fachunterricht sollte man diese aufgreifen, um die Fachsprache zu fördern.

## 1.2 Sprachsensibilität im Unterricht

Sprachsensibler Unterricht spielt eine wichtige Rolle, da die oben genannten essentiellen sprachlichen Kompetenzen ausgebaut werden können und diese Form von Unterricht somit das Potenzial hat, allen Schülerinnen und Schülern einen Zugang zu schulischem Bildungserfolg zu ermöglichen (vgl. KMK 2019, S. 4 ff.). Der Begriff Sprachsensibilität erfüllt in diesem Kontext eine übergeordnete Rolle und ist als ein Qualitätsmerkmal zu verstehen, welches im pädagogischen Unterricht genutzt wird, um die kommunikative Teilhabe aller Teilnehmenden zu sichern (vgl. Andersen & Funke 2006, S. 457 ff.). Überdies wird durch Sprachsensibilität im Diskurs von Unterrichtsplanung die Bereitschaft und auch die Fähigkeit einer Lehrperson abgebildet, den Fokus nicht nur auf die inhaltliche Sichtweise der Sprache zu setzen, sondern darüber hinaus allgemeine sprachliche Erscheinungen im Schriftlichen und Kommunikativen als solche zu beleuchten (vgl. Budde 2012, S. 65).

Sprachbildung ist hierbei als zentraler Teil von sprachsensiblen Unterricht zu verstehen, denn Sprachbildung bezeichnet systematisch angeregte und gezielt geplante Sprachentwicklungsprozesse aller Schülerinnen und Schüler und ist eine allgemeine Aufgabe des Unterrichts in jedem Fach. Die kann zum Beispiel durch gezielte Strategien zum Leseverstehen, Schreiben und Produzieren, Darstellen und Präsentieren etc. erreicht werden (vgl. Günay & Bigos 2022, S. 226 ff.). Die oft von weniger erfahrenen Lehrkräften im fachlichen Diskurs als Synonym für Sprachbildung verstandene Sprachförderung ist im Fachkontext jedoch eine spezielle Differenzierung. Sprachförderung ist eine Priorisierung und inhaltliche Erweiterung von Sprachbildung. Sie ist im Gegensatz zur Sprachbildung konkret an einen diagnostizierten Förderbedarf gebunden und fokussiert sich auf den Erwerb und Gebrauch von grundlegenden grammatikalischen Prozessen, denn diese müssen beherrscht werden, um Bildungssprache verstehen und anwenden zu können (vgl. ebd.).

## 2 Konzepte und Ansätze sprachlicher Bildung

Es existieren bereits diverse Ansätze, wie sprachliche Bildung in den allgemeinen Unterricht oder konkret in den Fachunterricht integriert und folglich Sprachsensibilität praktisch umgesetzt werden kann. Bekannte Ansätze sind beispielsweise die sprachbewusste Unterrichtsplanung (vgl. Tajmel & Hägi-Maed 2017), die Genredidaktik in Form von textsortenorientierter sprachlicher Bildung (Gürsoy 2018) oder das Konzept „SPRAAK – Sprachregister angemessen anwenden können“ von Michalak et al. (2015). Außerdem existieren mehr auf das Individuum bezogene Konzepte wie der Sprachcoach von Thürmann et al. (2017) und Konzepte, welche sich an Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund richten (Gogolin et al. 2011) und die Muttersprache mit einbeziehen (z. B. Sprachen bilden Chancen von Jostes et al. 2017). Exemplarisch sollen die im Lehrprojekt mit den Studierenden eingesetzten Konzepte des Scaffoldings nach Gibbons (2002), des sprachsensiblen Fachunterrichts nach Josef Leisen (2019) und der Modellierungstechniken nach Dannenbauer (2002) erläutert werden. Diese Konzepte werden in der Fachliteratur besonders häufig rezipiert, wurden bereits in verschiedenen Fachkontexten erfolgreich angewendet und evaluiert und waren im Zeitkontingent der Lehrveranstaltungen umsetzbar.

Ein allgemeines Konzept von sprachlicher Bildung, welches in jedem Unterrichtsfach eingesetzt werden kann, ist das Scaffolding nach Gibbons (2002). Ganz generell ist mit dem Begriff eine Art Sprachgerüst gemeint, welches eine spezielle Form der sprachlichen Unterstützung darstellt. Hierbei liegt der Ursprung des Konzeptes in der Psycholinguistik, also der Erforschung des natürlichen Spracherwerbs. Im Rahmen von wissenschaftlichen Studien konnte nachgewiesen werden, dass sprachlich kompetente Menschen in der Kommunikation mit Kleinkindern ihr Sprachverhalten am Niveau des Kindes ausrichten (vgl. Gibbons 2002, S. 62). Vorübergehend wird ein Sprachgerüst aufgebaut, welches dazu dienen soll, die sprachlichen Kompetenzen des Interaktionspartners zu erweitern (vgl. ebd.). Diese Verfahrensweise kann in die lerntheoretischen Auffassungen von Vygotsky (1978, S. 79 ff.) eingeordnet werden, die bis heute den theoretischen Rahmen der Maßnahme bilden. Diese Theorie geht davon aus, dass erfolgreiches Lernen am ehesten stattfindet, wenn Lernende vor Herausforderungen gestellt werden, die etwas über ihrem aktuellen Entwicklungsstand liegen und sich somit in der sogenannten Zone der nächsten Entwicklung befinden (vgl. ebd.).

Das Konzept des sprachsensiblen Fachunterrichts nach Josef Leisen (2010) basiert auf seinen Ansätzen zur Umsetzung von sprachsensiblen Physikunterrichts. Er entwickelte sein Konzept über die Jahre so weiter, dass es sich mittlerweile problemlos auch auf andere Fachdisziplinen und Unterrichtsfächer, wie zum Beispiel die Technische Bildung übertragen lässt. Leisen nutzt als zentrales Prinzip verschiedene Darstellungsebenen und -formen (siehe Abbildung 1).

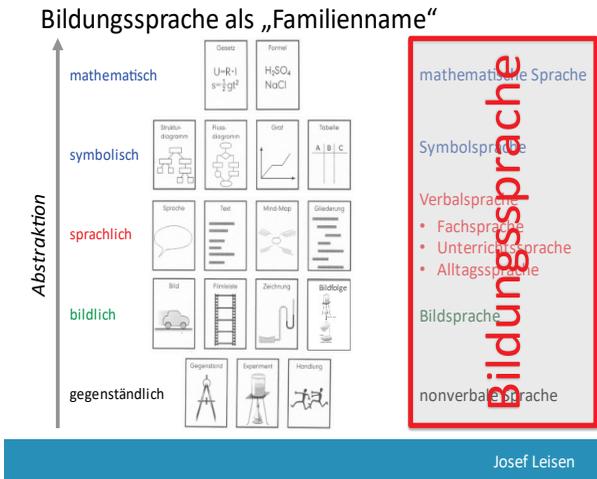


Abbildung 1  
 Abstraktionsebenen nach Leisen (Leisen 2010, S. 15)

Diese verschiedenen Formen der Darbietung eines Unterrichtsgegenstandes steigern sich im Anforderungsniveau von der gegenständlichen Darstellung, also dem Lernen am Modell oder einer konkreten von der Lehrperson präsentierten Handlung über die bildliche Darstellung, die sprachliche Darstellung und die symbolische Darstellung hin zu einer formalsprachlichen Darstellung, zum Beispiel in Form einer mathematischen Formel (vgl. ebd.). Mithilfe dieses steigenden Abstraktionsniveaus soll im Unterricht auf das individuelle Niveau der Schülerinnen und Schüler eingegangen werden, so dass sowohl ein Wechsel als auch eine Ergänzung der Ebenen möglich ist. Die Sprachanforderungen des Unterrichts sollen auch hier eine kalkulierte Herausforderung für die Schülerinnen und Schüler darstellen (vgl. Leisen 2010, S. 15 ff.).

Ein weiteres Konzept, welches sich auf die verbalsprachliche Interaktion im Unterricht anwenden lässt, ist das sprachliche Modellieren nach Dannenbauer (2002). Innerhalb dieser Technik sind mit „Modellieren“ unterstützende sprachliche Strukturen, Wörter und Kontexte gemeint, welche Schülerinnen und Schüler in ihrer Kommunikation und ihrem Ver-

ständnis des Unterrichtsinhalts unterstützen (vgl. ebd., S. 156 ff.). Beispielsweise kann durch verlangsamtes und betontes Sprechen der Lehrkraft an minimalen morphologischen Unterschieden, wie zum Beispiel der Differenz zwischen „den“ und „dem“ gearbeitet werden. Damit Lehrkräfte diese Maßnahmen im Unterricht sinnvoll und zielgerichtet einsetzen können, ist Übung notwendig, denn es ist wichtig, dass die Kommunikation nicht durch Unsicherheiten in der Anwendung beeinträchtigt oder sogar unterbrochen wird. Außerdem sollten alle Techniken zur sprachlichen Unterstützung immer situationsangemessen und sensibel eingesetzt werden, damit sie möglichst zielführend sind und nicht den gegenteiligen Effekt haben (vgl. ebd.).

Innerhalb der Modellierungstechniken wird in vorausgehende und nachfolgende Modellierungstechniken unterschieden.

- Vorausgehende Modellierungstechniken klassifizieren sich durch ihre Planbarkeit in der Unterrichtsvorbereitung. Im Vorfeld können hier sprachliche Äußerungen, zum Beispiel in Form eines Lehrerinnen- bzw. Lehrervortrags in den Unterricht eingebaut werden. Auch das Parallelsprechen, also das sprachliche Begleiten einer praktischen Handlung ist hilfreich, um eine Sprachsituation in den jeweils relevanten Sach- und Handlungskontext einzubetten und die korrekte Fachsprache nochmals zu wiederholen. Zeitlich sollte der sprachliche Input der Lehrkraft am Anfang der Stunde oder zumindest vor einer Phase mit geplanten Schülerinnen- und Schüleräußerungen liegen, sodass durch den Input der Lehrkraft auch wirklich die Nutzung der treffenden Sprache und Fachwörter für die tatsächliche Beschreibung einer Unterrichtssituation genutzt werden kann (vgl. Dannenbauer 2002, S. 150 ff.).
- Nachfolgende Modellierungstechniken werden immer dann genutzt, wenn eine sprachliche Äußerung einer Schülerin oder eines Schülers von der Lehrkraft korrigiert wird und mithilfe der korrekten Fachsprache auf das jeweils nächste Sprachniveau gehoben wird.

In Abbildung 2 werden anschauliche Anwendungsbeispiele für die oben beschriebenen nachfolgenden Modellierungstechniken im Bereich der Technischen Bildung aufgezeigt, die im fließenden Unterrichtsprozess

angewendet werden. Anhand von antizipierten Äußerungen der Schülerinnen und Schüler wird verdeutlicht, wie durch ein Wiederholen der Aussage durch die Lehrkraft eine sanfte Korrektur oder Ergänzung hin zu angemessener und richtiger Fachsprache erfolgen kann, oder eine allumfassendere Beschreibung einer Handlung möglich ist (vgl. Dannenbauer 2002, S. 152).

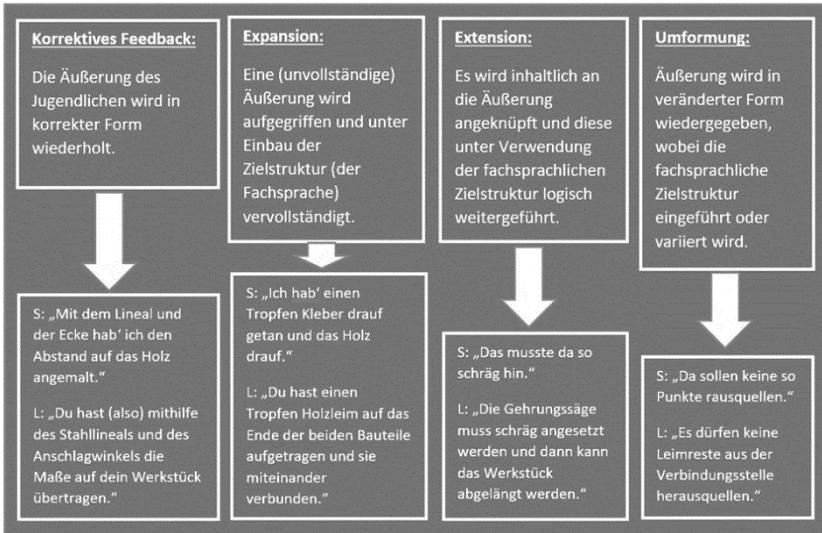


Abbildung 2

Modellierungstechniken (modifiziert mit eigenen Beispielen nach Dannenbauer 2002, S. 152 f.)

An dieser Stelle ist es essenziell zu betonen, dass alle bisher vorgestellten Methoden nicht für die Korrektur gravierender Auffälligkeiten im Entwicklungsbereich Sprache geeignet sind und somit selbstverständlich eine separate und individuelle Sprachförderung nicht ersetzen können. Sie sollen vielmehr als Möglichkeit verstanden werden, den eigenen Unterricht mit unterschiedlichen sprachsensiblen Angeboten anzureichern, um ihn für eine vielfältige Schülerinnen- und Schülerschaft mit unterschiedlichen sprachlichen Voraussetzungen und Niveaus zugänglich zu machen. Um diese Techniken zu erlernen, braucht es nicht nur das nötige Fachwissen, sondern auch Kreativität in der Umsetzung der Techniken im Unterricht und Übung in der Anwendung. Gerade deswegen können Praxisbeispiele

und konkrete Unterrichtsmaterialien für die jeweiligen Fächer eine große Stütze im Alltag einer Lehrperson darstellen.

### **3 Sprachsensibler Fachunterricht in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung**

Aus den vorangegangenen Ausführungen wurde die hohe Relevanz des sprachsensiblen Fachunterrichts deutlich und etablierte Methoden zur Sprachbildung wurden vorgestellt. Um einen durch sprachbildnerische Elemente angereicherten Fachunterricht durchführen zu können, ist eine entsprechende Qualifizierung von Lehrpersonen notwendig. Die Lehrerinnen- und Lehrerbildung und Sensibilisierung für sprachliche Prozesse bilden die Basis für die Berücksichtigung sprachlicher Aspekte des Lernens im Unterricht und für einen professionellen Umgang mit empirischen und theoretischen Erkenntnissen (vgl. Günay & Bigos 2022, S. 232). In der Schulpraxis fehlt bis heute vielen Lehrerinnen und Lehrern basales Wissen für die Bedeutung sprachlicher Register, syntaktischer und textueller Merkmale in der Bildungssprache in ihrem Unterricht (vgl. ebd.). Eine Einbettung von sprachlicher Bildung in die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften stellt ein zentrales Element der Umsetzung der KMK-Vorgaben (2019) dar. Daher verwundert es nicht, dass Sprachbildung nicht nur ein überfachliches schulisches Bildungsanliegen ist, sondern auch in der universitären Lehrerinnen- und Lehrerbildung fachübergreifend gefordert wird, wie beispielsweise an der Universität Potsdam. So wurde an diesem Universitätsstandort bereits 2018 eine „Arbeitsgruppe Sprachbildung“ gegründet, aus der eine „Selbstverpflichtung der Fachdidaktiken“ zur inhaltlichen Gestaltung und curricularen Einbettung von Sprachbildung in allen für Lehramtsstudierende relevanten Fächer bzw. Didaktiken hervorgegangen ist (vgl. Schroeder o. J.) und die sich aktuell unter anderem mit der inhaltlichen Ausdifferenzierung der Sprachbildung und Qualifizierungsbedarfen in den Fachdidaktiken befasst.

#### **3.1 Organisationsrahmen des innovativen Lehrprojektes**

Das Pflichtmodul „Fachdidaktische Anwendungsfelder ökonomischer und technischer Bildung“, das im Lehramtsstudiengang Master of Education

Wirtschaft-Arbeit-Technik verankert ist, besteht aus zwei Seminaren mit jeweils zwei Semesterwochenstunden (SWS). Die neun Teilnehmerinnen und Teilnehmer besuchten alle beide Veranstaltungen, so dass die Gesamtmodulzeit von vier Semesterwochenstunden als durchgängiger, wöchentlich stattfindender Block angeboten werden konnte.

Mit dem innovativen Lehrprojekt wurde ein Zugang angestrebt, der

- fachliche Kompetenzen zur Fahrradreparatur mit
- fachdidaktischen Kompetenzen zur Methode „Reparaturaufgabe“
- und der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien mit
- fächerübergreifend relevanten Kompetenzen zur Sprachbildung verbindet.

Entsprechend wurden Kompetenzerwartungen in den Bereichen Fachwissenschaft Technik, Fachdidaktik der Technischen Bildung sowie Sprachbildung formuliert (vgl. Abbildung 3)

Fachwissenschaft Technik	Fachdidaktik der technischen Bildung	Sprachbildung
Die Studierenden		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Reparatur- und Wartungsarbeiten am Fahrrad durch</li> <li>• nutzen (Spezial-)Werkzeuge sach- und sicherheitsgerecht</li> <li>• analysieren die Funktionsweise einzelner Baugruppen des Fahrrads</li> <li>• verwenden Fachsprache zur Beschreibung technischer Denk- und Handlungsweisen</li> <li>• bewerten die gesellschaftliche Perspektive des Fahrrads</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die fach-spezifische Methode „Reparaturaufgaben“ und wenden diese bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien an</li> <li>• entwickeln unter Beratung und Anleitung durch die Dozierenden zielgruppen-gerechte Unterrichtsmaterialien, bei denen sie               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ fachspezifische Inhalte zur Fahrradreparatur zielgruppengerecht aufbereiten</li> <li>○ verschiedene Differenzierungsebenen anwenden</li> <li>○ Material und Kommunikationssituationen sprachsensibel und adressantengerecht gestalten</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wiederholen bzw. erlernen die Methode des Scaffolding nach Gibbons (2002 für den WAT-Unterricht und setzen den ersten Schritt (Bedarfsanalyse) planerisch für das Fahrradreparatur-Projekt um</li> <li>• erlernen sprachliche Modellierungstechniken, um ihr eigenes Kommunikationsverhalten sprachförderlich zu gestalten (korrekatives Feedback, Expansion, Extension, Umformung)</li> <li>• entwickeln sprachbildende Unterrichtsmaterialien, bspw. durch die Nutzung von Farbsystemen zur Genusmarkierung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erproben die von ihnen erstellten Unterrichtsmaterialien im Rahmen eines Fahrrad-Projekttagges</li> <li>• evaluieren und reflektieren ihre eigenen Materialien und beteiligen sich am Peer-Feedback</li> </ul>		

Abbildung 3

Übersicht der angestrebten Kompetenzen (eigene Darstellung)

### 3.2 Ablauf des Moduls „Sprachsensible Fahrradreparatur“

Das Ziel des Moduls bestand in der Entwicklung fachdidaktischer Unterrichtsmodule für eine inklusiv ausgerichtete, sprachbildende sowie innovative Technische Bildung. Anschließend sollten diese mit Schülerinnen und Schülern im Rahmen von Fahrradreparatur-Projekttagen praktisch erprobt und empirisch evaluiert werden. Mit der Bezeichnung Unterrichtsmodul wird hier ein Lehr-Lernmaterial bezeichnet, für das eine beispielhafte unterrichtliche Einbettung konzipiert wurde, welches innerhalb von 60 Minuten in Kleingruppen von ca. vier Schülerinnen und Schülern erprobt wird. Die im Rahmen der Lehrveranstaltung entwickelten Unterrichtsmodule wurden als Open Educational Ressources (OER) aufbereitet. Der folgende modularisierte Ablauf wurde umgesetzt:

*Tabelle 1*

Ablauf des Innovativen Lehrprojektes „Sprachsensible Fahrradreparatur“

Modultitel	Inhalt / Kompetenzerwartung
Modul I: Das Fahrrad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifikation von Baugruppen</li> <li>- Fahrradwartung und Verkehrssicherheit</li> <li>- Ermittlung zentraler Reparatur- und Wartungsarbeiten</li> <li>- Auswahl einzelner Arbeiten und fachliche Einarbeitung</li> <li>- Praktische Durchführung von Reparaturarbeiten</li> </ul>
Modul II: Fachdidaktische Aspekte zur Entwicklung von Reparaturaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fachspezifische Methode: Reparaturkompetenzen</li> <li>- Kompetenzformulierungen</li> <li>- Kriterien guter, fachspezifischer Aufgabenstellungen</li> <li>- Entwicklung differenzierender Aufgabenstellungen</li> </ul>
Modul III: Entwicklung von Reparaturaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung von Unterrichtsmaterialien in Kleingruppen</li> <li>- Peer-to-peer Feedback + Feedback von Dozierenden</li> </ul>
Modul IV: Sprachbildung in der technischen Bildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisierung für das Thema Sprachbildung im WAT-Unterricht</li> <li>- Erlernen von sprachlichen Modellierungstechniken zur Optimierung des eigenen sprachförderlichen Kommunikationsverhaltens</li> <li>- praktische Umsetzung des Scaffolding-Konzepts</li> </ul>
Modul V: Fahrradreparatur an der Schule <i>Musste pandemiebedingt entfallen, stattdessen wurde ein weiteres Peer-Feedback zu den überarbeiteten Modulen realisiert</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Workshop im Umfang von vier Stunden an einer Kooperationsschule</li> <li>- zwei Studierende leiten im Tandem eine Kleingruppe von vier Schülerinnen und Schülern an</li> <li>- sie führen ihre Planung zweimal durch</li> <li>- Reflexion der Unterrichtsmaterialien und des eigenen pädagogischen und Sprachhandelns im Nachgang der Projektdurchführung</li> </ul>
Modul VI: Technikbewertung und -folgenabschätzung: Das Fahrrad im gesellschaftlichen Wandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiterentwicklung der Materialien und Projektdokumentation</li> <li>- Das Fahrrad im gesellschaftlichen Wandel</li> </ul>

Zu Beginn des Lehr-Lernprojektes „Sprachsensible Fahrradreparatur“ wurden anhand einer handlungsorientierten Stationenarbeit verschiedene Wartungs- und Reparaturarbeiten am Fahrrad durchgeführt und damit fachwissenschaftliche Kompetenzen gefördert. Nach den ersten Modulsitzungen in Präsenz wurde pandemiebedingt nach Abstimmung unter den Teilnehmenden auf ein synchrones Online-Format umgestellt. Dieses wurde mit optionalen, individuellen Beratungsterminen digital und vor Ort (mit der Möglichkeit, die Lehr-Lernumgebung zu nutzen) flankiert. Durch die Bereitstellung der personellen Ressourcen konnte auf diese veränderten Rahmenbedingungen gut eingegangen werden, so dass sich diese als förderliche Faktoren für die Modulumsatzung erwiesen.

Nachfolgend wurden fachdidaktische Grundlagen zur Methode „Reparaturaufgaben“ erarbeitet. Parallel dazu wurden den Studierenden die konkreten Lerngruppen der Kooperationsschule vorgestellt. Die theoretischen Grundlagen zur Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und ihrer OER-Lizensierung waren zusammen mit dem thematischen Bezugspunkt der Fahrradreparatur und -wartung Ausgangspunkt für die Entwicklung von Unterrichtsmodulen. Zusätzlich erfolgte eine Sensibilisierung für das Thema Sprachbildung im WAT-Unterricht. Sprachliche Modellierungstechniken zur Optimierung des eigenen sprachförderlichen Kommunikationsverhaltens wurden vermittelt und erprobt sowie die praktische Umsetzung des Scaffolding-Konzepts bei der Planung des Fahrradreparatur-Projekttagess gefördert. Die Studierenden entwickelten, erprobten und evaluierten die Unterrichtsmodule in Kleingruppen von zwei bis drei Personen. Sie wurden bei der Konzeption und der Erstellung der didaktischen Module unterstützt und beraten und erhielten in einer Seminarsitzung, die als Zwischenpräsentation angelegt war, ausführliches Feedback (schriftlich und mündlich). Das Feedback wurde von den Studierenden eingearbeitet und die unterrichtspraktische Umsetzung vorbereitet. Gerade das Peer-Feedback und das Feedback durch die Dozierenden der Sprachbildung und WAT erwies sich als hilfreich, ebenso wie die Verknüpfung zwischen fachlichem Input, eigenständiger Entwicklung und Reflexion mit der Möglichkeit, Rückfragen zu stellen. Dieser Zyklus wurde beispielsweise beim Thema Differenzierung und OER realisiert.

Im Rahmen eines Projekttages an einer Kooperationsschule sollten die Unterrichtsmodule der Studierenden erprobt werden. Dieser Termin musste pandemiebedingt entfallen und das freiwillige Angebot eines Ersatztermins in der vorlesungsfreien Zeit wurde nicht ausreichend nachgefragt. Stattdessen wurden die überarbeiteten Unterrichtsmodule in einer weiteren Feedback-Schleife konstruktiv bewertet und wertgeschätzt. Die finalen Module stellten die Prüfungsnebenleistung dar und wurden mit einem schriftlichen Unterrichtsentwurf als Modulabschluss flankiert.

### 3.3 Ergebnisse des Lehr-Lernprojektes

In der standardisierten Modulevaluation schätzten die Studierenden ihren Erkenntniszuwachs im Mittelwert mit 1.20 (sehr hoch) ein. Zusätzlich haben die Studierenden ihre Kompetenzen in den Kategorien Fachwissenschaft Technik, Fachdidaktik und Sprachbildung (siehe Abbildung 4) im Rahmen eines Pre- und Posttests eingeschätzt. Die gemittelten Ergebnisse des Pre- und Posttests sind in dem Balkendiagramm zu sehen.

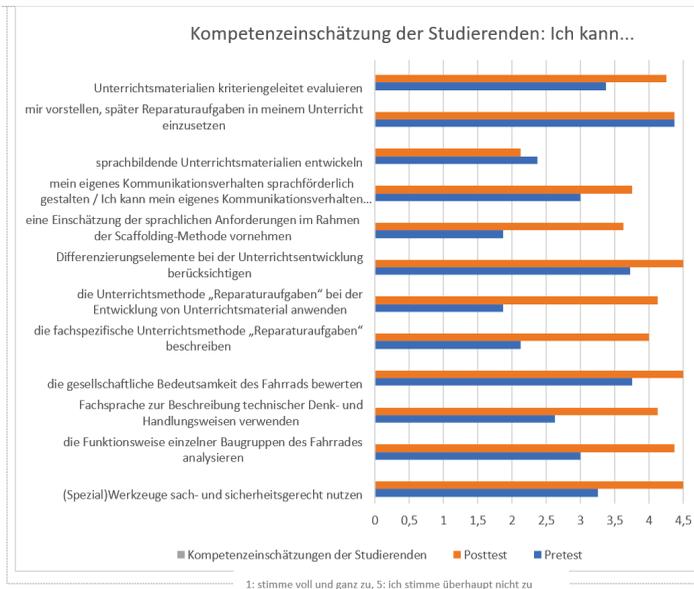


Abbildung 4

Kompetenzeinschätzung der Studierenden im Pre- und Posttest (Mittelwerte)

Es zeigte sich, dass die Studierenden bei vielen Items – auch bei denen zur Sprachbildung – eine deutliche Steigerung ihrer Kompetenzen einschätzten. Lediglich bei der Bereitschaft, Reparaturaufgaben einzusetzen, fand keine Änderung statt. Dies hat möglicherweise mit Deckeneffekten zu tun, da die Teilnehmenden von vornherein schon mit einer hohen Bereitschaft in das Modul kamen. Diese Vermutung gilt es jedoch empirisch zu überprüfen. Insbesondere der Erwerb von fachlichem Wissen zur Fahrradreparatur wurde von den Studierenden besonders geschätzt. Diese wurden im Evaluationsbogen bei dem offenen Antwortformat zur Frage „Wodurch lernten Sie in dieser Veranstaltung am meisten?“ besonders hervorgehoben:

- „Durch die (zum Glück) noch in Präsenz durchgeführten Veranstaltungen, in denen wir an Stationen selber reparieren konnten und uns da durch gemeinsames Arbeiten Neues gegenseitig beigebracht haben und voneinander lernen konnten.“
- „Durch die praktischen Anteile, aber auch die praxisnahen Vorträge zu OER, Aufgabenformulierung und Sprachsensibilität [...].“
- „Durch den hohen praktischen Anteil, den wir in der Lehrveranstaltung hatten [...].“



Abbildung 5  
Genusmarkierungen von relevanten Fachbegriffen

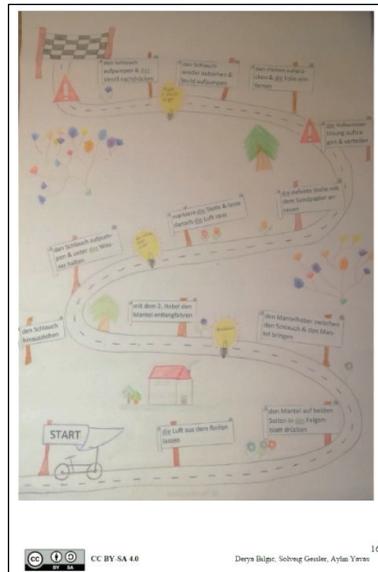


Abbildung 6  
Visualisierung des Ablaufs

Durch den nicht durchführbaren Praxistag konnten sprachliche Modellierungstechniken nicht im realen Unterrichtssetting erprobt und ausgewertet werden. Die entstandenen Unterrichtsmaterialien zeugen jedoch davon, dass das Konzept des Scaffolding verstanden und umgesetzt wurde. So wurden beispielsweise Genusmarkierungen genutzt und in Arbeitsblättern wieder aufgegriffen (siehe Abbildung 5), zentrale Abläufe visualisiert und diese Abläufe in den Unterrichtsverlauf dazu genutzt, Sprachhandlungen der Lernenden zu initiieren (Abbildung 6), und Abläufe mit Fotos angereichert, um eine eigenständige Durchführung der Reparaturaufgabe zu gewährleisten und zur Ergebnissicherung erneut aufzugreifen (Abbildung 7).

Schritt	Anleitung	Abbildung
1	Hake die vordere Bremse am Bowdenzug aus.	
2	Schraube den Bremsschuh mithilfe des Inbusschlüssels ab.	

	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/">CC BY 3.0 DE</a>	Schritt für Schritt Anleitung – Bremsschuhe wechseln	
Anne Fischer und Renée Schmalwasser			
Stand: 15. Februar 2022			2/12

Abbildung 7

Visualisierung einer schrittweise aufgebauten Anleitung

Aus Sicht der Dozentin erwies sich die Durchführung an mehreren Stellen als herausfordernd. Die drei fachlichen Schwerpunkte der Veranstaltung (fachwissenschaftlich, fachdidaktisch und sprachbildnerisch) stellten inhaltlich eine sinnvolle Verknüpfung dar, da Elemente der Sprachbildung direkt angewendet werden konnten. Durch die Dreiteilung blieb jedoch für jeden inhaltlichen Schwerpunkt nur eine sehr begrenzte Zeit zur Vermittlung. Gerade in Hinblick auf die fachwissenschaftlich notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten von Wartungs- und Reparaturaufgaben am Fahrrad konnten nur einzelne Baugruppen und Defekte thematisiert werden. Eine Übertragung auf die Schule in Form einer „freien“, am aktuellen Problem

orientierten Reparatur, wie sie aus der Perspektive einer nachhaltigen Instandsetzung sinnvoll wäre, ist so kaum möglich. Stattdessen wurden bewusst Inhalte ausgewählt und systematisch aufbereitet, wie zum Beispiel das Thema „Schlauch flicken“. Die hierbei erworbenen Kenntnisse können im nachfolgenden idealerweise auf eine reale Reparatur übertragen werden, wurden jedoch in diesem Fall größtenteils anhand von fingierten Problemen problematisiert und erprobt.

Die punktuelle Thematisierung der Sprachbildung, die größtenteils innerhalb einer Sitzung erfolgte und durch Feedbackschleifen ergänzt wurde, kann nur einen Anfang zur Integration von Sprachbildung in die Lehramtsausbildung im Fach WAT darstellen. Wünschenswert ist es, wie an der Universität Potsdam anvisiert, eine Grundlagenveranstaltung zur Sprachbildung in den Bachelor-Studiengang zu implementieren. Darauf aufbauend können die hierin erworbenen Grundkompetenzen in Rahmen der fachdidaktischen Lehrveranstaltungen vertieft, angewendet und spezifiziert werden. Da diese Verschränkung im Wintersemester 2021/22 noch nicht gegeben war, konnten die Studierenden zwar erste Elemente des Scaffolding-Konzeptes umsetzen. Eine vertiefte Reflexion dieser fand jedoch noch unzureichend statt. Gerade die Frage, wie sprachbildnerische Elemente in einer schriftlichen fachdidaktisch ausgerichteten Unterrichtsplanung integriert werden sollten, blieb beispielsweise noch weitestgehend unbeantwortet. Die von den Studierenden entwickelten didaktischen Lehr-Lernmaterialien zeigen jedoch exemplarisch Ansätze auf, wie technische Lehr-Lernmaterialien um ein sprachbildendes Element erweitert werden können. Durch die größtenteils als Open Educational Resource lizenzierten Materialien stehen diese theoretisch Studierenden als auch Lehrkräften zur freien Nutzung und Modifikation zur Verfügung. Das Aufgreifen der Materialien sowie deren perspektivische Veröffentlichung, die Weiterentwicklung, praktische Erprobung und empirische Begleitung soll in folgenden Lehrveranstaltungen fortgeführt werden. Die Förderung als innovatives Lehrprojekt hat dazu beigetragen, sachliche Rahmenbedingungen zu schaffen, auf die in folgenden Durchgängen zurückgegriffen werden kann. Als langfristiges Ziel ist vorgesehen, good-practice-Materialien zu erstellen, die der gesamten fachlichen Community zugänglich sind und somit einen Beitrag zu einer sprachsensiblen technischen Bildung leisten.

#### 4 Fazit und Ausblick

Schulischen (Fach-)Unterricht, also auch den Technikunterricht, sprachsensibel zu gestalten, ist ein Thema mit sehr hoher Relevanz. Sowohl durch die aktuellen Forderungen auf bildungspolitischer Ebene als auch durch das mehr und mehr sprachlich, kulturell und sozioökonomisch vielfältige Schülerinnen- und Schülerklientel in der deutschen Bildungslandschaft wächst der Druck auf die Lehrerinnen und Lehrer, ihren Unterricht differenziert und sprachsensibel zu gestalten. Da der Bildungserfolg stark von sprachlichen Kompetenzen abhängt, ist es gerade auch für den Fachunterricht relevant, sprachbildende Elemente zu integrieren und somit den fachlichen Kompetenzerwerb zu fördern. Die bereits etablierten Theorien und praxisorientierten Konzepte zur Sprachbildung sind daher auch auf die Technische Bildung zu übertragen. Im Rahmen der Lehrkräfteprofessionalisierung ist es nicht nur wichtig, Sprachbildung als Gegenstand der Aus-, Weiter- und Fortbildung von Lehrpersonen der Technischen Bildung zu implementieren, sondern auch unterrichtspraktische Beispiele und Materialien zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen. Das vorgestellte Lehrkonzept „Sprachsensible Fahrradreparatur“ zeigt eine erste Umsetzungsmöglichkeit zur Implementierung von Sprachbildung in die fachbezogene Lehramtsausbildung. Die daraus entstandenen, größtenteils unter einer Open Educational Lizenz veröffentlichten Materialien, können Impulse für nachfolgende Entwicklungen sein.

Die Relevanz der Thematik in der Bildungspolitik und die damit verbundenen Forderungen an die Lehrerinnen- und Lehrerbildung sowie die Institution Schule können sicherlich nur dann ausreichend umgesetzt werden, wenn sie systematisch, jenseits einer punktuellen Einbettung, integriert und verstetigt werden. Es gilt daher, nicht nur die praktische Umsetzung zu stärken, sondern auch entsprechende Forschungsprojekte zu initiieren. Nicht nur diese unterrichtliche Umsetzung der Sprachbildung sollte empirisch beforscht werden, sondern auch zahlreiche weitere Aspekte am Schnittfeld zwischen Sprachbildung und Technischer Bildung, zum Beispiel um die Spezifika der Herausforderungen der technischen Fachsprache zu erforschen, Bedarfe der fachbezogenen Lehrkräfteprofessionalisierung zu erheben oder die fachbezogene Sprachentwicklung der Lernenden zu erfassen. Sprachbildung als integraler Bestandteil der Technischen Bildung

und ihre systematische Umsetzung trägt zu einem wesentlichen Ziel Technischer Bildung bei: der Förderung fachbezogener Kompetenzen; denn Bildungserfolg ist ganz wesentlich von sprachlichen Kompetenzen abhängig.

## Literatur

- Andresen, Helga & Funke, Reinold (2006): Entwicklung sprachlichen Wissens und sprachlicher Bewusstheit. In: Bredel, Ursula; Günther, Hartmut; Klotz, Peter; Ossner, Jakob & Siebert-Ott, Gesa (Hrsg.): Didaktik der deutschen Sprache. Paderborn, Schöningh, S. 438–451.
- Becker-Mrotzek, Michael; Schramm, Karen; Thürmann, Eike & Vollmer, Helmut J. (Hrsg.) (2013): Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster, München, Berlin: Waxmann.
- Budde, Monika (2012): Über Sprache reflektieren. Unterricht in sprachheterogenen Lerngruppen. Deutsch als Zweitsprache, Fernstudien-einheit 2. IWD/ Universität Kassel: Kassel University Press. <https://portal.uni-kassel.de/kup/d/9783862192601> (Abfrage: 28.10.2022).
- Dannenbauer, Friedrich Michael (2002): Grammatik. In: Baumgartner, Stephan; Füssenich, Iris (Hrsg.): Sprachtherapie mit Kindern. Grundlagen und Verfahren. 5. Aufl. München. Basel: Reinhardt, S. 105–161.
- Dutz, Katharina; Campbell, Marietta; Landherr, Jan & Olthoff, Sarah (2019): Handlungsorientierter Technikunterricht als Zugang zum Spracherwerb. In: Butler, Martin & Goschler, Juliana (Hrsg.): Sprachsensibler Fachunterricht – Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive. Wiesbaden: Springer, S. 141–162.
- Drumm, Sandra (2016). Sprachbildung im Biologieunterricht. DaZ-Forschung 11. Berlin, Boston: DeGruyter Mouton.
- Feilke, Helmuth (2012): Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. In: Praxis Deutsch 39 (233), S. 4–13.
- Fuhrmann, Michaela (2022): Inklusives MakerLab: sprachensible Fahrradreparatur. Hg. v. Universität Potsdam. Zentrum für Qualitätsentwicklung in Lehre und Studium (ZfQ). <https://www.uni-potsdam.de/>

de/zfq/innovative-lehrprojekte/projektuebersicht-2021/penning-boehme-2021 (Abfrage: 28.10.2022).

- Ingrid Gogolin, Imke Lange, Ute Michel & Hans H. Reich (Hrsg.) (2013): Herausforderung Bildungssprache – und wie man sie meistert. Münster, München, Berlin: Waxmann.
- Gibbons, Pauline (2002): Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Günay, Gülsüm; Bigos, Michael (2022): Von der Sprachförderung zur Sprachbildung – Eine konzeptionelle Entwicklung und ihre Rolle in der Lehrer\*innenbildung. In: Miriam Stock, Nazli Hodaie, Stefan Immerfall und Margarete Menz (Hrsg.): Arbeitstitel: Migrationsgesellschaft. Pädagogik – Profession – Praktik. Wiesbaden, Heidelberg: Springer VS (MiGS), S. 225–241.
- Habermas, J. (1977): Umgangssprache, Wissenschaftssprache, Bildungssprache. In: Max-Planck-Gesellschaft (Hrsg.): Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft. S. 36–51.
- Gürsoy, Erkan (2018): Genredidaktik. Ein Modell zum generischen Lernen in allen Fächern mit besonderem Fokus auf Unterrichtsplanung. [https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/guersoy\\_genredidaktik.pdf](https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/guersoy_genredidaktik.pdf) (Abfrage: 28.10.2022).
- Jostes, Brigitte; Caspari, Daniela & Lütke, Beate (2017): Sprachen – Bilden – Chancen. Sprachbildung in Didaktik und Lehrkräftebildung. Münster, New York: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (Hrsg.) (2019): Bildungssprachliche Kompetenzen in der deutschen Sprache stärken. Empfehlung. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2019. Berlin, Bonn. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2019/2019\\_12\\_05-Beschluss-Bildungssprachliche-Kompetenzen.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2019/2019_12_05-Beschluss-Bildungssprachliche-Kompetenzen.pdf). (Abfrage: 28.10.2022).
- Knab, Simone; Lutsche, Christian; Roelcke, Thorsten (2017): Das Berliner Schulfach Wirtschaft-Arbeit-Technik im Kontext sprachlicher Handlungen. In: Brigitte Jostes, Daniela Caspari & Beate Lütke (Hrsg.): Sprachen – Bilden – Chancen. Sprachbildung in Didaktik und Lehrkräftebildung. Münster, New York: Waxmann, S. 255–266.

- Kraft, Andreas (2017): WAT / Arbeitslehre. Auskommen mit dem Einkommen – Das Haushaltsbuch. In: Sprachen – Bilden – Chancen (Hrsg.): Sprachbildung in den Fächern: Aufgabe(n) für die Fachdidaktik. Materialien für die Lehrkräftebildung. Berlin: Waxmann.
- Lang, Martin & Ciklasahin, Anil (2020): Textsortenbasierte Schreibförderung im Technikunterricht der Sekundarstufe I. In: Forum Arbeitslehre, Zeitschrift für Berufsorientierung, Haushalt, Technik, Wirtschaft (25), S. 13–20.
- Leisen, Josef (2010): Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Bonn: Varus.
- Michalak, Magdalena; Lemke, Valerie & Goeke, Marius (2015): Sprache im Fachunterricht. Eine Einführung in Deutsch als Zweitsprache und sprachbewussten Unterricht. Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Morek, Miriam, & Heller, Vivien (2012): Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. Zeitschrift für angewandte Linguistik, H. 57, S. 67–101.
- Skerra, Antje (2018): Scaffolding – Erfolgreich Sprache bilden und fördern im inklusiven Unterricht. Potsdam: Potsdamer Zentrum für empirische Inklusionsforschung (ZEIF). [https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/inklusion/PDFs/ZEIF-Blog/Skerra\\_2018\\_Scaffolding.pdf](https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/inklusion/PDFs/ZEIF-Blog/Skerra_2018_Scaffolding.pdf) (Abfrage: 28.10.2022).
- Schroeder, Christoph (o. J.): AG Sprachbildung. Hrsg. v. Universität Potsdam. Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung (ZeLB). Potsdam. <https://www.uni-potsdam.de/de/zelib/zelib-entdecken/versammlung-gremien-ags/arbeitsgruppen/ag-sprachbildung> (Abfrage: 28.10.2022).
- Schwichow, Martin & Wulff, Nadja (2021): Zwischen Kognition, Wahrnehmung und Sprache: ein Konzept-Repräsentationsmodell zur Vorbereitung auf den sprachsensiblen Physikunterricht. In: Informationen Deutsch als Fremdsprache, 48, H. 1, S. 86–105. <https://doi.org/10.1515/infodaf-2021-0005>. (Abfrage: 28.10.2022).
- Tajmel, Tanja & Hägi-Mead, Sara (2017): Sprachbewusste Unterrichtsplanung. Prinzipien, Methoden und Beispiele für die Umsetzung (FörMig Material, Bd. 9). Münster, New York: Waxmann.

- Tajmel, Tanja (2017): *Naturwissenschaftliche Bildung in Der Migrationsgesellschaft: Grundzüge Einer Reflexiven Physikdidaktik Und Kritischesprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Thürmann, Eike; Krabbe, Heiko; Platz, Ulrike & Schumacher, Matthias (2017): *Sprachbildung als Aufgabe aller Fächer und Lernbereiche. Erfahrungen mit Sprachberatung an Ganz-In-Gymnasien*. Münster, New York: Waxmann.
- Vygotsky, Lev Semënovič (1978): *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wood, David; Bruner, Jerome S. & Ross, Gail (1976): *The role of tutoring in problem solving*. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, H. 17(2), S. 89–100.
- Tajmel, Tanja & Hägi-Mead, Sara (2017): *Sprachbewusste Unterrichtsplanung. Prinzipien, Methoden und Beispiele für die Umsetzung (FörMig Material, Bd. 9)*. Münster, New York: Waxmann.
- Tajmel, Tanja (2017): *Naturwissenschaftliche Bildung in Der Migrationsgesellschaft: Grundzüge Einer Reflexiven Physikdidaktik Und Kritischesprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Thürmann, Eike; Krabbe, Heiko; Platz, Ulrike & Schumacher, Matthias (2017): *Sprachbildung als Aufgabe aller Fächer und Lernbereiche. Erfahrungen mit Sprachberatung an Ganz-In-Gymnasien*. Münster, New York: Waxmann.
- Vygotsky, Lev Semënovič (1978): *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wood, David; Bruner, Jerome S. & Ross, Gail (1976): *The role of tutoring in problem solving*. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, H. 17(2), S. 89–100.

Marcus Brändle

## **Leistungsfach Naturwissenschaft und Technik (NwT)**

Naturwissenschaftlich-technisches Abitur an allgemeinbildenden  
Gymnasien in Baden-Württemberg

### **1 Bedeutung technischer Bildung an allgemeinbildenden Gymnasien**

Der globale Trend hin zu einer forschungs- und wissensintensiven Gesellschaft erfordert angepasste Kompetenzen, deren Vermittlung dem allgemeinen und beruflichen Bildungsbereich zukommt (Lenz 2018, S. 20; Zinn 2018b, S. 232). Die dafür antizipierten Fähigkeiten und Fertigkeiten sind unter den „21st century skills“ subsummiert (z. B. van Laar et al. 2017). Diese Kompetenzfacetten (technische, informationsverarbeitende, kommunikative, kollaborative und kreative Kompetenzen sowie kritisches Denken) (vgl. ebd., S. 583) sollen Bürgerinnen und Bürgern sowie Arbeiterinnen und Arbeitern eine zukunftsgerichtete gesellschaftliche und wirtschaftliche Teilhabe in Bezug auf Verständnis und Bewertung gegenwärtiger Technologien sowie zukünftiger (technologischer) Entwicklungen ermöglichen (z. B. van Laar et al. 2020). Die Auseinandersetzung mit zusehends komplexeren technologischen Sachverhalten erfordert dabei interdisziplinär vernetztes Wissen und technische Grundbildung (s. ITEEA 2020, S. 9). Diese Forderungen einer technischen Grundbildung und der durch die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen (darunter z. B. Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und De-Globalisierung) stetig wachsende Anspruch an hochqualifizierte MINT-Fachkräfte (Anger et al. 2022; Demary et al. 2021) indiziert Veränderungsbedarf für eine einschlägige Aus- und Weiterbildung in sekundären und tertiären Bildungsinstitutionen in diesem Kontext (z. B. Kennedy & Sundberg 2020,

S. 491 f.; ITEEA 2020). Symptomatisch für leistungskritische Momente bei Schulabsolventinnen- und -absolventen und Studierenden in der Anfangsphase (acatech & Körper-Stiftung 2020, S. 14) sind darüber hinaus oftmals fehlende mathematische und technische Kompetenzen (acatech & Joachim-Herz-Stiftung 2022, S. 24). Damit einhergehend zeigen sich in einer aktuellen Studie hohe Abbruchquoten von 35 % in den ingenieurwissenschaftlichen und 43 % in den naturwissenschaftlichen Studienfächern (ebd.).

Die naturwissenschaftlich-technische Bildung an allgemeinbildenden Gymnasien scheint daher insgesamt und v. a. in Bezug auf die Passgenauigkeit von anschlussfähigen Kompetenzen für technische Studiengänge innerhalb des MINT-Clusters im wissenschaftspropädeutischen Sinne ausbaufähig zu sein (vgl. acatech & Joachim Herz Stiftung 2022, S. 25; Zinn 2018b, S. 232). Bei einem Verständnis von Wissenschaftspropädeutik als Vorbildung für ein Studium im MINT-Cluster ist im Rahmen von etwaigen Optimierungen zu gewährleisten, dass der „Unterricht [...] mindestens auf eine exemplarische Einführung in den wissenschaftlichen Sprachgebrauch, wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen sowie auf eine wissenschaftstheoretische Einordnung grundlegender Erkenntnismethoden [zielt]“ (Hahn 2013, S. 162). Gleichzeitig dürfen hierbei nicht nur einzelne Disziplinen abgebildet werden, die möglicherweise Inhalte eines spezifischen natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Studiums vorwegnehmen (vgl. ebd., S. 162). Es muss vielmehr eine Betrachtung abgrenzender und verbindender Elemente der einzelnen naturwissenschaftlichen und technischen Domänen aus einer fächerübergreifenden Perspektive erfolgen (vgl. ebd., S. 170 f.).

## 1.1 Entwicklung des Schulfachs NwT

Die Schaffung neuer Fächerangebote soll den Schülerinnen und Schülern am allgemeinbildenden Gymnasium neben einer naturwissenschaftlichen Grundbildung eine interdisziplinär ausgerichtete technische Literalität bis zum Abschluss des Abiturs zugänglich machen und die damit verbundene Interessen- und Kompetenzentwicklung (auch der im „Leitgedanken zum Kompetenzerwerb“ des Fachs NwT festgehaltenen Facetten der „21st Century Skills“, s. MKJS 2016, S. 3-5) ermöglichen. NwT wurde zu diesem

Zweck vor nunmehr bereits 15 Jahren (Schuljahr 2007/08) in Baden-Württemberg innerhalb des MINT-Fächerclusters als interdisziplinäres Fach für die 8. bis 10. Jahrgangsstufe an allgemeinbildenden Gymnasien flächendeckend eingeführt. Aufgrund der Problematik des seit einigen Jahren beobachteten Fachkräftemangels in manchen Bereichen der Ingenieurwissenschaften wurde bereits 1995 durch einen Antrag von Offermann und Schäfer (s. Offermann & Schäfer 2012, S. 183) an das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (MKJS) die Implementierung von NwT in den naturwissenschaftlichen Fächerkanon des allgemeinbildenden Gymnasiums angestoßen.

Eine Besonderheit des Fachs ist seine formale Stellung als Ersatz für eine dritte Fremdsprache. Das bedeutet, dass neben dem Fach NwT alle naturwissenschaftlichen Fächer ohne Einschränkungen im Sinne einer MINT-Profilierung gewählt werden können (vgl. Offermann & Schäfer 2012, S. 191). Von verschiedenen Interessenvertreterinnen und -vertretern einer allgemein technischen Bildung (z. B. Offermann & Schäfer 2012; Pittschellis 2012) wurden bei der Einführung des neuen Schulfachs NwT insbesondere fünf Argumente vertreten: „(1.) den nicht hinreichend befriedigten Bedarf an Ingenieuren, (2.) im Einklang mit technikphilosophischen und bildungstheoretischen Argumenten [...] die Durchdringung gesellschaftlicher Praxis durch Technologien und die Notwendigkeit, diese zu reflektieren und zu gestalten, (3.) positive Effekte eines in allen Schularten implementierten Technikunterrichts auf die Durchlässigkeit des Schulsystems, (4.) positive Rückkopplungen auf die Motivationsentwicklung in Mathematik und den Naturwissenschaften und schließlich (5.) die erweiterte Option, den eigenen Bildungsweg spezifisch zu akzentuieren“ (Mokhonko et al. 2014, S. 104).

Bereits im Schuljahr 2008/09 erfolgte die Einführung als zweistündiges Fach in der Kursstufe in Form eines Schulversuchs an ausgewählten Modellversuchsschulen (Zinn 2018b, S. 233). Seit dem Wintersemester 2010/11 ist es möglich, NwT als Lehramtsfach an vier Universitäten (Karlsruher Institut für Technologie, Universität Stuttgart, Eberhard-Karls-Universität Tübingen und Universität Ulm) zu studieren. Mit der Revision des Bildungsplans erfolgte ab dem Schuljahr 2016/17 die wissenschaftliche Begleitung des

zweistündigen Oberstufenfachs. Im Schuljahr 2018/19 startete der Schulversuch des zunächst vierstündigen Kursstufenfachs (ohne Abitur) an sechs Pilotschulen. Ein Schuljahr darauf erfolgte die Reform der Kursstufe, wodurch NwT als Leistungsfach an fünf Pilotschulen fünfständig mit Abitur angeboten werden konnte. Seit dem Schuljahr 2020/21 sind sieben weitere Modellschulen in den Schulversuch eingemündet, die das fünfständige Leistungsfach inkl. Abitur anbieten. Im Oktober 2022 konnten bereits zwei Jahrgänge und somit mehr als 100 Schülerinnen und Schüler im Leistungsfach NwT ihr Abitur ablegen. Das Fach zählt dabei aktuell nur inhaltlich zum MINT-Bereich (MKJS 2022, S. 6), wird aber in der Kurswahl nicht als Naturwissenschaft (hier zählen Biologie, Chemie und Physik) berücksichtigt (MKJS 2022, S. 7). Dadurch ergeben sich Einschränkungen, die z. B. eine Kombination mit Wirtschaft oder Informatik (das sich ebenfalls im Schulversuch befindet) als Leistungsfach aktuell nicht zulassen. Zusammenfassend betrachtet, hat sich die technische Bildung an allgemeinbildenden Gymnasien in Baden-Württemberg in Mittel- und Kursstufe etabliert. Wie das Fach NwT in diesem Rahmen zur technischen Grundbildung beitragen kann, wird nachfolgend umrissen.

## **1.2 Beitrag von NwT zur technischen Allgemeinbildung**

Zinn gliedert das „Bedeutungsspektrum der technischen Allgemeinbildung“ (Zinn 2014, S. 27) in vier zentrale Bereiche (vgl. ebd.):

- Bildungstheoretische Bedeutung,
- soziologische Bedeutung,
- wissenschaftstheoretische Bedeutung und
- berufspraktische Bedeutung.

NwT adressiert als Schulfach am allgemeinbildenden Gymnasium diese Bereiche, indem es (1.) den Schülerinnen und Schülern ein lebensweltnahes Verständnis von Technik kompetenzorientiert vermittelt, welches ihnen (2.) die Teilhabe in einer durch Technologie beeinflussten und sich dynamisch wandelnden Gesellschaft u. a. im Sinne der „21st century skills“ ermöglicht. Das Fach vertritt (3.) die Interessen einer allgemeinen Technikwissenschaft im Sinne einer interdisziplinären Korrespondenz natur- und ingenieurwissenschaftlicher Domänen (vgl. Zinn 2014, S. 28) und

leistet (4.) seinen Beitrag zur Vorbereitung auf Beruf und Studium innerhalb natur- und technikwissenschaftlicher Domänen, indem es Denk- und Arbeitsweisen vermittelt, die den Kompetenzerwerb im beruflichen und hochschulischen Ausbildungsbereich unterstützen (s. z. B.: Mokhonko et al. 2014, S. 104; Zinn 2014, S. 29). Darüber hinaus soll die interdisziplinäre Themenvielfalt des Fachs NwT eine Entwicklung von Interesse, Motivation und beruflicher Orientierung im Kontext naturwissenschaftlich-technischer Domänen bei den Lernenden in Mittel- und Oberstufe ermöglichen. In Bezug auf die Erfüllung des anvisierten Beitrags von NwT zur technischen Allgemeinbildung stellt sich die Frage, welche Befunde bereits in der einschlägigen Forschungsliteratur vorliegen.

## 2 Stand der Forschung

Es bestehen keine Zweifel an der Notwendigkeit einer technischen Grundbildung, wengleich sich der Forschungsstand in Bezug auf die Wirkung fächerübergreifenden naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts am allgemeinbildenden Gymnasium noch ausbaufähig darstellt (vgl. Zinn 2014, S. 37 ff.; Zinn 2018b, S. 235). Interdisziplinär organisierte naturwissenschaftliche Fächer werden bezüglich ihrer Kompetenzvermittlung zudem häufiger in Zweifel gezogen, obschon die Literatur zahlreiche Argumente zugunsten fächerübergreifenden Unterrichts liefert (vgl. Labudde 2014, S. 13). Es erscheint daher interessant, sich mit den Wirkeffekten des Schulfachs NwT zu beschäftigen.

Es liegen Studien u. a. zur Ausbildung der Lehrpersonen für das Fach, den förderlichen räumlichen und sächlichen Voraussetzungen des Fachunterrichts, schulübergreifenden inhaltlichen Schwerpunkten, Organisationsformen, dem Verhältnis von NwT zum traditionellen Fächergefüge und zur Unterrichtsmethodik des Fachs in der Mittelstufe sowie dem zweistündigen Kursstufenfach vor (Mokhonko et al. 2014; Zinn & Latzel 2017a). Die Studie von Mokhonko, Kolleginnen und Kollegen in der Mittelstufe zeigt, dass Lehrpersonen im Fach (ohne NwT-Lehramtsstudium) hauptsächlich über Fortbildungsveranstaltungen die notwendige Fachkompetenz für den Unterricht erwerben. Die Frage nach einer ausreichenden Fähigkeit zur Vermittlung inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen durch diese Weiterbildungsmaßnahmen stellt sich insbesondere aufgrund der festgestellten

Abhängigkeit von Frage- und Problemstellungen von der Qualifikation der Lehrpersonen (Mokhonko et al. 2014, S. 123 ff.).

In Bezug auf räumliche und sächliche Untersuchungsaspekte wird von der Forschergruppe zudem festgestellt, dass die tradierten Naturwissenschaften eine bessere räumliche Voraussetzung, aber keine Vorteile bei der Ausstattung haben. Lediglich kostenintensive technische Geräte bspw. zur computergestützten Fertigung (CAM; z. B. CNC-Fräse, 3D-Drucker) seien an den Schulen nicht in ausreichender Menge vorhanden (Mokhonko et al. 2014, S. 112). Mit der sächlichen Ausstattung in Zusammenhang steht die Behandlungsintensität von Themenbereichen (ebd., S. 124).

In Bezug zur Organisationsform des Fachs wird häufig ein Wechsel der Lehrperson in einem Semester- oder Trimestermodell vollzogen. In diesem Kontext wird außerdem festgestellt, dass sich Themenschwerpunkte herauskristallisieren, die sich stark an der jeweils grundständig studierten Naturwissenschaft der Lehrpersonen zu orientieren scheinen (ebd., S. 125). In Mittel- (ebd.) und Kursstufe (Zinn & Latzel 2017a, S. 3) orientiert sich der Unterricht an der Methode des problembasierten Lernens und setzt dabei auf technische Schülerinnen- und Schülerexperimente. Darüber hinaus wird Projekten als handlungsorientierte Unterrichtsmethode (vgl. Zandler 2018, S. 22) ein hoher Stellenwert zur Kompetenzvermittlung eingeräumt.

Im Unterschied zur Mittelstufe zeigt sich bei den Rahmenbedingungen für das zweistündige Wahlfach, dass NwT in der Kursstufe vermehrt von nur einer Lehrperson unterrichtet wird (Zinn & Latzel 2017a, S. 2). Bei der sächlichen Ausstattung werden ebenfalls Großgeräte wie z. B. 3D-Drucker und CNC-Fräse in flächendeckender Verfügbarkeit vermisst (ebd., S. 2 f.). Als qualitativ ausreichend und in hoher Zahl vorhandene Geräte und Materialien werden Mikrocontroller, elektronisches Zubehör sowie die Ausstattung für das computergestützte Konstruieren (CAD) genannt (ebd., S. 3).

Ein Forschungsdesiderat bei Mokhonko, Kolleginnen und Kollegen (2014) ist die Kompetenzentwicklung bei Lernenden in NwT, welches später von Zinn, Latzel und Ariali (2017) aufgegriffen wurde. Im Zuge der Studie dieser Forschungsgruppe wurden valide und reliable Instrumente zur Erfassung der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu Beginn der Kursstufe entwickelt und zur Generierung eines Beschreibungswissens

der erreichten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler eingesetzt (Zinn et al. 2017). Das Testinstrument erfasst dabei – für die Themenbereiche „Automatisierungstechnik“, „Bautechnik“, „Erneuerbare Energien“, „Robotik“, „Schall und Lärmtechnik“ sowie „Wetter und Klima“ bei  $n = 763$  Schülerinnen und Schülern – ein schulübergreifend weitestgehend homogenes NwT-Fachwissen am Ende der Mittelstufe (Zinn & Latzel 2017a, S. 3). Außerdem wurden affektive und motivationale Merkmale bei Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe I im zweistündigen Fach sowie die Rahmenbedingungen des Schulversuchs von Zinn und Latzel (2017a) untersucht. Es zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler NwT in der Kursstufe aufgrund „bereits bestehendem fachlichen Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen“ (ebd., S. 6) wählen. Damit einhergehend konnte, v. a. bei Jungen, eine hohe identifizierte, intrinsische und interessierte Motivation bei gleichzeitig niedriger extrinsischer Motivation und Amotivation der Lernenden festgestellt werden (ebd., S. 6). Die Forschungsgruppe um Zinn attestiert dem NwT-Unterricht in der Kursstufe außerdem vielfältige Ansatzpunkte zur Förderung der persönlichen Interessenbildung und einschlägigen beruflichen Orientierung (ebd.). Um den Leserinnen und Lesern einen Eindruck zu den curricularen Aspekten des Fachs NwT geben zu können, wird im nächsten Abschnitt näher darauf eingegangen.

### **3 Curriculare Aspekte**

Im Zuge der Bildungsplanrevision im Jahr 2016 wurden die inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen weiter als bisher an den Ingenieurwissenschaften orientiert und damit technische Bildungsinhalte gestärkt. Für das Fach NwT in Baden-Württemberg liegen nunmehr Bildungspläne für das Profulfach in der Mittelstufe (MKJS 2016) sowie für das Basis- und Leistungsfach in einer Schulversuchsfassung (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019a, 2019b) vor.

#### **3.1 NwT als Profulfach – Curriculum der Mittelstufe**

Die Kompetenzbereiche des Mittelstufencurriculums unterscheiden sich in inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen (s. Abbildung 1). Es wurde

bereits in anderen Veröffentlichungen eine ausführlichere Betrachtung einzelner Bereiche des Mittelstufencurriculums vorgenommen, weshalb hier nicht näher auf einzelne Kompetenzfacetten eingegangen wird.



Abbildung 1

Übersicht der prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen des Bildungsplans im Profulfach NwT der Mittelstufe (MKJS 2016) und Zinn (2018, S. 233f.)

Die vorliegende Darstellung orientiert sich an der Zusammenfassung von Zinn (2018b, S. 233 f.). Eine detaillierte Ausführung der Themengebiete ist im Bildungsplan 2016 (MKJS 2016) einsehbar.

### 3.2 NwT als Basis- und Leistungsfach – Curriculum der Kursstufe

Das Curriculum der Kursstufe (Basis- und Leistungsfach) wird hier aufgrund seiner Aktualität ausführlicher betrachtet. Einen Überblick über die einzelnen Themengebiete liefert Abbildung 2. Die prozessbezogenen Kompetenzen sind identisch mit dem Curriculum der Mittelstufe.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen
<p><b>Erkenntnisgewinnung und Forschen</b></p> <p>Heranführung von Lernenden an wissenschaftliches Arbeiten.</p>	<p><b>Denk- und Arbeitsweisen in Naturwissenschaft und Technik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme und Prozesse</li> <li>• Technische und wissenschaftliche Handlungskompetenzen</li> <li>• Technikfolgenabschätzung</li> </ul>
<p><b>Entwicklung und Konstruktion</b></p> <p>Erlernen charakteristischer Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Entwicklung technischer Artefakte.</p>	<p><b>Energie und Antrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgung</li> <li>• Elektrische Antriebstechnik</li> </ul>
<p><b>Kommunikation und Organisation</b></p> <p>Erlernen von Fachsprache und konkreter Handlungsweisen des Projektmanagements im Rahmen z. B. der Produktentwicklung.</p>	<p><b>Technische Mechanik und Produktentwicklung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Mechanik</li> <li>• Produktentwicklung</li> </ul>
<p><b>Bedeutung und Bewertung</b></p> <p>Kompetenzvermittlung im Bereich Technikfolgenabschätzung (Bewertung von Nutzen und Risiko naturwissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen).</p>	<p><b>Elektro- und Informationstechnik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektronik*</li> <li>• Aufnahme und Verarbeitung von Signalen in der Messtechnik**</li> <li>• Regelungstechnik**</li> <li>• Datenkommunikation</li> </ul>

Abbildung 2

Übersicht der prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen des Bildungsplans im Basis- bzw. Leistungsfach der Kursstufe in der Schulversuchsfassung (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019a; 2019b)

Analog zur Mittelstufe gliedern sich die inhaltsbezogenen Kompetenzen in vier Oberthemen: „Denk- und Arbeitsweisen in Naturwissenschaft und Technik“, „Energie und Antrieb“, „Technische Mechanik und Produktentwicklung“, „Elektro- und Informationstechnik“ (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019a; 2019b). Die aufeinander abgestimmten prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen in Mittel- und Kursstufe weisen auf einen spirallcurricularen Charakter des Fachs hin, der ebenfalls in den „Leitgedanken zum Kompetenzerwerb“ betont wird (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019b, S. 7f.). Nachfolgend werden die inhaltsbezogenen Kompetenzen des Leistungsfachs (angelehnt an die Ausarbeitung der Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019b) kurz umrissen:

- Systeme und Prozesse: Dieser Themenbereich wird vernetzend „an geeigneten Stellen des Unterrichts in Verbindung mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen der anderen Kompetenzbereiche vertieft“ (ebd., S. 14). Zentraler Aspekt ist der Systemgedanke, in dessen Kontext die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, Gesamtsysteme zu analysieren, in Teilsysteme zu untergliedern und deren Wechselwirkungen und die dabei ablaufenden Prozesse zu erkennen und zu erläutern sowie dieses Wissen im Rahmen von Entwicklungs- und Optimierungsvorhaben einzusetzen (ebd., S. 14).
- Technische und wissenschaftliche Handlungskompetenzen: Zur Umsetzung der Forschungs- und Produktentwicklungsaufgaben im Rahmen der Themenbereiche des Leistungsfachs benötigen die Lernenden „[e]in eigenständiges wissenschaftspropädeutisch orientiertes technisches Handeln“ (ebd., S. 15). Darunter werden grundlegende Kompetenzen zur Untersuchung von wissenschaftlichen Fragestellungen und damit einhergehend Gütekriterien wissenschaftlicher Studien, grundlegendes Projektmanagement sowie technische Kommunikationsmethoden subsummiert (ebd., S. 15).
- Technikfolgenabschätzung: Technologie beeinflusst auf unterschiedliche Art und Weise Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Es ist daher wichtig, dass Lernende „[d]ie Folgen technischer Innovationen [...] nach vielfältigen Kriterien [...] und im Kontext eines ethischen Handelns begründet gegeneinander abwägen [können], um sich selbst auch

als technikemanzipierte und technikmündige Bürgerinnen und Bürger in entsprechende Meinungs- und Entscheidungsprozesse einbringen zu können“ (ebd., S. 16). Dabei ist es entscheidend, dass die Schülerinnen und Schüler als Methode die ethische Fallanalyse kennenlernen und diese im technologischen Bezugsfeld zur Konfliktanalyse und Entscheidungsfindung anwenden (ebd., S. 16).

- Energieversorgung: Im Kontext der „[...] Notwendigkeit einer nachhaltigen Energieversorgung erkennen die Schülerinnen und Schüler die Herausforderungen, die sich beim Zusammenwirken von Bereitstellung, Speicherung und Transport elektrischer Energie in Versorgungsnetzen ergeben“ (ebd., S. 17). Die Lernenden erlangen dazu in diesem Themenbereich grundlegendes Wissen über technische Systeme zur Energieumwandlung und -speicherung sowie die dazu benötigten Komponenten mit dem Fokus auf erneuerbare Energien und die Energiewende (ebd., S. 17).
- Elektrische Antriebstechnik: Als „zentrale[...] Bausteine[...] der Elektromobilität in einem nachhaltigen und klimaschonenden Verkehrssystem“ (ebd., S. 18) lernen die Schülerinnen und Schüler, welche Komponenten sie für den Aufbau eines elektrischen Antriebssystems benötigen, wie diese zu charakterisieren sind und wie sie aufeinander abgestimmt werden müssen (ebd., S. 18).
- Technische Mechanik: Für die „[...] Lösung statischer Problemstellungen sowie zur Dimensionierung technischer Konstruktionen“ (ebd., S. 19) erlernen die Schülerinnen und Schüler grundlegende Kompetenzen im Bereich der technischen Mechanik sowie der Festigkeitslehre und sind in der Lage, dieses Wissen im Konstruktionsprozess zur Entwicklung und Optimierung von Artefakten anzuwenden (ebd., S. 19).
- Produktentwicklung: Bei Projektumsetzungen im Leistungsfach „bearbeiten die Schülerinnen und Schüler zunehmend komplexe Entwicklungsaufgaben, in welche sie die Kenntnisse aus verschiedenen Naturwissenschafts- und Technikdisziplinen einbringen“ (ebd., S. 20). Dazu erlangen sie fortgeschrittene Kompetenzen beim technischen Zeichnen als Kommunikationsmittel und müssen in der Lage sein, computergestützte Konstruktions- und Fertigungsmethoden (CAD-CAM-Kopplung) anzuwenden (ebd., S. 20).

- Grundlagen der Elektronik: Anknüpfend an die Mittelstufe werden die Grundlagen der Elektronik unterrichtet, da „[d]ie Energietechnik und die Messtechnik in Klassenstufe 11/12 eine Erweiterung und Vertiefung der Grundlagen [erfordern]“ (ebd., S. 21). Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler grundlegende Techniken für Platinenlayout und -fertigung kennen sowie die Untersuchung und den Einsatz dafür notwendiger elektronischer Komponenten (ebd., S. 21).
- Aufnahme und Verarbeitung von Signalen in der Messtechnik: Im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht hat die Erfassung und Auswertung von Messwerten einen zentralen Stellenwert. „Auf dem Weg von der Erfassung von Messgrößen über die Verarbeitung und Darstellung der Signale erwerben die Schülerinnen und Schüler ein vertieftes Verständnis für die Funktionsweise von Messgeräten“ (ebd., S. 22). Dazu müssen sie in der Lage sein, vollwertige Messvorrichtungen zu entwickeln und dabei v. a. elektrische Signalaufnahme und -verstärkung umzusetzen (ebd., S. 22).
- Regelungstechnik: Die Schülerinnen und Schüler „[...] erkennen die Bedeutung geregelter Vorgänge für natürliche und technische Systeme“ (ebd., S. 23). Dazu erlernen sie die Funktionsweise unterschiedlicher Regelstrecken und die Charakteristik ihrer jeweiligen Kenngrößen. Darüber hinaus sollen die Lernenden eigene Regelstrecken unter Einbezug des Mikrocontrollers entwickeln und aufbauen (ebd., S. 23).
- Datenkommunikation: Im Rahmen der Datenkommunikation werden Datenübertragungsprinzipien und die Funktionsweise elektronischer Komponenten in Kommunikationssystemen vermittelt. „Die Schülerinnen und Schüler lernen [dabei] allgemeine Strukturen der Kommunikation kennen“ (ebd., S. 24). In einer lebensweltlichen Kontextualisierung werden Grundprinzipien der Programmierung und „[...] Datensicherheit, zum Beispiel im Kontext von Internet of Things“ (ebd., S. 24) vermittelt.

Laut den Bildungsplänen der Kursstufe (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019a, 2019b) unterscheiden sich Basis- und Leistungsfach wenig bezüglich der thematischen Orientierung einzelner Kompetenzbereiche. Dem Leistungsfach wird jedoch ein höherer Mathematisierungsgrad und

eine tiefere, inhaltlich breitere Ausgestaltung der Themenbereiche zugesprochen (vgl. Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019a, S. 7).

Zusammengefasst ermöglichen die Themenbereiche des Bildungsplans eine Orientierung an ingenieurwissenschaftlich-technischen Inhalten und Fragestellungen mit dem Ziel, Schülerinnen und Schülern eine wissenschaftspropädeutische technische Allgemeinbildung zu vermitteln. Für die fachdidaktische Forschung und die Lehrpersonenbildung ist es deshalb von Interesse, wie das Fach umgesetzt wird, welche Schülerinnen und Schüler es wählen und welche Kompetenzen sie im Zuge der zweijährigen Kursstufe erlangen.

#### **4 Fachdidaktische Forschungsdesiderata und Ansatzpunkte zur Leistungsfachevaluation**

NwT hat sich nicht zuletzt mit der Einführung von Basis- und Leistungsfach in der Kursstufe dynamisch entwickelt. Durch das Einmünden grundständig studierter oder spezifisch weitergebildeter Lehrpersonen in den Schuldienst und durch die Bildungsplanrevision 2016 besteht das Desiderat nach einer aktuellen empirischen Bestandsaufnahme. Vor allem im Kontext des im Schulversuch befindlichen Leistungsfachs liegen noch keine Erkenntnisse zu dessen Umsetzung und Wirkung vor. Zinn (2018b, S. 235) fordert in diesem Kontext u. a. die Entwicklung von validen Testinstrumenten zur empirischen Überprüfung der Kompetenzen im Curriculum NwT. Gleichzeitig postuliert Zinn, dass „[e]ine zeitgemäße und umfassende technische Grundbildung an den Gymnasien [...] nicht darauf reduziert werden [kann], dass einzelne beliebige technische Lerninhalte in den traditionellen naturwissenschaftlichen Fächern mitbehandelt werden“ (Zinn 2018b, S. 236) und fordert daher ein eigenständiges, interdisziplinäres Unterrichtsfach, das „von in der Technik ausgebildeten gymnasialen Lehrkräften unterrichtet wird“ (ebd.) und nicht von Lehrpersonen aus den Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik.

##### **4.1 Erkenntnisinteresse**

Mit der in den Kapiteln eins bis drei dargestellten gesellschaftlichen Notwendigkeit, dem Forschungsstand zum Fach NwT und seiner curricularen

Ausgestaltung ergeben sich weitergehende Forschungsdesiderate für die Kursstufe, die für die fachdidaktische Forschung, Lehrpersonenbildung sowie Weiterentwicklung des Fachs NwT in der Kursstufe bedeutsam und erforderlich sind (z. B. Zinn 2018b, S. 235). Desiderate liegen (1.) zur Gestaltung des Unterrichts in der Kursstufe (inhaltlich, kontextuell und methodisch-didaktisch), (2.) zu den allgemein technischen Kompetenzen bei den Lernenden des Leistungsfachs und (3.) zu den affektiven und motivationalen Lernendenmerkmalen sowie zur beruflichen Orientierung der Schülerinnen und Schüler vor (vgl. Zinn 2018a, S. 1).

## 4.2 Methodik und Umsetzung

Die Forschungsdesiderate orientieren sich an den Facetten des Angebots-Nutzungs-Modells (Seidel 2014, S. 858) als Einflussfaktoren auf schulisches Lernen und damit auf die Lernergebnisse. Innerhalb eines Design-Based-Research-Ansatzes (z. B. Anderson & Shattuck 2012; Reinmann 2005) sollen die unterschiedlichen Ebenen in iterativen Durchgängen formativer Evaluation adressiert werden.

Die dazu geplanten Studien sollten sich ergänzen bzw. aufeinander aufbauen: Es könnten (1.) durch eine qualitativ-inhaltsanalytisch (nach Mayring 2015) angelegte Studie inhaltliche, kontextuelle und methodisch-didaktische Aspekte des Unterrichts in der Kursstufe aus Sicht von Lehrpersonen (Angebotsebene) als Bildungsexpertinnen und -experten erfasst werden. Die daraus resultierenden explorativen Erkenntnisse würden (2.) die Erstellung von reliablen und validen Testinstrumenten für die Untersuchung des Fachwissens (im Sinne der Repräsentation inhaltsbezogener Kompetenzen des NwT-Bildungsplans) als bedeutenden Teil der Fachkompetenz (Ergebnisebene) der Schülerinnen und Schüler in der NwT Kursstufe unterstützen. Hierzu könnten mitunter standortübergreifend Vergleiche zwischen der Gruppe der Pilot- und Modellschulen vorgenommen werden. Die gleichzeitige Rückmeldung dieser Ergebnisse an die Bildungsexpertinnen und -experten würde der schulischen Praxis einen Überblick über die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Themenbereichen des Bildungsplans im Sinne eines Bildungsmonitorings verschaffen. Des Weiteren könnte (3.) mittels Fragebögen ein umfassendes quantitatives Beschreibungswissen über kognitive, affektive und motivationale

Merkmale sowie die berufliche Orientierung der Schülerinnen und Schüler und deren Entwicklung über den Verlauf der beiden Kursstufenschuljahre erhalten werden. Nachfolgend werden die geplanten Evaluationsbereiche ausführlicher erläutert.

Zu (1.): Mit den Bildungsexpertinnen und -experten sollen teilstandardisierte Interviews durchgeführt und von einer Dokumentenanalyse verwendeter Aufgaben und Unterrichtsmaterialien flankiert werden. Die Interviews sollten dabei hauptsächlich der Beschreibung kontextueller (z. B. räumliche und sächliche Ausstattung) und methodisch-didaktischer Aspekte des Unterrichts sowie zur Erfassung der Voraussetzungen dienen, die Lernende in Form von Vorwissen aus der Mittelstufe benötigen. Einen Überblick der Facetten liefert Abbildung 3.



*Abbildung 3*

Erfasste Facetten der Angebotsebene (nach Seidel 2014) durch Interviews mit Bildungsexpertinnen und -experten

Die inhaltliche Ebene, die gleichzeitig als Grundlage für die Erstellung von inhaltsvaliden Aufgaben dient, soll mittels Dokumentenanalysen eingehender Unterrichtsmaterialien erfasst werden.

Zu (2.): Aufbauend auf der Exploration der in (1.) beschriebenen Facetten der Angebotsebene kann die Entwicklung von validen und reliablen Testinstrumenten zur Erfassung des Vorwissens aus der Mittelstufe und der inhaltsbezogenen Kompetenzfacetten (Fachwissen) des Leistungsfachbildungsplans (Autorengruppe Bildungsplan NwT 2019b) erfolgen. Der Zugang zur Fachkompetenz via Fachwissen wird gewählt, da eine Unterscheidung von Fachwissen und Erkenntnisgewinnung möglicherweise empirisch haltbar ist, Fachwissen jedoch ebenfalls in prozessbezogenen Kompetenzbereichen benötigt wird und somit eine übergeordnete Position einnimmt (vgl. Kauertz et al. 2010, S. 137). Die entwickelten und teilweise adaptierten (nach Zinn et al. 2017) Aufgaben sollen zunächst in einer Pilotierungsstudie und anschließender Revision unterworfen werden. Aufbauend auf der Erfassung des Vorwissens aus der Mittelstufe bei Einmündung in das Leistungsfach könnte an zwei weiteren Messzeitpunkten der aktuelle Fachwissenstand der Lernenden querschnittlich an allen teilnehmenden Schulen erfasst werden.

Zu (3.): Die Nutzungsebene beeinflusst gemäß Seidel (2014) die Lernergebnisse. Zur Vervollständigung des Beschreibungswissens wäre es daher wünschenswert, diese Facetten umfänglich zu erfassen. Die Beschreibung affektiver und motivationaler Lernendenmerkmale soll auf Basis etablierter Skalen erfolgen. Die sechs Facetten der Motivation könnten mit der Skala von Prenzel und Drechsel (1996) abgebildet werden. Unter affektiven Lernendenmerkmalen wären u. a. die Konstrukte Fachinteresse (Schiefele et al. 1993), berufliche Interessen (Holland 1997), fachspezifisches Selbstkonzept (Artelt et al. 2003; Hülsmann 2015; Zinn & Latzel 2017), akademisches Selbstkonzept (Schöne et al. 2003) und Kurswahlmotive (Hülsmann 2015) subsummiert. Die kognitiven Merkmale würden mittels CFT 20-R (Weiß 2019) erfasst.

Im Sinne des o. a. Design-Based-Research-Ansatzes können formative Erkenntnisse an die schulische Praxis rückgemeldet und gleichzeitig in die Lehrpersonenbildung eingebunden werden, um die Erkenntnisse sowohl für die fachdidaktische Forschung als auch für die Optimierung des Leistungsfachs nutzen zu können.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Einführung des Fachs NwT in der Kursstufe wird eine interdisziplinär verbundene natur- und technikwissenschaftliche Bildung – aufbauend auf BNT (5. und 6. Klassenstufe) über das Profilfach NwT (8. bis 10. Klassenstufe) bis zur Kursstufe (11. und 12. Klassenstufe) – umgesetzt. Die Themenbereiche im Bildungsplan sind m. E. auf eine kompetenzorientierte technische Allgemeinbildung ausgerichtet, die im Einklang mit den in den „Standards für technologische und ingenieurwissenschaftliche Kompetenz (engl. Standards for Technological and Engineering Literacy (STEL))“ genannten Kerndisziplinen (s. ITEEA, S. 8) steht und die Inhalte darüber hinaus in den Kontext der „21st Century Skills“ einbettet. Gleichzeitig besteht ein Forschungsinteresse an den Wirkeffekten des Leistungsfachs in der fachdidaktischen Forschung, insbesondere an den im Schulversuch involvierten Schulen sowohl in Bezug auf den Kompetenzzuwachs bei den Schülerinnen und Schülern als auch in Bezug auf die Implikationen für das Mittelstufencurriculum und das Schulfach insgesamt. Daraus ergeben sich die in diesem Beitrag dargestellten Forschungsdesiderata, die sich auf alle Ebenen des o. a. Angebots-Nutzungs-Modells beziehen. Das Forschungsprojekt NwT-KURSSTUFE fokussiert mit der kontextuellen Ausgestaltung des Fachs, den affektiven und motivationalen Lernendenmerkmalen sowie den Lernergebnissen der Schülerinnen und Schüler ein fachspezifisches Bildungsmonitoring, um die von Zinn (2018b, S. 236) geforderten Aspekte der Selbstständigkeit und Interdisziplinarität des Fachs sowie den kontextuellen Rahmen und die damit verbundenen Lernergebnisse zu adressieren. Zusammenfassend ist festzustellen, dass NwT eine natur- und technikwissenschaftliche Allgemeinbildung von der 8. bis zur 12. Klassenstufe ermöglichen soll. Vor diesem Hintergrund erscheint es geboten, das Fach NwT in der Kursstufe (Oberstufe) als gleichberechtigtes Wahlfach (wie Biologie, Chemie und Physik) im MINT-Cluster interessierten Schülerinnen und Schülern anzubieten.

### Anmerkung

Der Beitrag ist im Projekt „Wissenschaftliche Begleitung der Einführung des Kernfachs NwT in der Kursstufe“ entstanden. Das Projekt wird von der Vector Stiftung gefördert (Förderkennzeichen: P2018-0057). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

## Literatur

- acatech; Joachim-Herz-Stiftung (Hrsg.) (2022): MINT Nachwuchsbarometer 2022. Unter Mitarbeit von Prof. Dr. Olaf Köller. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2022/>, (Abfrage: 16.09.2022)
- acatech; Körber-Stiftung (Hrsg.) (2020): MINT Nachwuchsbarometer 2020. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2020/>, (Abfrage: 21.10.2022)
- Anderson, Terry; Shattuck, Julie (2012): Design-Based Research. A Decade of Progress in Education Research? In: Educational Researcher 41 (1), S. 16–25. DOI: 10.3102/0013189X11428813
- Anger, Christina; Kohlisch, Enno; Koppel, Oliver; Plünnecke, Axel (2022): MINT-Frühjahrsreport 2022. Gutachten für BDA, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln. Online verfügbar unter <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-enno-kohlisch-oliver-koppel-axel-pluenecke-demografie-dekarbonisierung-und-digitalisierung-erhoehen-mint-bedarf.html>, (Abfrage:21.10.2022)
- Artelt, Cordula; Baumert, Jürgen; Julius-McElvany, Nele; L. Peschar, Jules (2003): Das Lernen lernen : Voraussetzungen für lebensbegleitendes Lernen ; Ergebnisse von PISA 2000. Paris: OECD. Online verfügbar unter <https://fis.uni-bamberg.de/handle/uniba/20568>.
- Autorengruppe Bildungsplan NwT (2019a): Erprobungsfassung des Bildungsplans Naturwissenschaft und Technik im Basisfach – Gymnasium. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/NWTBFO>, (Abfrage: 14.10.2022)
- Autorengruppe Bildungsplan NwT (2019b): Erprobungsfassung des Bildungsplans Naturwissenschaft und Technik im Leistungsfach – Gymnasium. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/NWTLFO>, (Abfrage: 14.10.2022)

- Demary, Vera; Matthes, Jürgen; Plünnecke, Axel; Schaefer, Thilo (2021): *Gleichzeitig: wie vier Disruptionen die deutsche Wirtschaft verändern. Herausforderungen und Lösungen*. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH (IW-Studien).
- Hahn, Stefan (2013): *Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe*. In: Dorit Bosse, Franz Eberle und Barbara Schneider-Taylor (Hg.): *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe*. Wiesbaden: Springer VS (SpringerLink Bücher), S. 161–174.
- Holland, John L. (1997): *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments: Psychological Assessment Resources*.
- Hülsmann, Carolin (2015): *Kurswahlmotive im Fach Chemie: eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe*. Hochschulschrift, Berlin.
- International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA) (Hrsg.) (2020): *Standards for Technological and Engineering Literacy. The Role of Technology and Engineering in STEM Education. Executive Summary*. Online verfügbar unter <https://www.iteea.org/189252.aspx>, (Abfrage: 28.12.2022)
- Kauertz, Alexander; Fischer, Hans E.; Mayer, Jürgen; Sumfleth, Elke; Walpuski, Maik (2010): *Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I*. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, S. 135–153.
- Kennedy, Teresa J.; Sundberg, Cheryl W. (2020): *21st Century Skills*. In: Ben Akpan und Teresa J. Kennedy (Hg.): *Science Education in Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing.
- Labudde, Peter (2014): *Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten*. In: *ZfDN* 20 (1), S. 11–19. DOI: 10.1007/s40573-014-0001-9.
- Lenz, Fulko (2018): *Digitalisierung und Beschäftigung: Ein Ende ohne Arbeit oder Arbeit ohne Ende?* Berlin: Stiftung Marktwirtschaft (Argumente zu Marktwirtschaft und Politik, 141). Online verfügbar unter <https://www.econstor.eu/handle/10419/177820>.

- Maier, Tobias; Kalinowski, Michael; Zika, Gerd; Schneemann, Christian; Mönnig, Anke; Wolter, Marc Ingo (2022): Es wird knapp. Ergebnisse der siebten Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen bis zum Jahr 2040. BIBB Report 3. Bonn. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/18168>, (Abfrage: 25.10.2022)
- Mayring, Philipp (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (MKJS) (Hrsg.) (2016): Allgemeinbildendes Gymnasium Baden-Württemberg. Bildungsplan Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Profulfach. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/NWT>, (Abfrage: 14.10.2022)
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (MKJS) (Hrsg.) (2022): Leitfaden für die gymnasiale Oberstufe. Abitur 2024. Online verfügbar unter [https://km-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents\\_E-1537580629/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/KM-Homepage/Publikationen%202021/2021\\_Leitfaden%20fuer%20die%20gymnasiale%20Oberstufe\\_Abitur%202024.pdf](https://km-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents_E-1537580629/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/KM-Homepage/Publikationen%202021/2021_Leitfaden%20fuer%20die%20gymnasiale%20Oberstufe_Abitur%202024.pdf), (Abfrage: 02.11.2022)
- Mokhonko, Svitlana; Stefanica, Florina; Nickolaus, Reinhold (2014): NwT-Unterricht. Herausforderungen bei der Einführung eines neuen Faches im Spiegel einer aktuellen Bestandsaufnahme. In: Journal of Technical Education (JOTED) 2 (1).
- Offermann, Günter; Schäfer, Alexander (2012): Zur Ideen- und Entstehungsgeschichte des Faches Naturwissenschaften und Technik (NwT) in Baden-Württemberg. In: Uwe Pfenning und Ortwin Renn (Hg.): Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, S. 183–199. Online verfügbar unter <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783845238289-183.pdf>, (Abfrage: 14.10.2022)
- Pittschellis, Reinhard (2012): Der Beitrag von Festo für die didaktische Strukturierung der Technikbildung. In: Uwe Pfenning und Ortwin

- Renn (Hg.): Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, S. 223–233. Online verfügbar unter <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783845238289-223.pdf>, (Abfrage: 14.10.2022)
- Prenzel, Manfred; Drechsel, Barbara (1996): Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. *Unterrichtswissenschaft* 24 (1996) 3, S. 217–234. In: *Unterrichtswissenschaft* 24. DOI: 10.25656/01:7936.
- Reinmann, Gabi (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: *Unterrichtswissenschaft* 33 (1), S. 52–69.
- Schiefele, Ulrich; Krapp, Andreas; Wild, Klaus-Peter; Winteler, Adolf (1993): Der „Fragebogen zum Studieninteresse“ (FSI). / The Study Interest Questionnaire (SIQ). In: *Diagnostica* 39, S. 335–351.
- Schöne, Claudia; Dickhäuser, Oliver; Spinath, Birgit; Stiensmeier, Joachim (2003): Das Fähigkeitsselbstkonzept und seine Erfassung. In: Joachim Stiensmeier-Pelster (Hg.): *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept*. Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie (Tests und Trends, N.F., Bd. 2), S. 3–14.
- Seidel, Tina (2014): *Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie. Integration von Struktur- und Prozessparadigma*. Weinheim, Basel: BeltzJuventa.
- van Laar, Ester; van Deursen, Alexander J. A. M.; van Dijk, Jan A. G. M.; Haan, Jos de (2020): Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. In: *SAGE Open* 10 (1), 215824401990017. DOI: 10.1177/2158244019900176.
- van Laar, Ester; van Deursen, Alexander J.A.M.; van Dijk, Jan A. G. M.; Haan, Jos de (2017): The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. In: *Computers in Human Behavior* 72, S. 577–588. DOI: 10.1016/j.chb.2017.03.010.

- Weiß, Rudolf H. (2019): CFT 20-R mit WS/ZF-R. Grundintelligenztest Skala 2 – Revision mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest – Revision. 2. überarbeitete Auflage mit aktualisierten und erweiterten Normen. Göttingen: Hogrefe.
- Zendler, Andreas (Hg.) (2018): Unterrichtsmethoden für den Informatikunterricht. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Zinn, Bernd (2014): Technische Allgemeinbildung – Bedeutungsspektrum, Bildungsstandards und Forschungsperspektiven. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Bd. 2 Nr. 2 (2014): *Journal of Technical Education (JOTED)*. DOI: 10.48513/JOTED.V2I2.37.
- Zinn, Bernd (2018a): Projektskizze: Wissenschaftliche Begleitung der Einführung des Kernfachs NwT in der Kursstufe (NwT-KURsstufe). Projektantrag, unveröffentlicht.
- Zinn, Bernd (2018b): Technisches Lernen am Gymnasium. In: Bernd Zinn, Ralf Tenberg und Daniel Pittich (Hg.): *Technikdidaktik. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, S. 231–238.
- Zinn, Bernd; Latzel, Mira (2017a): Abschlussbericht zum Projekt „Evaluation des Schulversuchs Naturwissenschaft und Technik in der Jahrgangsstufe zweistündig (NwT-K2)“. Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT). Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Stuttgart.
- Zinn, Bernd; Latzel, Mira (2017b): Bericht zur Erläuterung der fachlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Fach „Naturwissenschaft und Technik (NwT) nach Abschluss der Mittelstufe im Zusammenhang mit den Forschungsergebnissen des Projektes Evaluation des Schulversuchs „NwT in den Jahrgangsstufen – zweistündig“ (NwT-K2). Universität Stuttgart. Online verfügbar unter [https://www.ife.uni-stuttgart.de/dokumente/bpt/bpt\\_forschung/nwtk2\\_Erlaeuterungen-zur-Grundkompetenz\\_NwT.pdf](https://www.ife.uni-stuttgart.de/dokumente/bpt/bpt_forschung/nwtk2_Erlaeuterungen-zur-Grundkompetenz_NwT.pdf).
- Zinn, Bernd; Latzel, Mira; Ariali, Sunita (2017): Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung technischen Wissens im Fach Naturwissenschaft und Technik. In: *Journal of Technical Education (JOTED)* 5 (1), S. 76–9

Markus Reiser, Martin Binder und Holger Weitzel

## **„startlearnING“ und die Ambivalenz eines domänenübergreifenden Unterrichtsangebots**

### **1 Einleitung**

Der drohende Fachkräftemangel in den MINT-Berufen (Acatech 2022) zeigt, dass MINT-Förderung ein aktuelles Thema bleibt. Bereits 2009 stellte die Kultusministerkonferenz (KMK) im Rahmen ihres Maßnahmenkatalogs zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung deren Bedeutung für den Wohlstand und die zukünftige Konkurrenzfähigkeit des Industriestandortes Deutschland heraus. Aus diesem Grund wurde von der KMK beschlossen, dass fächerverbindende naturwissenschaftliche Lehr- und Lernkonzepte für die Sekundarstufe I entwickelt werden sollen, die neben der Vertiefung übergreifender fachlicher Kompetenzen besonders das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik fördern sollen (KMK 2009).

Durch die Beschlussfassung der KMK ist die Forderung nach der Entwicklung eines interdisziplinären Unterrichts und die Förderung einer naturwissenschaftlich-technischen Bildung bildungspolitisch klar gegeben. Wie fächerverbindender bzw. domänenübergreifender naturwissenschaftlich-technischer Unterricht gestaltet werden kann, um die Zielsetzungen der KMK zu erfüllen, ist Aufgabe der fachspezifischen Didaktiken, die hierzu idealerweise interdisziplinär agieren. Im Kooperationsprojekt startlearnING haben sich zu diesem Zweck Fachdidaktiken (Biologie und Technik) der Pädagogischen Hochschule Weingarten mit der Didaktik des Sachunterrichts (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg) und der Fakultät Technik (Mechatronik und Maschinenbau) der HS Reutlingen zusammengeschlossen. Gefördert wird das Projekt von der Vector-Stiftung ([https:// vector-stiftung.de](https://vector-stiftung.de)).

Ziel des Projekts ist die Erstellung von Lernarrangements, die ein interdisziplinäres Lernen von Technik und Biologie fördern, und zwar so, dass die Lösungsfindung nur durch den wechselseitigen Blick auf die beiden Domänen ermöglicht wird. Hierzu orientiert sich das Projekt am Arbeitsmodus von Ingenieuren zur Entwicklung eines Produktes und versucht, diesen für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 3–7 zu adaptieren.

Bis Dato haben an dem Projekt 926 Schülerinnen und Schüler teilgenommen und 59 Lehrer\*innen wurden in Fortbildungen für den Umgang mit den erstellten Materialien und den Tüftlerkisten geschult. Im Projekt sind 5 Unterrichtsreihen entstanden: Bau einer Schneckenbehausung (GS), Bau einer Warmhaltemöglichkeit (GS), Bau einer Fütterungsmaschine (Sek I), Bau einer Kalthaltemöglichkeit (Sek I) und Bau einer Wasserreinigungsapparatur (Sek I).

## **2 Problemaufriss**

Die Entwicklung und Implementation interdisziplinärer bzw. domänenübergreifender Unterrichtsansätze ist aus mehreren Perspektiven herausfordernd:

Aus der Perspektive der Bezugsdisziplinen erfahren interdisziplinäre Ansätze die Kritik, dass fächerübergreifende Themen nicht immer in die Systematik des jeweiligen Faches passen oder diese wiedergeben (Labudde 2013). Gerade die technische und naturwissenschaftliche Domäne unterscheiden sich in der Betrachtung der Welt grundlegend. Technik ist finalorientiert (Hüttner 2009), während das Erkenntnisinteresse der Naturwissenschaften auf eine Erklärung gegebener Phänomene abzielt (Kircher, Girwidz & Häußler 2015) und dafür häufig experimentelle Zugänge gewählt werden. Gleichwohl zweifeln Höttecke & Rieß, (2015, S. 136), „ob der im naturwissenschaftlichen Unterricht und der Lehr-Lern-Forschung favorisierte Experiment-Begriff in Bezug auf den Referenzpunkt Naturwissenschaft tatsächlich authentisch ist“, wenn darin vor allem Planbarkeit, Wiederholbarkeit und die sichere Anwendung von Variablenkontrollstrategien im Vordergrund stehen und verweisen hierfür auf verbreitete Ansätze von Hammann et al. (2006, S. 292) oder Rieß (2012). Aus tech-

nikdidaktischer Perspektive wird die Sorge geäußert, dass in interdisziplinären Zugängen Technik als Anwendung der Naturwissenschaft beschrieben und in diesem Sinne „miss-“verstanden wird (Sachs 2015, S. 7).

Ferner hält Rajh (2017, S. 427) bei einer kritischen Bewertung von Interdisziplinarität in Wissenschaft und Schule fest, dass diese zwar oft postuliert wird, jedoch in ihrer Umsetzung selten verbindend realisiert wird.

Auf unterrichtsorganisatorischer Perspektive ist analog zur Untersuchung von Möller, Tenberge und Ziemann (1996) – bezogen auf den Sachunterricht – festzuhalten, dass Lehrkräfte einer Integration technischer Inhalte in den naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht zögerlich gegenüberstehen, u. a. weil das Fach Technik nicht immer Teil ihres Studiums war.

Vor dem Hintergrund zahlreicher Studiengänge, die die technische und biologische Perspektive integrativ betrachten (bspw. <https://www.masterbio.de/suchen>), ist zumindest zu überlegen, ob die fachdidaktische Diskussion der Realität ein Stück hinterherhinkt.

### **3 Das Konzept „startlearnING“**

Das startlearnING Projekt nimmt die beschriebenen Herausforderungen auf und beschreibt ein Modell, das als Basis für die Entwicklung und Implementation von domänenübergreifenden Lernarrangements herangezogen werden kann.

#### **3.1 Didaktisches Modell: Erkenntnisse gewinnen durch Integration naturwissenschaftlicher und technischer Perspektiven in einen Problemlöseprozess**

Ein domänenverbindender Ansatz findet sich auch in den Next Generation Science Standards (NGSS) der USA. Das „Three Dimensions of Science Learning“-Modell stellt eine Wechselbeziehung zwischen Naturwissenschaften und Technik in allen drei Dimensionen (core ideas, crosscuttings und practices) dar (NGSS Lead States, 2013). Diese Wechselbeziehung kann durch den Family Resemblance Approach (FRA) von Irzik und Nola (2001) weitergehend definiert werden. Die darin beschriebene Grund-

„startlearnING“ und die Ambivalenz eines domänenübergreifenden Unterrichtsangebots

annahme der „Familienähnlichkeit“ der naturwissenschaftlichen Disziplinen ist geeignet, auch Technik und Naturwissenschaften in eine solche Nähe zu bringen, so dass auf der Grundlage ihrer Parallelen domänenübergreifende Lernarrangements legitimiert werden können.

- Auf der Ebene der Prozessvariablen nutzen Technik und Naturwissenschaften ähnliche Methoden zur Erkenntnisgewinnung (National Research Council of the national Academies 2011).
- Auf inhaltlicher Ebene verbindet beide Domänen der Blick auf Form-Funktionszusammenhänge, die der Bewältigung des Lebens unter gegebenen Bedingungen dienen – in der Biologie etwa als Untersuchung von Kausalbeziehungen, in der Technik als zielgerichteter Gestaltungsprozess, der auch auf Grundlage der Untersuchung von Kausalbeziehungen erfolgt.

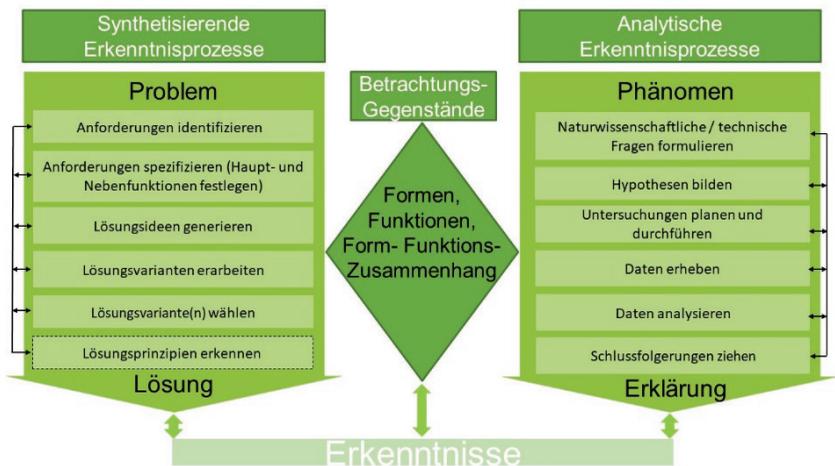


Abbildung 1

Erkenntnisse gewinnen durch Integration naturwissenschaftlicher und technischer Perspektiven in einen Problemlöseprozess

Auf Grundlage dieser Gemeinsamkeiten wurde ein Modell erstellt, das domänenübergreifende Synergiepotentiale aufzeigt und als didaktische Legitimation für einen domänenübergreifenden Unterricht dient, der Tech-

nik und Naturwissenschaften miteinander verbindet. Das hierzu vorgeschlagene Modell (Abb. 1) stellt einen interkonnektiven Erkenntnisweg vor, der synthetisierende und analytische Erkenntnisprozesse miteinander verbindet.

Die jeweiligen Erkenntnisprozesse sollen dabei nicht spezifisch den Technikwissenschaften bzw. den Naturwissenschaften zugeordnet werden. Vielmehr beschreiben sie Erkenntnisprozesse, die beiden Domänen eigen sind. Synthetisierende Erkenntnisprozesse erfolgen sowohl in den Technikwissenschaften (etwa bei Konstruktionsprozessen) als auch in den Naturwissenschaften (dort beispielsweise bei Modellierungen und Versuchsaufbauten). Auch die analytischen Erkenntnisprozesse sind beiden Domänen eigen.

Die Interkonnektivität des Modells ergibt sich zum einen auf der Ebene der Arbeitsweisen, aber auch auf der Ebene der Betrachtung von Form- und Funktionszusammenhängen.

Primär dient das Vorgehen der synthetisierenden Erkenntnisprozesse der Problemlösung und damit verbunden dem Erstellen einer Lösung, die aus verschiedenen Teillösungen zusammengefügt wird. Das hier beschriebene Vorgehen stellt einen an einem Konstruktionsprozess orientierten Prozessablauf dar. Am Ende des Prozesses entsteht ein manifestes Produkt als Lösung auf eine determinierte Problemstellung.

Die Methodik der analytischen Erkenntnisprozesse orientiert sich an einem hypothetisch deduktiven Vorgehen, wie es bei Popper (1994) beschrieben wird und setzt sich mit dem Erschließen von Phänomenen und deren Erklärung auseinander. Dabei werden betrachtete Phänomene auf Teilaspekte, wie etwa Form- und Funktionszusammenhänge zerlegt, deren Zusammenspiel dann untersucht wird und in einer Erklärung für das Phänomen mündet.

In diesem Modell werden sowohl synthetisierende als auch analytische Erkenntnisprozesse zunächst als lineare Verläufe durch grüne Pfeile dargestellt, die von unterschiedlichen Ausgangspunkten (Problem vs. Phänomen) zu eigenen Zielsetzungen (Lösung vs. Erklärung) führen. In der Realität verlaufen diese Prozesse selten linear. Vielmehr sind sowohl analytische

**„startlearnING“ und die Ambivalenz eines domänenübergreifenden Unterrichtsangebots**

Erkenntnisprozesse, wie das Experimentieren, als auch synthetische Erkenntnisprozesse, wie das Konstruieren/ die Produktentwicklung, rekursiv und iterativ (Harwood 2004; Verein Deutscher Ingenieure 2019). Diese Rekursionen bzw. Iterationen werden durch die schwarzen multidirektionalen Pfeile dargestellt.

Beide Erkenntnisprozesse führen zu einer Auseinandersetzung mit Strukturen und Funktionen sowie deren Zusammenhängen. Diese werden als Raute dargestellt, die beide Erkenntnisprozesse miteinander verbindet.

Die Erkenntnisse über Form- und Funktionszusammenhänge können aus einem analytischen Erkenntnisprozess beim Generieren von Lösungen in einem synthetisierenden Erkenntnisprozess dienlich sein. Ferner können Erkenntnisse über Form-Funktionszusammenhänge aus einem synthetisierenden Erkenntnisprozess als Analogien dabei helfen, Phänomene zu erklären.

Diesem Modell folgend können domänenübergreifende Lernarrangements zu einer möglichen Trias der Erkenntnisse, aus Erkenntnissen, die durch den synthetisierenden Weg, den analytischen Weg und über die Betrachtung von Form- und Funktionszusammenhängen gewonnen wurden, führen.

#### **4 Exemplarische Umsetzung am Beispiel der Unterrichtseinheit „Bau einer Fütterungsmaschine“**

Der Unterrichtsverlauf aller startlearnING-Unterrichtsangebote folgt einem Dreischritt (s. Abb. 2) aus technischer Problemstellung, Ideensuche bei Phänomenen aus der Natur und der Konstruktion einer Lösung.



Abbildung 2

Schematische Darstellung des Unterrichtsablaufs bei startlearnING-Unterrichtsangeboten

Schülerinnen und Schüler werden mit einer Problemstellung konfrontiert, die die Ausgangslage für eine technische Konstruktion darstellt. Im Rahmen der Ideensuche werden Phänomene aus der Natur untersucht, in denen sich Lösungen bei Lebewesen zeigen, die mit ähnlichen Anforderungen konfrontiert sind. Diese Lösungen werden auf Form- und Funktionszusammenhänge untersucht. Aus diesen Form- und Funktionszusammenhängen ergeben sich Lösungsprinzipien, die technisch umgesetzt werden können und dabei helfen, die technische Konstruktion zu planen und zu realisieren. Ist die technische Lösung fertiggestellt, können gefundene Lösungen bezüglich ihrer Form- und Funktionszusammenhänge mit den Phänomenen aus der Natur verglichen werden.

Nachfolgend wird das didaktische Modell am Beispiel der Unterrichtseinheit „Bau einer Fütterungsmaschine“ exemplarisch präzisiert. Die Unterrichtsunterlagen für diese Unterrichtseinheiten können im Mitgliederbereich von [www.startlearning.info](http://www.startlearning.info) heruntergeladen werden.

#### **4.1 Klärung der Problemstellung – Identifizieren von Anforderungen**

Die Eröffnung der Problemstellung ergibt sich über ein Youtube-Video von Giertz (2015). Im Video ist zu sehen, wie eine Erfinderin eine Maschine entwickelt hat, von der sie sich am Frühstückstisch füttern lassen will. Dies funktioniert allerdings nur suboptimal. Ausgehend von dieser Beobachtung wird den Schülerinnen und Schüler die Problemstellung vorgestellt: „Es soll eine Maschine gebaut werden, die besser funktioniert als die Frühstücksmaschine aus dem Video“. Konkretisiert wird diese Problemstellung durch den Arbeitsauftrag:

„Die Maschine soll eine an einem Tisch sitzende Person mit einer Weintraube füttern. Die Weintraube wird manuell mit einer Gabel aufgespießt. Die Gabel wird von einem am Arm befestigten Magneten gehalten. Die Maschine muss die Gabel aufnehmen, hochheben und zum Mund führen können.“

Die im Video gezeigte Maschine ist dabei aus komplexen Komponenten (auch kleinen Motoren) zusammengebaut, die den Schülerinnen und Schüler nicht zur Verfügung stehen. Die gezeigte Maschine ist somit nicht als Lösungsidee replizierbar.

Obleich der Zugang über eine Fütterungsmaschine zunächst als spielerisches Absurdum erscheint, ermöglicht dieser Zugang die Auseinandersetzung mit Strukturen, die Bewegung ermöglichen und steuerbar machen. Außerdem erfährt der Bau steuerbarer Fütterungsmaschinen mit Hinblick auf deren medizintechnische Verwendungsbereiche eine besondere gesellschaftliche Bedeutung. Etwa in inklusiven Einrichtungen werden solche Fütterungsmaschinen als Individuallösungen, die mit den Füßen gesteuert werden können, von Technikern angefertigt. Die Zielsetzung dahinter ist es, Menschen mit beidseitiger Lähmung des Nervus Medianus oder einer Spastik beider Hände zu helfen, selbstbestimmter zu essen. Dies unterstützt die Selbstbestimmtheit der Betroffenen, trainiert deren Motorik und beinhaltet auch eine ökonomische Komponente durch die Entlastung des Pflege-/Betreuungspersonals.

## 4.2 Hauptfunktionen festlegen

Nach der Konkretisierung der Anforderungen erfolgt eine Festlegung von Hauptfunktionen. Diesen muss die Fütterungsmaschine gerecht werden, um ihre Funktion zu erfüllen. Ebenso können Zusatzfunktionen erörtert werden. Diese beschreiben die Anforderungen an die Konstruktion, die die Anwendung für (den jeweiligen Nutzer) angenehmer und praktischer machen, jedoch nicht zwangsläufig nötig zur Erfüllung der Konstruktion sind.

Aus diesen Funktionen wird mit den Schülerinnen und Schüler eine Liste von Anforderungen entwickelt, die Checkliste (s. Tabelle 1). Diese Checkliste wird auch zur Bewertung der jeweiligen Konstruktionen verwendet.

*Tabelle 1*

Checkliste: Haupt- und Zusatzfunktionen beim Bau einer Fütterungsmaschine

Hauptfunktionen	Zusatzfunktionen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Maschine kann das Gewicht einer Gabel und einer Weintraube halten und heben.</li> <li>– Die Maschine kann einen Höhenunterschied von mindestens 20 cm überwinden.</li> <li>– Die Maschine ist transportabel.</li> <li>– Die Konstruktion funktioniert mehrmals.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Gabel kann zum Mund gedreht werden.</li> <li>– Es gibt eine Trinkmaschine.</li> <li>– Die Maschine kann von verschiedenen Seten bewegt werden.</li> <li>– Die Maschine sieht cool aus.</li> <li>...</li> </ul>

### 4.3 Lösungsideen generieren durch die Betrachtung von Form- und Funktionszusammenhängen

Nach der Definition der Hauptfunktionen und der Konkretisierung der Anforderungen gilt es, Lösungsideen für die Konstruktion zu generieren. Bei den startlearnING-Unterrichtsangeboten erfolgt dies durch einen Blick auf Phänomene aus der Biologie. Im Falle der Fütterungsmaschine erfolgt eine Thematisierung unterschiedlicher Tierextremitäten und deren Bewegungsmechanismen. Damit einhergehend erfolgt ein Wechsel von einem synthetisierenden zu einem analysierenden Erkenntnisweg. Letzterem folgend werden unterschiedliche Skeletttypen untersucht und Form-Funktionszusammenhänge erschlossen. Betrachtet man die anatomischen Strukturen, die Bewegung ermöglichen, und deren Funktionen, lassen sich vier Elemente ausmachen:

- Muskeln, deren Kontraktion die Bewegung initiiert.
- Starre Elemente (Knochen oder Chitinplatten) auf die Muskeln eine Zugkraft ausüben.
- Gelenke, als lockere Verbindung zwischen starren Elementen, die eine Beweglichkeit dieser Elemente ermöglichen und die Richtung steuern.
- Flüssigkeiten, die innerhalb eines Organs verschoben werden und dabei eine Bewegung des Organs ermöglichen.

Aus der Beschreibung dieser Struktur- und Funktionszusammenhänge lässt sich die Entstehung von Bewegungsabläufen bei unterschiedlichen Skeletttypen herleiten und auf grundlegende Prinzipien reduzieren:

- Muskeln erzeugen Bewegung durch Zugkraft.
- Muskeln haben einen Gegenspieler.
- Bei Skeletten mit starren Elementen spannen Muskeln über Gelenke.
- Bei Skeletten ohne starre Elemente üben Muskeln Druck auf Flüssigkeiten aus. Diese Flüssigkeiten können verschoben werden und erzeugen somit eine Bewegung.

Diese Prinzipien können dann als Teillösungen gebaut zu einer Gesamtlösung zusammengeführt werden.

#### 4.4 Lösungsvarianten erarbeiten und auswählen

Nach der analytischen Betrachtung der unterschiedlichen Skeletttypen und deren Form- und Funktionszusammenhängen erfolgt ein Wechsel zum synthetisierenden Erkenntnisweg. Die Schülerinnen beginnen zu konstruieren und fertigen nach der Sichtung des selbst mitgebrachten Verbrauchsmaterials (Papprollen, Tetra Paks etc.) sowie den bereitgestellten Werkzeugen aus den „Tüftlerkisten“ von startlearnING erste Teillösungen an. Hierbei agieren sie noch sehr explorativ.

Im Rahmen des Konstruktionsprozesses kommt es dann zur Auswahl von geeigneten Materialien und Umsetzungsideen, die als Teillösungen zu einer Komplettlösung – der Fütterungsmaschine – zusammengefügt werden.

#### 4.5 Fertigung der Lösung und Erkennen von Lösungsprinzipien

Im Rahmen der Konstruktion entsteht eine Fütterungsmaschine, die den Kriterien der Checkliste folgend eine an einem Tisch sitzende Person füttern können soll. Die Fütterungsmaschinen werden der Klasse präsentiert und auf Funktion und Erfüllen der Hauptfunktionen überprüft. In Reflexionsgesprächen werden mit den Schülerinnen und Schülern Funktion und Platzierung der gewählten Strukturen/Formen erörtert. Hierbei werden durch die Betrachtung der Form- und Funktionszusammenhänge der Konstruktion Analogien zu den anatomischen Form- und Funktionszusammenhängen der unterschiedlichen Skeletttypen sowie eine Bewusstwerdung von Lösungsprinzipien angebahnt.

#### 4.6 Darstellung einer möglichen Trias der Erkenntniswege

Das Lernangebot ermöglicht Erkenntnisse auf verschiedenen Erkenntniswegen:

- Durch den synthetisierenden Erkenntnisweg können Erkenntnisse über die Entwicklung, Fertigung, Bewertung und Optimierung der Gesamt- und Teillösungen, aber auch in Modellierungsprozessen im Rahmen der Betrachtung unterschiedlicher Skeletttypen erlangt werden. Diese können sowohl die Auswahl des geeigneten Materials, die Art der Verbindungsmöglichkeiten als auch der verwendeten Mechanik umfassen. Hinsichtlich des Materials können etwa Erkenntnisse über dessen Stabilität,

Dimensionierung oder Verarbeitungsmöglichkeiten gewonnen werden. Die Wahl und Fertigung von Verbindungsmöglichkeiten ermöglichen Erkenntnisse über deren Funktion, Fertigung, und Optimierung. Ferner stellen Dysfunktionen in der Mechanik, etwa der gefundenen Teillösungen, Möglichkeiten zum Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Notwendigkeit von Stabilisatoren oder der Ansatzpunkte von Zug- und Schiebemechanismen für die Maschine dar.

- Der analytische Erkenntnisweg ermöglicht Erklärungen der Anatomie und Physiologie von Gliedmaßen bei unterschiedlichen Lebewesen und das Herausarbeiten von Form- und Funktionszusammenhängen und den daraus ableitbaren Prinzipien, die Bewegung ermöglichen. Analytische Prozesse finden dabei aber nicht nur mit Blick auf den „biologischen“ Erkenntnisgewinn statt. Sie geschehen implizit bei der Testung der Teillösungen im Konstruktionsprozess sowie während des explorativen Vorgehens, da die Schülerinnen und Schüler hierbei auch kleinere technische Experimente (hinsichtlich der Eigenschaft von Materialien oder der Funktionalität von Zug- und Schiebemechanismen) ermöglichen.
- Auch die Betrachtung von Form- und Funktionszusammenhängen ermöglicht Erkenntnisse. Die daraus ableitbaren Prinzipien können es den Schülerinnen und Schüler ermöglichen, Analogieschlüsse hinsichtlich der Bestandteile, der Funktion und der Mechanik zwischen den anatomischen Extremitäten und den erstellten Apparaturen zu ziehen. So können Funktionen der Maschine mit den Prinzipien der Funktion von Extremitäten erklärt werden und anatomische Prinzipien in der technischen Konstruktion wiedererkannt und erklärt werden.
- Sowohl das analytische als auch das synthetisierende Vorgehen kann Erkenntnisse auf der Metaebene hinsichtlich der methodischen Abläufe der verwendeten Arbeitsweisen ermöglichen.

## 5 Implementierungsstrategie

Um diese Lernangebote in den Unterricht zu implementieren und letztlich den schulspezifischen Herausforderungen eines domänenübergreifenden Unterrichts gerecht zu werden, verfolgt „startlearnING“ einen langfristigen Ansatz, der das Schulsystem ganzheitlich betrachtet.

- Auf der Ebene der Schule wird ein Paket aus Fortbildungen, Unterrichtsmaterialien und Praxisbegleitung bei der Erstdurchführung angeboten.
- Im Lehramtsstudium werden interdisziplinäre Seminare angeboten, bei denen Studierende unterschiedlicher Disziplinen (Lehramt Biologie, Lehramt Technik, und Studierende der Mechatronik) teilnehmen und in wechselseitigen Austausch bezüglich Problemlöseprozesse und Arbeitsweisen kommen.

Auch in der Phase des Vorbereitungsdienstes erhalten Lehramtsanwärterinnen und -anwärter Fortbildungen zu domänenübergreifenden Problemlöseprozessen.

## 6 Forschungsinteresse (Ausblick)

Das vorgeschlagene Modell führt zu einem neuen Forschungsdesiderat. Es wirft die Frage auf, inwieweit der Transfer naturwissenschaftlichen Wissens in einen technischen Konstruktionsprozess eine zusätzliche Möglichkeit zur Förderung des naturwissenschaftlichen Wissenserwerbs oder des technischen Wissenserwerbs darstellt und inwiefern Prozessabläufe von Lernenden im Sinne einer multidimensionalen Scientific Literacy (Bybee 2002) durchdrungen und Domänen zugeordnet werden können. Das Forschungsinteresse des Projekts ist zunächst biologiedidaktischer Natur. Es richtet sich auf die Wirkung eines domänenverbindenden Problemlöseprozesses auf das naturwissenschaftliche Fachwissen und die intrinsische Motivation von Schülerinnen und Schüler der 5.–7. Klasse. Aufbauend auf dieser Forschung kann auch die technikdidaktische Perspektive des Forschungsdesiderats beforscht werden.

### 6.1 Forschungsdesign

Im Rahmen der biologiedidaktischen Forschung werden die folgenden Messinstrumente eingesetzt:

- Der Kognitionstest CFT 20R (Kurzversion) (Weiß und Weiß 2006)
- Die Kurzsкала intrinsischer Motivation (Wilde et al. 2009)
- Ein eigens erstellter und validierter Wissenstest über das Wissen um Form- und Funktionszusammenhänge bei Bewegung von Extremitäten.

Das geplante Forschungsdesign wird in Abbildung 3 dargestellt.

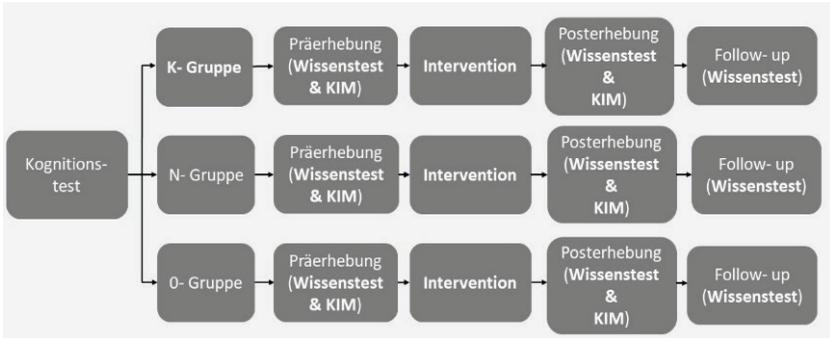


Abbildung 3

Das Forschungsdesign. Bildung von 3 Vergleichsgruppen, die sich hinsichtlich des Instruktionsgrades unterscheiden. Datenerhebung durch Prä-, Post- und Follow-up-Testung

Die Datenerhebung beginnt vier bis sechs Wochen vor der Intervention (= Durchführung des Lernarrangements) mit der Durchführung eines Kognitionstests (CFT 20R von Weiß & Weiß (2006)).

Etwa zwei Wochen vor der eigentlichen Intervention erfolgt eine erste Datenerhebung bestehend aus dem erstellten Wissenstest (Prä) und dem KIM (Kurzsкала intrinsischer Motivation)-Fragebogen von Wilde et al. (2009). Der erste KIM-Fragebogen erhebt die intrinsische Motivation der Schülerinnen und Schüler im BNT-/Biologieunterricht. Die Intervention selbst umfasst 8–10 Unterrichtsstunden. Zur Durchführung der Vergleichsstudie werden 3 Gruppen gebildet. Bei diesen Gruppen variiert die Intervention hinsichtlich der haptischen Tätigkeit und des Öffnungsgrades der Aufgabenstellung. Eine Gruppe wird der Lernintervention des „startlearning“-Projekts mit freier Konstruktion ausgesetzt (= K-Gruppe). Dieser steht eine Gruppe von Lernenden gegenüber, die zwar denselben Biologieinput erhält, jedoch eine vorgefertigte Konstruktion nach Anweisung nachbaut (= N-Gruppe). Die Intervention der N-Gruppe stellt einen eingeschränkteren Öffnungsgrad der Handlungsmöglichkeiten bei gleichzeitiger haptischer Betätigung dar. Als Kontrollgruppe wird eine weitere Gruppe dienen, die 0-Gruppe. Anstelle einer technischen Konstruktion wird die

0-Gruppe weitere Beispielphänomene aus der Biologie und deren Verwendung in der Technik theoretisch bearbeiten.

Im Anschluss an die Intervention erfolgt eine Post-Erhebung, die aus dem Wissenstest (Post) sowie dem KIM-Fragebogen (Post) besteht. Mittels des KIM-Fragebogens (Post) wird nun die intrinsische Motivation bezüglich der jeweiligen Intervention erhoben. Ein Vergleich der Wissenstests sowie der Motivationstests aus Prä- und Posterhebung ermöglicht es, Aussagen über den Wissenszuwachs und die Motivation zu machen.

Etwa vier Wochen nach der Erhebung des Posttests erfolgt eine Datenerhebung mittels des Follow-up-Tests, der nur aus einem Wissenstest besteht. Der Follow-up-Test dient der Erfassung von möglichen Langzeiteffekten hinsichtlich des Wissenserwerbs.

Die gesammelten Daten sollen längsschnittliche Untersuchungen innerhalb der Gruppen sowie Gruppenvergleiche in Bezug auf Leistungsstärke und Instruktionsgraden erlauben. Mittels Strukturgleichungsmodellen sollen die korrelativen Zusammenhänge zwischen den Variablen (Wissen, Motivation, kognitive Befähigung, Geschlechtszugehörigkeit und Instruktionsgrad) geschätzt werden. Hierdurch sollen empirisch fundierte Aussagen über die Wirkung eines domänenverbindenden Unterrichts hinsichtlich eines naturwissenschaftlichen Wissenserwerbs und der Motivation der Schülerinnen und Schüler getroffen werden können.

## 7 Fazit

Die Entwicklung fächerverbindender naturwissenschaftlicher Lehr- und Lernkonzepte für die Sekundarstufe I, die neben der Vertiefung übergreifender fachlicher Kompetenzen besonders das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik fördern sollen, wie es von der Kultusministerkonferenz 2009 gefordert wurde, birgt die Herausforderung, substantiell domänenverbindend zu arbeiten. Obgleich die Domänen Technik und Naturwissenschaften bildungspolitisch und im Alltagssprachgebrauch mit dem Kompositum „naturwissenschaftlich-technisch“ häufig in einem Atemzug genannt werden, weisen sie Spezifika auf, die sie elementar unterscheiden. Entwürfe, Naturwissenschaften und Technik unterrichtlich zusammen zu denken, erfahren von Fachdidaktiken auf

beiden Seiten dahingehend Kritik, dass sie die jeweiligen Domänen und ihre grundlegenden Systematiken und Charakteristika nicht berücksichtigen, sondern übergehen und so ein verfälschtes Bild von den Naturwissenschaften oder Technik, bzw. den Technik(-wissenschaften) entsteht (Labudde 2013; Sachs 2015; Hammann et al. 2006; Rieß 2012).

Ferner zeigt sich der eigentlich domänenverbindende Aspekt einzelner Unterrichtsangebote oft nicht als verbindend, vielmehr werden Inhalte der Bezugsdomänen parallel zueinander unterrichtet (Rajh 2007).

Als Lösungsansatz hierzu wurde ein Modell im Rahmen des startlearnING-Projekts entwickelt, das einen theoretischen Rahmen für Lernarrangements bietet, der technische und biologische Inhalte verbindet. Auf der Grundlage von Ähnlichkeiten in der Arbeitsweise beider Bezugsdomänen, die sich sowohl auf synthetisierende als auch auf analytische Erkenntnisprozesse beziehen, und inhaltlicher Überschneidungen, die sich in einer Betrachtung von Form- und Funktionszusammenhängen widerspiegeln, werden Synergien aufgezeigt, die einen „naturwissenschaftlich-technischen“ Unterricht legitimieren.

Das vorgeschlagene Modell führt zu einem neuen Forschungsdesiderat. Es wirft die Frage auf, inwieweit der Transfer naturwissenschaftlichen Wissens über Form- und Funktionszusammenhänge in einen technischen Konstruktionsprozess eine zusätzliche Möglichkeit zur Förderung des naturwissenschaftlichen aber auch des technischen Wissenserwerbs sowie einer Steigerung der intrinsischen Motivation darstellt.

## Literatur

Acatech (2022): MINT-Nachwuchsbarometer 2022. <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2022/> (Abfrage: 12.09.2022)

Bybee, Rodger W. "Scientific Literacy—Mythos oder Realität?" Scientific literacy. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2002. 21-43.

Giertz, Susanna (2015, November, 04): The Breakfast Machine [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=E2evC2xTNWg>

- Hammann, Marcus, Phan, Thi Thanh Hoi, Ehmer, Maike & Bayrhuber, Horst (2006): Fehlerfrei Experimentieren. MNU, 59(5), 292–299.
- Harwood, William. S. (2004): A new model for inquiry: Is the scientific method dead? *Journal of College Science Teaching*, 33(7), 29–33. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26491315>
- Höttecke, Dietmar & Rieß, Falk. (2015): Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *ZfDN*, 21:127–139
- Hüttner, Andreas. (2009): *Technik unterrichten: Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht (3. Aufl.)*. Bibliothek der Schulpraxis. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer.
- Irzik, Gürol & Nola, Robert. (2011): A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Kircher, Ernst, Girwidz, Raimund & Häußler, Peter (2015): *Physikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0>
- Kultusministerkonferenz (KMK) der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2009): Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009. [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2009/2009\\_05\\_07-Empf-MINT.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf)
- Labudde, Peter (Hrsg.) (2013): *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.–9. Schuljahr (2., korrig. Aufl.)*. UTB: 3248: Pädagogik. Bern: Haupt.
- Möller, Kornelia, Tenberge, Claudia, & Zieman, Uwe. (1996): *Technische Bildung im Sachunterricht: eine quantitative Studie zur Ist-Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen*. Inst. für Forschung und Lehre für die Primarstufe, Abt. Didaktik des Sachunterrichts.
- National Research Council of the national Academies (2011): *Framework for K-12 Science Education*: Natl Academy Pr.

- NGSS Lead States (2013): Next Generation Science Standards: For states, by states: Three Dimensions. Abgerufen unter <https://www.nextgenscience.org/three-dimensions>
- Popper, Karl, R. (1994): Logik der Forschung (10., verb. und verm. Aufl.). Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften: Vol. 4. Tübingen: Mohr.
- Rajh, Thomas (2017): Domänenspezifik und Interdisziplinarität – Lernen im Fach und Fächerverbund am Beispiel Technischer Bildung. Dissertation. Pädagogische Hochschule Freiburg, Freiburg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:frei129-opus4-6837>
- Rieß, Werner (2012). Ein (fachdidaktisches) Rahmenmodell zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken (S. 153–164). Münster: Waxmann.
- Sachs, Burkhard (2015): Technische Bildung in der Naturwissenschaftsfalle. *tu-Zeitschrift für Technik im Unterricht*. H, 156, 2015, S. 5–18.
- Verein Deutscher Ingenieure (2019): Richtlinie VDI 2221 Blatt 1: Entwicklung technischer Produkte und Systeme- Modell der Produktentwicklung. Düsseldorf: VDI-Verlag
- Weiß, R. H., & Weiß, B. (2006): Cft 20-r. Grundintelligenztest Skala, 2.
- Wilde, Matthias, Bätz, Katrin, Kovaleva, Anastasiya & Urhahne, Detlef. (2009): Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM): Testing a short scale of intrinsic motivation. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, Jg. 15, 31–45. unter: <https://www.startlearning.info/fake-arm>

Engelbert Fuchtmann

## **Technikangst als Bildungselement im Technikunterricht**

Guter Technikunterricht muss von einem Bildungsbegriff ausgehen, der alle Beziehungen des Schülers mit seinem Gegenstand „Technik“ integriert und reflektiert. Blinde Flecken sind hier stets auszuloten, denn es gilt immer die „ganze“ Person in den Bildungsblick zu nehmen.

Es ist gerade bei technischen Lerninhalten verlockend, die Rationalität technischer Sachverhalte ins Zentrum zu stellen. Die Sachbeziehung mag zwar den Kern von technischen Artefakten und Technologien ausmachen, aber auch weitere Bezüge für die Lernenden und Lehrenden wie historische, ökonomische und politische Aspekte ergänzen den pädagogischen Prozess.

Defizitär ist im Technikunterricht die Implementation von technikpsychologischen Inhalten. Die Gründe dafür sind vielfältig. So fokussiert sich die wissenschaftliche Psychologie vorrangig mit dem direkten Erleben und Verhalten bei seelischen Problemstellungen und psychischen Erkrankungen. Psychologische Inhalte wie Technikinteressen, Motivation für die Technik oder Technikängste (auch Technikphobien) sind selbst in der Hochschullehre und -forschung nur marginal zu finden.

In der Begegnung mit Technik und Technologien spielt die Psyche eine wichtige Rolle. Dabei ist „die Technik“ nicht nur ein Objekt, das wir herstellen, das uns nützlich ist oder das wir verbessern ... Sie wirkt in uns, in unseren Überlegungen, in unserem Tun, macht uns Freude, ärgert uns, wenn sie nichts taugt und kann uns ängstigen oder ist bedrohlich, wenn wir sie nicht verstehen.

Ich möchte aus dem Katalog technikpsychologischer Inhalte die Problematik der Technikangst näher beschreiben. Bei aller Freude und positiver

Motivation im Technikerleben lassen sich doch auch Phänomene wie Skepsis, Technostress, Aversionen, Bedrohung bis hin zu Technikangst konstatieren. Wir verstehen Angst überwiegend als hypothetisches Konstrukt, mit dem Gefühle und subjektive Einstellungen, aber auch gesellschaftliche Bewertungen, Debatten und Kritik verbunden sind. An der Technik scheiden sich immer wieder die Geister ... In einem in der Süddeutschen Zeitung vom 10.8.22 erschienenen Beitrag ging es um die Problematik des beabsichtigten Streckbetriebs des Atomkraftwerks Isar 2. Darin konnte der Autor nicht umhin, angstausslösende Bildbegriffe zu verwenden. Es beginnt schon mit der Überschrift „Strahlende Zukunft“, weiter mit „Isar 2 ... das dampfende Monstrum“, dann weiter „... wie kalt wird der Winter ... alle zittern“ lassen und schließlich: „Wer ängstlich ist, wohnt nicht neben einem Atomreaktor“.

Solche emotionalen Konnotationen beschreiben einerseits die Technikängste des Journalisten, aber auch sein vermeintlich technikkritisches Engagement für die Meinungsbildung der Leser.

Technikangst ist ein Begriff mit vielen Anschauungen ... und doch entspricht sie einer negativen psychischen Reaktion auf Technologie. Dabei sollte doch der Sinn von technischen Artefakten und Technologien im Wesentlichen in der Erleichterung des Lebensalltags sein.

Der „technische“ Nutzen wird oftmals erlebt als Konvivialität ... es ist eben leichter, einen Taleinschnitt mittels einer Brücke zu überwinden. Der Blick in die Tiefe und das Vertrauen in die Standfestigkeit der Brücke verweist auf eigene Gefühle. Die Nutzung von künstlich-materiellen Gebilden oder technischer Verfahren und Sachsystemen setzt inhärent Vertrauen in die von Menschen gefertigten Technologien und deren Fähigkeiten voraus. Technologien müssten demnach keine Ängste im praktischen Gebrauch und Umgang hervorrufen, denn dem Herstellen von Technik ist genuin zu vertrauen. Ohne dieses Grundvertrauen in die Funktionalität und „Ungefährlichkeit“ von Technik und Technologien würden wir voller Angst agieren müssen. Eine persönliche Kontrolle durch den Techniknutzer braucht es demnach nicht ... wir delegieren unser Vertrauen in den Ingenieur.

„Normale Ängste“ im alltäglichen Technikgebrauch haben ihren Ursprung in den Gefahren, die oft mit Verletzungen oder kleinen Unfällen verbunden

sind. Diese sind meistens rational erklärbar ... Ungeschicklichkeiten, Fehlverhalten, Unwissen oder das Nichtfunktionieren von Technik z. B. aufgrund von Abnutzung oder Alterung. Durch erlerntes Schutzverhalten, Schutzvorrichtungen und regelmäßige Reparaturen und Verwendung von Ersatzteilen hat hier der Nutzer weitgehend die Kontrolle über sein „technisches Tun“.

Weitaus komplexer sind die Ängste bei der Inanspruchnahme von Technologien, die zwar massenhaft erprobt und genutzt werden, bei denen aber den Produzenten und „Bedienern“ vertraut werden muss. Beispiele sind der Verkehrsbereich, die Strom- und Wasserversorgung oder das Gesundheitswesen. Die Kontrolle der Techniknutzung ist dabei durch den einzelnen nicht mehr möglich. Die Sachkontrolle wird hier u. a. durch die fachliche Ausbildung der „Techniker“, bei den Herstellern, Betreibern, Behörden und technischen Prüfstellen gewährleistet. Kommt es zu Fehlern und Unglücken, manchmal ist es nur „Schlamperei“, hat der Einzelne nur geringe Möglichkeiten, diese zu erkennen und zu überprüfen. Wer dennoch technisches „Ur-Vertrauen“ nicht vergeben kann, wird oftmals mit Vermeidungsverhalten und physiologischen Affekten reagieren. So lassen sich spezielle Technikphobien benennen wie u. a. Flugangst, Tunnelangst, Brückenangst, Angst vor Autofahren.

Psychologische Erklärungen sind hier vorrangig in innerpsychischen Erlebnisabläufen zu suchen. So kann oftmals die Situation und ihre möglichen Folgen als bedrohlich bewertet werden. Entscheidend für die Angststärke dürfte die Reaktionsbewertung der Gefahrenlage sein. Ist dabei weder Flucht noch Angriff möglich, muss eine intrapsychische Angstbewältigung aktiviert werden. Ein solcher Konflikt, in dem keine angemessene Form der direkten Bewältigung festgestellt wird – also Flucht oder Bewältigung – kann dann in der (zukünftigen) Vermeidung (hier) der Techniknutzung münden.

Technikvermeidung ist aber nur eine Möglichkeit der Reaktion, eine andere gravierende ist die Abwehr von Technik und Technologien. Diese haben schon immer einen bestimmenden Einfluss auf die Entwicklung der Gesellschaft und damit für den Einzelnen. Ich verweise auf die Geschichte der Industrialisierung mit ihren großen Transitionen vor allem für die

Erwerbstätigen. Dabei kam es nicht selten zu Zerstörungen von Maschinen und Material. So wurde zum Beispiel das erste Dampfschiff des Franzosen Denis Papin 1707 bei einer Fahrt auf der Fulda bei Kassel von erbosten Schiffern zerstört. Die Radierung von Johann Adam Klein von 1842 (s. Abbildung 1) illustriert die „Ängste des Bürgers vor der Technik“ – die Eisenbahn beendete das Zeitalter der Postkutsche.

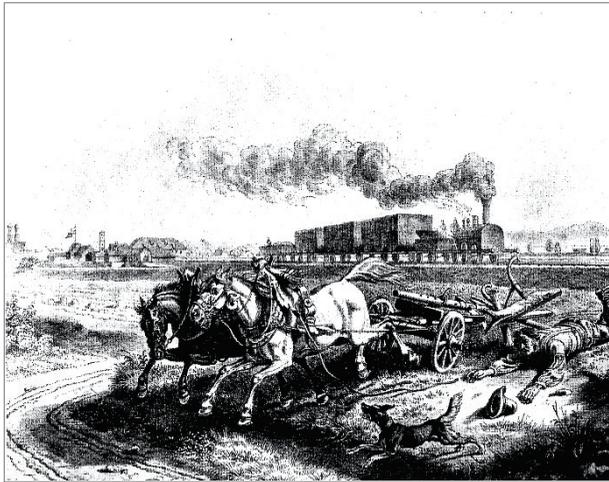


Abbildung 1

Johann Adam Klein: „Ängste des Bürgers vor der Technik“ (1842). In: Kultur und Technik, 3/1992, S. 32

Gleiches gilt heute für die Technikabwehr z. B. bei Computern, Digitalisierung, „Künstlicher Intelligenz“, Robotik oder für die Zukunft der Energieprojekte. So sind selbst einzelne Staaten von „Großtechnologien“ – z. B. dem Bau länderübergreifender Stromnetze, Windparks – schon wegen der Bereitstellung von Finanzmitteln und Manpower völlig überfordert. Die Technikfolgen können in ihren Auswirkungen kaum eingeschätzt werden. Dazu wird es immer schwieriger, die breite Bevölkerung für eine Zustimmung und Kostenbeteiligung zu gewinnen. Weitverbreitet ist dabei der sog. NIMBY-Lobbyismus von Gruppen, NGOs und Initiativen. NIMBY beschreibt das Widerstandsphänomen „Not in my back yard“.

In einer nationalen randomisierten Umfrage in den USA fand eine psychologische Studie der Baylor Universität heraus, dass mehr als ein Drittel der befragten Studenten „technophob“ sind; sie hatten Angst davor, dass die neuen Technologien sie am Arbeitsplatz ersetzen würden. Eine Studie von McClure fand, dass 37 Prozent der Teilnehmer ängstlich oder sehr ängstlich waren, u. a. gegenüber einer Automation durch Roboter, durch Technologie, die er bzw. sie nicht versteht, und vor künstlicher Intelligenz (McClure, 2017).

Solche Technikängste muss man als diffuse oder irrationale Ängste verstehen. Es ist hier nicht der Ort, diverse Angsttheorien auf dem Hintergrund des Technikerlebens und -verstehens zu erörtern. Unabdingbar ist aber, dass der einzelne sich mit den Technologien „verständigt“ und mit anderen austauscht. Es reicht nicht, dass nur einzelne Experten Einsichten in die technologischen Prozesse haben. Bildung ist hier das Gegenmittel zum Angsthaben.

Mit den Konzepten des gegenwärtigen Technikunterrichts wird für die Schülerinnen und Schüler eine grundlegende technische Aufklärung ermöglicht. Technikunterricht in allen Stufen der allgemeinbildenden Schulen – wenn es ihn denn gäbe – würde sicherlich Technikängste reduzieren. So sollten, von Anfang an, technische Übungen von den Prinzipien der „Genauigkeit und Sorgfalt“ geleitet sein. Genauigkeit meint in der Regel dem Zweck entsprechend. So gibt es in jedem Handwerk eine bestimmte Maßhaltigkeit – beim Mechaniker sind es Zehntelmillimeter, beim Schlosser Millimeter und beim Maurer Zentimeter. Und wo etwas krumm und schief ist, also nicht in Waage, ist das Auge zu schulen. Die sorgfältige Ausführung der technischen Artefakte und Technologien findet hier oftmals ihre Grenzen in der Komplexität der Konstruktion, Materialwahl, Funktionalität und Sicherheit. Ohne hier ins Detail gehen zu müssen, der (technische) Zweck muss den Zielen entsprechen. Aus Fehlern lernen gilt insbesondere in der technischen Entwicklung. Das gilt auch und vor allem im Technikunterricht. Für alle Herstellungs- und Nutzungsprozesse gilt die zu vermittelnde Einstellung, jedwede Form des „Hudeln“, des falschen Improvisierens und mangelnder Arbeitskontrolle so weit machbar zu vermeiden. Die Analyse von Technik-Unglücken hat immer wieder die Fehlerdetails aufgezeigt.

Selbst bei einfachen Arbeitsschritten muss die pädagogische Grundidee einer umfänglichen Durchdringung des technischen Objekts – nicht nur in technischer Hinsicht – gegeben sein. Das ist auch eine Herausforderung für die Lehrkräfte. Komplexe technische Unterrichtbeispiele, u. a. fundiert mit naturwissenschaftlichen und mathematischen Inhalten, sollten auch in ihren Auswirkungen wie Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit behandelt werden. Die oftmals notwendige Reduktion von Komplexität bleibt hier den didaktischen Kunstgriffen der Techniklehrenden vorbehalten.

Mit der Technik ist es wie in einem Brennglas, es ist immer auch ein Blick in die Technikgeschichte mit den Ausblicken nach vorne. Daher ist der Besuch von Technikmuseen, sind Werks- und Baustellenbesichtigungen unerlässlich.

Technikängste sind auch ein Zeichen mangelnder technischer Allgemeinbildung.

Aber eigentlich ist es doch so: Wir können Angst haben, wenn wir Technik und Technologien nutzen, die wir nicht verstehen. Wir können aber auch Ängste haben, weil wir der Nutzung von „Ingenieurwerken“ nicht vertrauen (obwohl wir ihnen vertrauen können). Diesem Dilemma kann man nicht entfliehen. Eine Restangst bleibt, es ist das Wagnis, das wir eingehen müssen, wenn wir Technik nutzen, oder Technik und Technologien herstellen.

Für die technische Bildung gilt es zu lehren, dass technische Artefakte und Technologien kein Hexenwerk sind. „Technisches Versagen“ ist immer menschliches Versagen. Wenn das Schülerinnen und Schüler verstehen und sich mit anderen darüber austauschen, kann technische Bildung glücken.

## **Literatur**

McClure, Paul K., “You’re Fired,” Says the Robot: The Rise of Automation in the Workplace, Technophobes, and Fears of Unemployment, in: Social Science Computer Review, 3/2017.

Matthias Schönbeck

## **Technik ohne Ästhetik? Irritationen & Perspektiven**

– aus dem technischen Lehramt am Beispiel des Projektes  
„Bauhaus & Werken“

### **1 Einführung**

Indem wir technisch handeln, erschaffen wir mit unseren Werkzeugen und Materialien stets eine ästhetische Dingwelt, die wiederum individuelle und soziale Auswirkung erwirkt – ob nun bewusst oder unbewusst. Jedes technische Artefakt ist ästhetisch in dem Maße, da es seine Funktion durch seine Materialität, Farbe, Form – kurzum seine Objektqualität – maßgeblich definiert. Meine Annahme ist, dass Technik und Ästhetik zwei Bestandteile einer Gesamtheit sind, die sich auch in kulturellen technikbezogenen Handlungen äußert. Wie sonst ist es zu erklären, dass es zu einer Vielzahl von Vereinen, Verbänden und Gruppen kommt, die sich mit der Bewahrung, Pflege und Entwicklung von Technik widmen. Automobile, Straßenbahnen, Zweiräder, Lokomotiven oder Flugzeuge sind ja nur wenige aber allgemein bekannte Beispiele, die mir hierzu als erstes in den Sinn kommen.

Der vorliegende Text klärt aus einer handlungsbezogenen Perspektive heraus die Zusammenhänge von Ästhetik und Technik. Auf Basis einen teleologischen Handlungsbegriffs und wahrnehmungsbezogenen und strukturschaffenden Zusammenhängen von Ästhetik und Technik wird ein Studienprojekt von Lehramtsstudenten an der TU Chemnitz vorgestellt, das den Zusammenhang zwischen Ästhetik und Technik konkretisiert. Im Zentrum des Beitrages steht die Frage, wie Realobjekte diesen Zusammenhang repräsentieren, vermitteln und entwickeln können.

## 2 Von Handlungs- und Situationsbezug: Handlungsorientiertes Lernen

Im Zentrum des handlungsorientierten Lernens im technischen Unterricht steht der Zugang zur technischen Wirklichkeit durch die Vermittlung und Aneignung theoretischer und praktischer Grundlagen zum Handeln in der technischen Praxis. Studenten werden in ihrem Studium dahingehend orientiert, dass sie auf Basis der gängigen Handlungstheorien ihren Unterricht planen und durchführen.

Handlungstheorien zeichnen sich durch den Fokus auf das Verhalten und die Handlungen von Individuen aus. Sie betrachten die Beweggründe und Entscheidungen von Menschen, die ihr Verhalten steuern und versuchen, dieses Verständnis in einem theoretischen Rahmen zu erklären. Ein wichtiger Aspekt von Handlungstheorien ist, dass sie davon ausgehen, dass Menschen aktiv auf ihre Umwelt einwirken und Ziele bewusst verfolgen und sie mehr oder weniger bewusst psychisch regulieren.

So geht die Handlungsregulationstheorie von einer bewussten Zielsetzung der Handelnden aus: Handlungen erfolgen auf Basis der Annahme, dass sie einen bestimmten Zweck erfüllen deren sich die Handelnden bewusst sind und ihr Verhalten selbst regulieren, reflektieren und anpassen. Handeln ist in diesem Sinne durch die geistige Vorwegnahme der Ergebnisse charakterisiert. Die Theorie ist eine Verbindung zwischen Kognitivismus und Tätigkeitstheorie, die die hierarchische Handlungssteuerung bis zur Zielerreichung beschreibt (vgl. Volpert 1974, Hacker 1986, Aebli 1980). Handlungsorientiertes Lernen ist in Anlehnung an das Modell der „vollständigen Handlung“ (Planen-Durchführen-Kontrollieren) phasenbezogen und enthält sowohl Informations-, Zielbildungs- und Planungsphasen als auch praktische Ausführungs-, Kontroll- und Reflexionsphasen. Diese Schritte sind planvoll angelegt, so dass die Planung – die durch Wahrnehmen und Denken charakterisiert ist – mit der Durchführungsphase umgesetzt und wieder so rückgekoppelt wird, dass die drei Aspekte Wahrnehmen-Denken-Tun mehrfach durchlaufen werden (vgl. Riedl 2011, S. 193). Sofern ein Aspekt ausgeschlossen, ist die Voraussetzung für eine vollständige Handlung nicht gegeben (vgl. ebd.).

Für die Beschreibung technisch-ästhetischer Zusammenhänge sind jedoch auch andere Qualitäten – als es die Dimension von Intentionalität darstellt – erforderlich. Der Soziologe Hans Jonas hat in Anlehnung an John Dewey ebenjenen Charakter von Zielgerichtetheit menschlichen Handelns widersprochen, da es häufig vorkomme, dass die verfügbaren Mittel erst auf mögliche die Ziele verweisen. Handeln ergebe sich nach der Ziel-Mittel-Relation nur durch auferlegte Zwänge (vgl. Jonas 2012, S. 225 ff.). Jonas grenzt sich damit von teleologischen Handlungstheorien ab und arbeitet auf Grundlage von Diedrich Böhler ein Handlungsbegriff aus, der von der Situiertheit jeglichen Handelns ausgeht und verweist auf die Bedeutung der Körperlichkeit im Wahrnehmungsprozess

„Da die elementaren Formen unserer Handlungsfähigkeit im Bereich der intentionalen Bewegung im Zusammenhang mit der Fortbewegung, Dingmanipulation und Kommunikation liegen, baut sich unsere Welt zunächst in diesen Dimensionen auf.“ (ebd., S. 233)

Jonas' Annahme ist, dass sich Ziele erst innerhalb von Situationen herausbilden und den Handlungen nicht mehr vorgeschaltet sind. Zweck und Mittel sind in der Situation miteinander verschränkt (ebd., S. 235 f.), die Wahrnehmungen bereits

„[...] vorgeformt in unseren Handlungsfähigkeiten und unseren aktuellen Handlungsdispositionen; welche Handlung realisiert wird, entscheidet sich dann durch eine reflexive Beziehung auf die in der Situation erlebte Herausforderung.“ (ebd., S. 236)

Damit widerspricht er auch der Planungserfordernis von Handlungen und setzt den Handlungsverlauf situativ als konstruktiv erzeugt und offen für die kontinuierliche Revision (ebd., S. 237).

Einen weiteren bedeutsamen Aspekt, der sich im menschlichen Handeln mit Artefakten herausbildet, hebt der Soziologe Anthony Giddens hervor: Seine Theorie der Strukturierung beschreibt, dass soziale Strukturen durch die Handlungen des Einzelnen geschaffen und aufrechterhalten werden, dass diese Strukturen aber gleichzeitig auch die Handlungen des Einzelnen formen und einschränken. Die Strukturierungstheorie betont die wechselseitige Konstitution von Struktur und Handeln und hebt die Bedeutung von

Zeit und Raum für die Gestaltung von sozialem Verhalten und Interaktionen hervor. Die Welt konstituiert sich durch das aktive menschliche Tun und erschafft damit Strukturen, wodurch den Menschen wiederum Grenzen in ihrem Handeln auferlegt werden. Menschen handeln unter strukturellen Bedingungen, das durch kulturelles und gesellschaftliches Wissen vorgegeben ist. Gleichzeitig partizipieren sie durch ihr Handeln an diesen Strukturen. Strukturen haben somit stets zwei Bedeutungen: Sie sind immer zugleich Möglichkeiten aber auch Zwänge. Giddens nennt daher die doppelte Funktion auch Dualität von Struktur (vgl. Giddens 1995).

Giddens nutzt einen sehr weit gefassten Handlungsbegriff. Er reicht von der einfachen Reaktion, dem Nichthandeln bis zum bewusst zielgerichteten Handeln, wobei jede Handlung wiederum die Situation strukturiert.

„Menschliche Handlungen sind [...] rekursiv. Das bedeutet, dass sie nicht nur durch die sozialen Akteure hervorgebracht werden, sondern von ihnen mit Hilfe eben jener Mittel fortwährend reproduziert werden, durch die sie sich als Akteure ausdrücken. In und durch ihre Handlungen reproduzieren die Handelnden die Bedingungen, die ihr Handeln ermöglichen.“ (ebd., S. 52)

So kommen bspw. technische Zeichnungen in der Arbeitswelt heutzutage fast gänzlich ohne Papier aus, da sie mit digitalen Werkzeugen erstellt (CAD/CAX) werden. Gleichzeitig schränken sie damit den analogen und stärker körperlich-haptisch orientierten Zugang ein, der oftmals sinnstiftende, direkte und lernhaltigere Elemente in sich birgt. Man mag dies als gängige Anpassung an die technische Wirklichkeit beschreiben, aus pädagogischer Sicht bilden digital angefertigte Zeichnungen für einige Lerner auch Limitationen.

### **3 Die Dualität des Ästhetischen: Wahrnehmung und Strukturbildung**

Mit dem Wort Ästhetik wird in diesem Beitrag der altgriechische Begriff „aisthesis“ verstanden, was etwa so viel bedeutet wie Erkennen, Begreifen, Empfinden oder (Sinnes-)Eindruck. Ästhetik bezieht sich in seiner etymologischen Bedeutung sowohl auf kognitive und emotionale Aspekte und damit auf den Zugang mit allen Sinnen. So versteht Wolfgang Welsch unter Ästhetik eine

„[...] Thematisierung von Wahrnehmungen aller Art, sinnhaften ebenso wie geistigen, alltäglichen wie sublimen, lebensweltlichen wie künstlerischen.“ (Welsch 2006, S. 9)

Sinneseindrücke bedingen wiederum ein personales Bewusstsein, was wiederum eng mit der Wahrnehmung zusammenhängt (Wiesmüller 2008, S. 7). Dies betrifft einerseits die Aufnahme von Informationen mit unseren Rezeptoren über die Tast-, Gehör-, Geschmacks-, Geruchs-, Gesichts- und Gleichgewichtssinn. Unter dem Wahrnehmungsbegriff wird aber auch der körperliche, motorische und haptische Zugang verstanden. Er ist keine passive und rezeptive, sondern im hohen Maße eine performative Handlung, die die körperliche und manuelle Seite der Wahrnehmung betonen (vgl. Hommel 2011, insbes. S. 84 ff.). Der Kunstwissenschaftler Hans Dieter Huber hat dies herausgestellt:

„Dem motorischen System wurde viel zu lange eine untergeordnete Rolle zugeschrieben. Heute weiß man, dass Handlungen viel stärker in die Dynamik der Wahrnehmung involviert sind, als man bisher dachte. Das Erkennen anderer Menschen, ihrer Handlungen und ihrer Absichten ist in erster Linie von unseren motorischen und weniger von unseren visuellen Fähigkeiten abhängig.“ (Huber 2014, S. 595)

Für das Entwerfen und Herstellen in technischen Zusammenhängen und damit in besonderer Weise im technischen Lehramtsstudium, ist dieses Verständnis im hohen Maße geeignet. Beim Entwerfen entwickeln Studenten mit Skizzen, Mustern und Materialien ein mentales Modell und deuten oder definieren ihre persönliche Vorstellung von Technik, den sie im Herstellungsprozess konkretisieren. Skizzieren, Zeichnen und Konstruieren sind motorische Handlungen, die sich unmittelbar mit der Vorstellung individueller Transformationsprozesse verbinden.

Ein Beispiel aus dem traditionellen Holzbau soll die Zusammenhänge von Handlungen und Wahrnehmen verdeutlichen: Eine „rein technisch“ angeordnete Fachwerkkonstruktion ohne Schmuckbeiwerk vermittelt durch die Anordnung ihrer Pfosten, Riegel und Streben ebenso eine Vorstellung von der konstruktiven Bauweise, wie ein Fachwerk das durch Schmuck- und Zierelemente wie Fächerrosetten, Füllhölzer, Beschlagwerk oder Profilie-

rungen dekoriert wurde (vgl. Abb. 1). Beide Fachwerkhäuser stellen Handlungsprodukte dar, die von Handwerkern errichtet, verändert und instandgehalten wurden. Aus einer statisch-konstruktiven Sicht haben die Zierformen keine Funktionen. Sie weisen hin auf die wirtschaftlichen Möglichkeiten des Bauherrn hin und damit auf seinen sozialen Rang, seine Wünsche mit ihren gesellschaftlichen Möglichkeiten, die kunsthandwerklichen Ausdrucksformen und schließlich auch auf die Fähigkeiten der Handwerker.



*Abbildung 1*

Linkes Bild: erkennbare statische Konstruktionen ohne Schmuckelemente (lediglich die Balkenköpfe sind profiliert). Rechtes Bild: Schmuck in der Ausfachung: farbig gefasstes Beschlagwerk (links), Fächerrosetten und profilierte Ständer an einem Fachwerkhäuser in Hildesheim (eigene Darstellung)

Aber auch ohne Schmuck- und Zierelemente, sind am Fachwerk Aussagen zur Stellung des Bauherrn oder der handwerklichen Kultur ablesbar, die bspw. durch die Wahl des Baumaterials sichtbar wurde. Das Holz erhielt ferner auch sog. Abbundmarken – also Symbole oder römischen Ziffern, die der Lage der Hölzer im Gefüge des Fachwerkes dienen. Dabei werden die einzelnen Elemente der Holzverbindungen auf dem Zimmerplatz (Abbundplatz) nach der Vorfertigung zusammengefügt und gezeichnet, zerlegt und schließlich auf der Baustelle nach diesen Marken zusammengestellt (vgl. Gerner 2000, S. 13 ff.).

Das Wahrnehmen dieser kulturellen und ästhetischen Merkmale ist an den Körper gebunden, denn unsere Erfahrung ist in erster Linie körperlich. Darauf beruhen die Ansätze der Leibphänomenologen. Nach Maurice Merleau-Ponty entwickelt sich Erfahrung ausschließlich in einem leiblich

gebundenen „Zur-Welt-Sein“. (1951/52, S. 99 f.) Die Merkmale und Unterschiede der Fachwerkgebäude erfahren wir demnach körperlich. Christian Wiesmüller spricht von einem personalen Bewusstsein, das wir beim Gewahr werden unserer Sinneseindrücke benötigen.

„Bewusstsein ist damit eng verbunden mit der Wahrnehmung, grundlegend, dass man selbst ist und dass um einen herum etwas ist und dass es auch ein ‚Außer-sich-selbst-Sein‘ gibt. Diese Möglichkeit des Gegenüberseins, die Objektizität überhaupt ist eine Grundbedingung des Reflektierens im Sinne einer Tätigkeit des Geistes bzw. im Sinne eines Erkenntnisgewinns.“ (Wiesmüller 2008, S. 7)

Die Aneignung der – im oben aufgeführten Beispiel – Fachwerkkonstruktion ist gleichzeitig eine kulturelle Spurensuche, ein Aufbruch in das Ungewisse auf Basis ästhetischer Erfahrung und einer finalen Einordnung neuer Erkenntnisse. Ästhetik als einer Form des Einordnens meint, dass die Aufmerksamkeit für das Wesenhafte im Gesamtzusammenhang des Artefaktes eine Bedeutung erhält. Um mit dem aufgeführten Beispiel zu sprechen: Die Abbundmarken wurden im 17. Jh. als Hinweise zum Aufstellen der Fachwerkkonstruktion in die Hölzer eingeschlagen, nun erhalten sie Bedeutung im Kontext der Berufs- und Baukultur und sind gleichsam ein Wegbereiter für die Deutung der Entwicklung des Handwerks und der Architektur. Nach John Dewey besitzt die ästhetische Erfahrung

„die unbegrenzte Fähigkeit, Bedeutungen und Werte aufzunehmen, die an sich und von sich aus, d. h. c, als ›ideal‹ und ›geistig‹ bezeichnet würden.“ (Dewey in Bosch 2010, S. 97)

So erlauben ästhetische Formen ein unmittelbares und sinnliches Erleben kultureller Werte und kultureller Strukturen und Ordnungen. Ästhetik vermag damit ein gewisses Chaos in der Wahrnehmung in einen Rhythmus zu überführen und damit eine erfahrbare Ordnung zu entwickeln (vgl. Bosch 2010, S. 97)

## 4 Der Chemnitzer Ansatz am Beispiel des Projektes „Bauhaus und Werken“

Unser Ansatz stellt den Entwurfs- und Herstellungsprozess im konstruktiven Nachempfinden in den Mittelpunkt.

### 4.1 Grundsätzliches

Im Chemnitzer Lehramtsstudium erproben und erforschen die Studenten eine Reihe technischer Unterrichtsverfahren auf Grundlage einschlägiger technischer Unterrichtsverfahren. Daneben stellt der Entwurf und die Anfertigung von Konstruktionsmodellen mit dazugehörigen interaktiven Plakaten einen zentralen Handlungsbereich im Studienverlauf dar. In jedem Studienjahr beziehen sich diese Aufgaben auf einen definierten kulturellen Kontext, der durch ein gesellschaftlich-historisches und technisch bedeutsames Kapitel geprägt ist. Beispiele sind:

- Erzgebirgische Handwerkskultur: Traditionelle und zeitgemäße Techniken,
- 500 Jahre Sächsische Industriekultur: Konstruieren im Zentrum der Innovation oder
- Bauhaus & Werken.

Ziel dieser Aufgaben ist es, auf Basis des mehrperspektivischen Technikverständnisses, ein komplexes Themenfeld didaktisch zu reduzieren, ausgewählte Inhalte anschaulich darzustellen. Zum einen soll mit Hilfe jener Plakate und Modelle Grundschulkindern der Zugang für bedeutsame technische Errungenschaften altersentsprechend ermöglicht werden: Durch altersgemäße Texte, und multimediale Wege (Bilder, Sprache, Töne, Musik und Videos) aber insbesondere auch durch be-greifbare Modelle. Zum anderen dienen die angefertigten Modelle der Entwicklung grundlegender technischer und ästhetischer Fähigkeiten und Fertigkeiten auf Seiten der Studenten.

Die Modelle stellen zunächst Nachkonstruktionen bereits existierender Objekte dar. Hierdurch werden grundlegende Fertigkeiten und Kenntnisse in Bereichen wie Konstruktion, Herstellung oder Reparatur ausgebildet und kultiviert. Gleichzeitig wird ermöglicht, sich mit Materialien und Werkzeugen vertraut zu machen und die Feinheiten der Fertigung und

Konstruktionsprozesse zu verstehen. Außerdem kann es eine gute Übung sein, um Problemlösungsfähigkeiten und kreatives Denken zu entwickeln.

Anders verhält es sich mit der Planung und Erstellung der interaktiven Plakate. Sie verdeutlichen den Schülern den kulturellen Kontext und die Bedeutung der angefertigten Modelle, indem sie eine Interaktion mit dem Benutzer ermöglichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Plakaten, die statische Informationen bereitstellen, können sie z. B. durch Berührung, Bewegung oder Sprache gesteuert werden und interaktive Funktionen wie Animationen, Videos, Töne oder andere Daten bereitstellen. D. h. die Studenten entwickeln mit den Plakaten multimediale didaktische Lösungen auf Basis der Modelle und deren kulturellen Einbettung.

## 4.2 Entwurfsprozess

An die konkreten Lösungen wird sich thematisch im Sinne eines konzentrischen Kreises angenähert. Beginnend mit Einführungsvorlesungen zum kulturellen Kontext (z. B. Klärung der historischen und gesellschaftlichen Einbettung und der Entwicklung des Bauhauses) über vertiefende thematische Referate (z. B. Vorkurs, Werkstätten, Architektur, Möbel, Material usw.), der Anfertigung von Konstruktionsmodellen (z. B. Nachkonstruktion des rot-blauen Stuhls von Gerrit Rietveld) bis zur Anfertigung der interaktiven Plakate mit der Entwicklung von didaktischen Implikationen (vgl. Abb. 2).

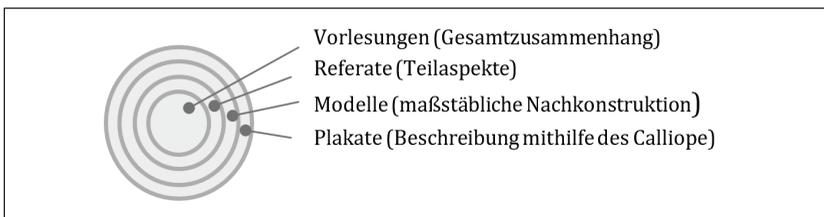


Abbildung 2

Konzentrischer Kreis als iterativer Prozess, bei dem Studenten ihr Verständnis und ihre Fähigkeiten kontinuierlich erweitern und verbessern

In der Entwurfsphase werden Skizzen, Zeichnungen und Objekte angefertigt, die die jeweiligen funktionalen und ästhetischen Anforderungen

verkörpern. Mein besonderes Interesse liegt auf der Anfangsphase des Entwerfens, bei der erste Vorstellungen oft intuitiv gesucht werden, in der man sich allein oder in Gruppen Fragen stellt, diskutiert, die Aufgaben- oder Problemstellung deutet oder die Absicht des Dozenten erst einmal identifiziert. Diese Phase ist meiner Erfahrung nach besonders bedeutsam, da die stets umfangreichen und oft gegensätzlichen Fragestellungen keine offensichtlichen Lösungen zulassen und ebenso keine Entwurfs- oder Fertigungsroutrinen mit wissenschaftlichen Methoden vorhanden sind.

Ästhetische Zusammenhänge werfen Fragen an Technik, Gesellschaft und Kultur auf. In der frühen Phase des Entwurfs sind besonders Bilder und mentale Vorstellungen bedeutsam, die den Studenten bei der Recherche begegnen oder sie durch Enkulturation verinnerlicht haben. Sie können erste Denkansätze inspirieren oder auch blockieren. Mentale Vorstellungen sind bedeutsam, da sich in ihnen Ideen vorsichtig mitteilen, die gerade im Hinblick auf die konzeptuelle Assoziation fundierter sind, als analytische Denkanstrengungen. Diese unterbewussten Bilder sind häufig fragil, flüchtig und benötigen daher in irgendeiner Weise eine Entäußerung.

Die Ideen entwickeln sich zunächst aus der stillen Wahrnehmung vorhandener Objekte, die an konkreten Orten wie Werkstätten, Museen oder auch aus zurückliegenden Studienjahren erfahrbar wurden. Dabei betrachten die Studenten reale oder bildliche Objekte aus unterschiedlichen Perspektiven und setzen sich allmählich ihrer Wirkung aus. Geeignet sind v. a. reale Objekte, da sie durch die Möglichkeit ihrer Berührung auch den Erwerb körperbezogenen Wissens ermöglichen. Es sollte zunächst unbefangen an die Aufgabe herangetreten werden, d. h. sich vorurteilsfrei dem Modell hingeben, um das Objekt auf sich wirken zu lassen. Mit dem Nachspüren ästhetischer Merkmale und der praktischen Handhabung des Modells (fühlen, tasten, nutzen, bewegen, bedienen etc.), lassen sich dessen Material, Gewicht, Form aber auch mögliche Zusammenhänge wie Stabilität, Befestigungen, Verarbeitungsspuren u. a. ausmachen. Mit der körperlichen Konfrontation verzichten die Studenten auf einen gewohnten „Sicherheitsabstand“ zu den Modellen und begeben sich in ein Handlungswagnis, ohne mögliche analytische und strukturelle Schritte zuvor abgeklärt zu haben.

Dieses Vorgehen unterliegt dem o. a. Handlungsverständnis von Hans Joas (2012), das auf die teleologische Fassung von Intentionalität mit ihren festen Absichten verzichtet. Entwerfen gründet auf ein Verständnis, dass mit dem Sich-Einlassen mit dem Betrachten, Begreifen sowie dem Nachfühlen von Gestalt und Konstruktion eine Einsicht in bestimmte Wirkungen auf die Studenten, verbunden ist. Die Modelle vermitteln den Handelnden eine technisch-ästhetische Erfahrung, an die sie später im Prozess des Entwurfs und der Herstellung eigener Modelle anknüpfen können. Mithin ist es hilfreich, im Anschluss Assoziationen zum Erlebten zu generieren, d.h. eigene Gedanken zu notieren oder bildhaft festzuhalten.

Dies liegt der Annahme des in den 1920er Jahren von dem Sozialpsychologen Kurt Lewin eingebrachten „Aufforderungscharakter“ von Dingen zugrunde. Menschen stehen einer vermittelnden Umwelt gegenüber, die Handlungen über Eigenschaften von Dingen, wie bspw. Formen, Farben und Oberflächen stimulieren (vgl. Edelmann 2019, S. 56 ff.). So weisen Dinge mit ihrer Gestalt nicht nur auf ihre Funktion hin, sondern kommunizieren damit auch mit den Nutzern. Ein Stuhl fordert die ihnen Gegenüberstehenden zum Sitzen auf, ein Fahrrad zum Aufsteigen und Losfahren. Mihaly Csikszentmihalyi und Eugene Rochberg-Halton schreiben die Besonderheit von Dingen ihrer von Menschenhand gefertigten Objektivität zu und beschreiben die Intentionen in zweifacher Weise.

„Zum einen kann es wie jedes andere Objekt durch psychische Aktivität des Interpreten gedeutet werden, zum anderen verdankt das Objekt seine Erscheinungsform den investierten psychischen Energien seines Herstellers – dies im Unterschied zum naturgegebenen Objekt.“ (Csikszentmihalyi/Rochberg-Halton 1989, S. 33)

Sie führen weiter aus, dass Dinge sich dadurch kulturprägend auf die Lebensverhältnisse hineinwirken. So hat der Kühlschrank die Einkaufs- und Essgewohnheiten umgewälzt oder das Automobil erst die Vororte von Städten ermöglicht oder das Fernsehen die innerfamiliären Beziehungen verändert (vgl. ebd.).

Abbildung 3

Modell des „Rot-blauen Stuhls“ von Gerrit Rietveld. Im Hintergrund das interaktive Plakat, das die Konstruktion erläutert. Der Calliope-mini befindet sich auf der Rückseite des Plakats und hat Kontakt zu Leuchtdioden, die am Stuhl angebracht wurden



Unter diesem Verständnis zielen die subjektiven Empfindungen der Studenten schließlich auf eine konkrete Entscheidung. Die zentrale Aufgabe des Entwerfens besteht ja in der schlüssigen und erkennbaren Lösung des Entwurfs. Darauf hat die Technikphilosophin Sabine Ammon hingewiesen.

„Da im Entwerfen die Weichen für das zukünftige Artefakt gestellt werden, müssen [...] hier Mechanismen und Prozeduren vorliegen, um funktionierende und gelungene Entwürfe von falschen oder unsinnigen abzusondern.“ (Ammon 2013, S. 345).

Das Entwerfen ist ein

„Streben nach Richtigkeit [...], als ein Zielen auf Stimmigkeit, auf das Funktionieren des Gesamtzusammenhangs, als ein Einpassen in Strukturen unter dem Erreichen bestimmter Wirkungen.“ (ebd., S. 352)

Es ist sozusagen ein suchender Vorgang, bei dem Ideen und mentale Bilder sich allmählich entwickeln, indem skizziert, sondiert, verworfen, verfeinert und schließlich konkludiert wird.

Die im Entwurfsprozess bedeutsamen Skizzen können als suchende Bewegungen beschrieben werden, die noch unscharf sind und durch die händischen Abfolgen Denkvorgänge initiieren und Deutungen herausarbeiten. Diese Unschärfe ist begründet, da auf die Intentionalität verzichtet und ein Schleier entworfen wird, dessen Sinn allmählich aufgedeckt wird. Skizzieren lässt ein rasches und aufgeschlossenes Vorgehen zu, wodurch ohne spezifische Vorkenntnisse und mit einfachen Mitteln unterschiedliche

Varianten entwickelt, nachvollzogen, überprüft und immer wieder verändert werden können. Auf dem Blatt entwickeln sich aus überzeichneten, verdichteten und überarbeiteten Linien, Strichen und Streifen allmählich Spuren, die den Prozess des Externalisierens der eigenen Ideen und Bilder im Zwiegespräch, mit den auf dem Blatt festgehaltenen Linien, explizit machen (vgl. ebd., S. 346).

### 4.3 Konstruktionsmodelle als verkörpertes Wissen und Veranschaulichung

Im Chemnitzer Ansatz fertigen die Studenten eigene Nachkonstruktionen als Modelle in den Werkstätten der Professur. Der Vorgang ist ein epistemischer Akt der Hervorbringung materieller Bedeutungsträger, aber vor allem auch ein komplexer Handlungs- und Bildungsprozess.

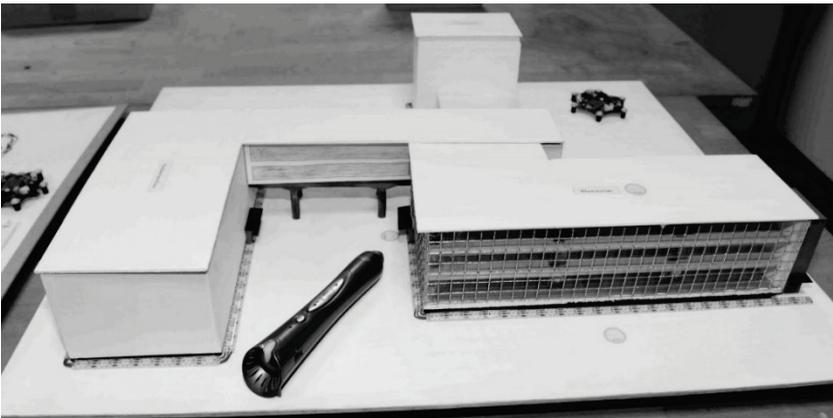


Abbildung 4

Modell des Bauhausgebäudes in Dessau. Der Audiosticker (AnyBook Reader) informiert die Grundschüler mit dem vorab aufgenommenen Text über die Funktion und den Aufbau der auszuwählenden Gebäudeteile und führt durch das Gebäude. Das Gebäude enthält zahlreiche optische und textbasierte Hinweise die über das zugehörige Plakat gesteuert werden können

Das Herstellen von Gegenständen ist an grundlegende zweckmäßige Handlungstätigkeiten gebunden. Material, Formen und Farben erzeugen mit Hilfe von Werkzeugen und Maschinen Artefakte, die dann zur Verfügung stehen. Die Artefakte sind dann in der Welt, zeigen in irgendeiner Art ihre

Präsenz, wirken auf den Raum ihre Betrachter. Sie werden damit zum sicht- und greifbaren und subjektiven Ausdruck umfangreicher Planungs- und Realisierungsprozesse. Händische Fähigkeiten und Fertigkeiten werden in ihnen lesbar. Damit erhalten die Modelle ein strukturimmanentes Wissen über Objekt (Material, Konstruktion, Ausdruck etc.) und Subjekt (Hersteller, Betrachter, Nutzer etc.).

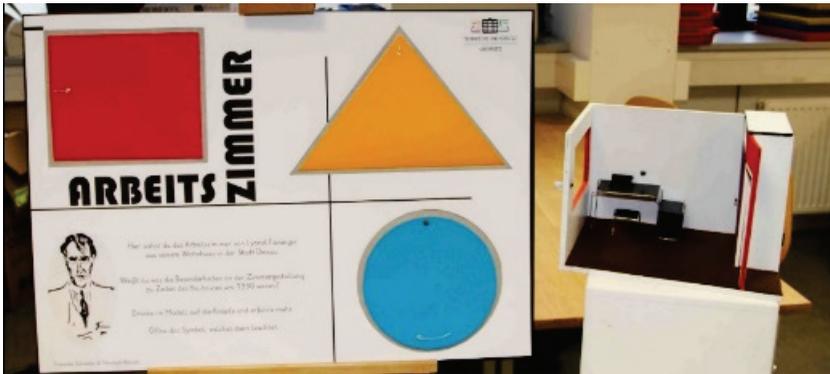


Abbildung 5

Plakat und Modell vom Arbeitszimmer Lyonel Feininger. Interaktivitäten werden durch Lichtbänder, Töne und Texte erlebbar. Indem die Grundformen auf dem Plakat verändert oder Fragen durch die Betätigung von Knöpfen am Modell beantwortet werden, werden die Nutzer auf die Entstehungsgeschichte und die Konstruktionsart- und -weise der Möbel aufmerksam gemacht

Die Studenten wählen geeignetes Werkzeug, üben den entsprechenden Druck auf das Material aus, spüren dessen Widerstand und passen die unterschiedlichen Werkstücke möglichst exakt aneinander an. All dies ist ein Lernprozess, der sich durch Zusehen, Nachmachen, Üben, Wiederholen und Experimentieren entwickelt. In dieser Weise entwickelt sich ein subjektives Materialempfinden, das die ästhetischen Erfahrungen bereichert, aber gleichzeitig auf die Grenzen der individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten verweist: Auf die handwerkliche Unvollkommenheit, die wiederum Chancen zur Demut gegenüber dem widerständigen Material birgt. Die händische Bearbeitung, Formung, Kombination und Zusammen-

setzung ist bei der Herstellung an Körperlichkeit und Leiblichkeit des Handelns gebunden und entwickelt eine dem Artefakt verbundene Konzentrationsfähigkeit. Häufig ist die fehlende Übung der Händigkeit auch eine Ursache des Scheiterns. Hände bedienen sich der Werkzeuge, werden von ihnen aber auch belehrt, indem sie sich und den gesamten Körper durch ihre Funktionsweise allmählich zur Könnerschaft führen. Hände sind entscheidend am Lernprozess beteiligt, sie formen maßgeblich die kognitive Entwicklung und Sprache (vgl. Wilson 2000, S. 45 ff.).

Die Konstruktionen verfügen über Eigenarten, die durch die Erbauer oder Schöpfer inhärent sind. Auch der Architekt Walter Gropius war davon überzeugt, dass Dingen ein ihnen bestimmtes Wesen innewohnt, das es gilt herauszuschälen.

„Ein Ding ist bestimmt durch sein Wesen. Um es so zu gestalten, dass es richtig funktioniert – ein Gefäß, ein Stuhl, ein Haus – muss sein Wesen erst erforscht werden; denn es soll seinem Zweck vollendet dienen, das heißt, seine Funktionen praktisch erfüllen, haltbar, billig und ‚schön‘ sein.“ (Gropius 2013, S. 90)

Darunter wird auch der sinnliche Weltbezug von Ästhetik verstanden (vgl. Bubner 1989, S. 52 ff.), den Zugang zu unserem begrifflichen Vermögen und auch aus ihm hinaus. Er ermöglicht eine sinnliche Aufmerksamkeit für die Beschaffenheit von Dingen und der Erfahrung mit ihnen. Darin verkörpert sich die oben angemerkte handwerkliche Erfahrung. Nicht der Fachwerkschmuck ist für den ästhetischen Zugang entscheidend, vielmehr die Spuren des Handwerkers, die er mit seinem Werkzeug hinterlassen hat. Dagegen bilden die beschriebenen Schmuckelmente mit ihrer symbolischen Funktion ggf. ein Hemmnis im Zugang zu sinnlicher Gegenwärtigkeit (vgl. Seel 2003).

## **5 Exposition der Modelle und interaktiven Plakate als integratives Element für den Werkunterricht**

Den Modellen und Plakaten kommt im Lehramtsstudium eine didaktische Funktion im Sinne einer unterrichtlichen Exposition zu. Ziel dieses Ansatzes ist es, Informationen, Konzepte und Ideen wie sie auch in museumspädagogischen Ansätzen zu finden sind, auf eine lehrreiche und ansprechende

Weise auch im Unterricht zu präsentieren, um Schüler zu inspirieren, zu informieren und anzuregen (vgl. Otto 1997).

Die Erarbeitung unterrichtlicher Expositionen haben im Chemnitzer Lehramtstudium zusammengefasst sechs Bedeutungen:

- Veranschaulichung: Sie visualisieren komplexe Sachverhalte und machen sie für Schüler verständlicher.
- Strukturierung: Sie unterstützen die Strukturierung und Organisation von Wissen.
- Vergleich: Sie ermöglichen einen Vergleich verschiedener Konstruktionen und unterschiedlicher Lösungsansätze.
- Verständniskontrolle: Sie dienen als Mittel zur Überprüfung des Verständnisses durch Schüler.
- Anwendung: Sie fördern die Anwendung von theoretischem Wissen in praktischen Situationen.
- Kreativität: Sie inspirieren Schüler zur Entwicklung eigener Konstruktionsideen.

Daneben dienen die interaktiven Plakate und Modelle – als realisierte und handhabbare Repräsentationen technischer und ästhetischer Konzepte – den Studenten auch als Basis für die Erarbeitung künftiger unterrichtlicher Lehrkonzepte für ihre Schulpraxis im Fach Werken. Gleichzeitig ermöglichen sie es Grundschulern, abstrakte Inhalte zu erschließen und zu erinnern, indem sie sie mit ihren Sinnen erfahren und manipulieren können. Konstruktionsmodelle können auch verwendet werden, um Probleme zu lösen, Hypothesen zu testen und experimentelle Ergebnisse zu interpretieren. Mit dem Einsatz des Calliope-Minis ist zudem eine Plakat-Modell-Verknüpfung und damit die Realisierung einer Reihe interaktiver und multimedialer Elemente möglich.

Eine öffentliche Präsentation der Ergebnisse in den Räumen der Professur beschließt die projektbezogene Arbeit. Am Tag der Vernissage besteht der Zuhörerkreis neben Studenten auch aus einer Reihe geladener Gäste innerhalb und aus der Technischen Universität, wie Professoren, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Grundschullehrer und Mitarbeiter des Landesamtes für Schule und Unterricht, die sich für die zweite Phase der Lehrerbildung in

Sachen zuständig zeigen. Anmerkungen und Fragen aus diesem Personenkreis mit ihren unterschiedlichen Perspektiven bildet für die Studenten zugleich den Höhepunkt des Projektes.

## Literatur

- Ammon, Sabine (2013): Wie Architektur entsteht. Entwerfen als epistemische Praxis. In: Sabine Ammon & Eva-Maria Froschauer (Hrsg.): Wissenschaft entwerfen. Vom forschenden Entwerfen zur Entwurfsforschung der Architektur. Paderborn: Fink, S. 337–361.
- Bosch, Aline (2011): Konsum und Exklusion. Eine Kulturosoziologie der Dinge. Bielefeld: transcript.
- Bubner, Rüdiger (1989): Ästhetische Erfahrung. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Csikszentmihalyi, Mihaly & Rochberg-Halton, Eugene (1989): Der Sinn der Dinge. Das Selbst und die Symbole des Wohnbereichs. München/Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.
- Edelmann, Walter & Wittmann, Simone (2019): Lernpsychologie. Weinheim/ Basel: Beltz.
- Gerner, Manfred (2000): Farbiges Fachwerk: Ausfachung, Putz, Wärmedämmung und Farbgestaltung. Stuttgart: DVA.
- Gibson, James J. (1982): Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung. München/Wien: Urban & Schwarzenberg.
- Giddens, Anthony (1995): Die Konstitution der Gesellschaft. Frankfurt a. M.: Campus.
- Großmann, Georg Ulrich (1992): Der Fachwerkbau. das historische Fachwerkhaus, seine Entstehung, Farbgebung, Nutzung und Restaurierung. Köln: Dumont.
- Gropius, Walter (2013/1926): Grundsätze der Bauhausproduktion [Dessau] (Auszug). In: Ulrich Conrads & Peter Neitzke (Hrsg.): Programme und Manifeste zur Architektur des 20. Jahrhunderts. Birkhäuser. S. 90–91.

- Hacker, W. (1986): Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Huber.
- Henseler, Kurt & Höpken, Gerd (1996): Methodik des Technikunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hommel, Bernhard & Nattkemper, Dieter (2011): Handlungspsychologie. Planung und Kontrolle intentionalen Handelns. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Hüttner, Andreas (2009): Technik unterrichten. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel.
- Huber, Hans-Dieter (2014): Wahrnehmung als performative Tätigkeit. In: Barbara Lutz-Sterzenbach & Johannes Kirschenmann (Hrsg.): Zeichnen als Erkenntnis. Beiträge aus Kunst, Kunstwissenschaft und Kunstpädagogik. München: kopaed, S. 595–614.
- Joas, Hans (2012): Die Kreativität des Handelns. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Kebeck, Günther (2021): Ästhetische Wahrnehmung. Von der Beobachtung zur Betrachtung. Münster. Online unter: [https://repositorium.uni-muenster.de/document/miami/d3124ba0-74c1-409d-b9d8-b8070bf75bdd/kebeck\\_2021\\_aesthetische-wahrnehmung.pdf](https://repositorium.uni-muenster.de/document/miami/d3124ba0-74c1-409d-b9d8-b8070bf75bdd/kebeck_2021_aesthetische-wahrnehmung.pdf) (Abfrage: 12.01.2023)
- Merleau-Ponty, Maurice (1951/1952): Schrift für die Kandidatur am ‚Collège de France‘. In: Hans-Werner Arndt (Hrsg., 1984): Maurice Merleau-Ponty. Das Auge und der Geist. Philosophische Essays. Hamburg: Meiner, S. 99–110.
- Otto, Gunter (1997): Schule und Museum. Unterschiede und Gemeinsamkeiten an zwei Lernorten. In: Kunst + Unterricht, Heft 218, Friedrich Verlag Seelze, S. 12–15.
- Pahl, Jörg-Peter (2005): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld: wbv.
- Pahl, Gerhard/Beitz, Wolfgang/Feldhusen, Jörg/Grote, Karl-Heinrich (2007): Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Riedl, Alfred (2011): Didaktik der beruflichen Bildung. Stuttgart: Steiner.

- Ropohl, Günter (2001): Das neue Technikverständnis. In Günter Ropohl (Hrsg.): Erträge der interdisziplinären Technikforschung. Eine Bilanz nach 20 Jahren. Berlin: Erich Schmidt, S. 11–30.
- Schmayl, Winfried (1984): Die Fertigungsaufgabe als Methode technischen Unterrichts. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, 9. Jg., Heft 32, S. 5–11.
- Schneider, Beat (2005): Design – Eine Einführung. Entwurf im sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Kontext. Basel u. a.: Birkhäuser.
- Seel Martin (2003): Ästhetik des Erscheinens. Frankfurt a.M.: Suhrkamp
- Steets, Silke (2015): Der sinnhafte Aufbau der gebauten Welt. Eine Architektursoziologie. Berlin: Suhrkamp.
- Volpert, Walter (1974): Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung. Köln: Pahl-Rugenstein.
- vom Lehn, D. (2006). Die Kunst der Kunstbetrachtung: Aspekte einer Pragmatischen Aesthetik in Kunstaustellungen. In: Soziale Welt, 57(1), 83–99. Online: [https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/40646/ssoar-sozw-2006-1-vom\\_lehn-Die\\_Kunst\\_der\\_Kunstbetrachtung\\_Aspekte.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/40646/ssoar-sozw-2006-1-vom_lehn-Die_Kunst_der_Kunstbetrachtung_Aspekte.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Abfrage: 26.01.2023)
- Welsch, Wolfgang (2006): Ästhetisches Denken. Stuttgart: Reclam.
- Wiesmüller Christian (2008): Die Ästhetik in der Perspektive technischer Bildung. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 129, S. 5–10.
- Wilson, Frank R. (2000): Die Hand – Geniestreich der Evolution. Ihr Einfluss auf Gehirn, Sprache und Kultur des Menschen. Stuttgart: Klett-Cotta.

# Der Einfluss von Medien auf Technikunterricht **2**

Tobias Wiemer

## **Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen**

– eine empirische Untersuchung

### **1 Der Technikraum als Thema technikdidaktischer Forschung**

Lernen im Technikunterricht wird durch sinnliches Erfahren der Lerngegenstände ermöglicht und begünstigt (vgl. Schmayl 2021, S. 247). Lernprozesse werden durch die praktische Anwendung angeregt und gefördert. Sie dienen dem besseren Verständnis von komplexen Themengebieten. Der Technikfachraum ist damit ein entscheidender Faktor für einen erfolgreichen Technikunterricht. Mit Hilfe eines entsprechend ausgestalteten Technikfachraumes kann eine motivierende und lernfördernde Atmosphäre geschaffen werden (vgl. ebd., S. 248).

Der Technikraum ist der Ort, an dem der Technikunterricht konkret stattfindet und er ist der Arbeitsplatz der Techniklehrkraft. Sowohl die Lerninhalte als auch die Ausstattung des Technikraums haben einen großen Anteil an der Gestaltung des Unterrichts. Der Technikraum ist gleichzeitig einem steten Wandel unterworfen (vgl. Bienhaus 2018, S. 5). Dieser Wandel ergibt sich aus den Veränderungen der technischen Welt, die auch immer wieder eine inhaltliche Anpassung des Technikunterrichts notwendig machen. Ein Technikraum muss zudem zum einen Werkstattcharakter haben, der das Erproben handwerklicher Tätigkeiten und dabei die Auseinandersetzung mit verschiedenen Materialien wie Holz, Metall oder Kunststoff ermöglicht, zum anderen aber auch Aspekte eines Labors aufweisen, um technische Experimente und Analysen durchzuführen (vgl. Röben 2018, S. 100).

Allein die drei vorangestellten Perspektiven auf das Thema zeigen, dass die Ausstattung des Technikraums für die Technikdidaktik eine große Bedeutung hat. Der „richtig“ ausgestattete Technikraum ermöglicht die sinnliche Erfahrung des Unterrichtsgegenstands, hat Einfluss auf die Motivation, ist ein sich im Zuge technologischer Veränderungen wandelnder Arbeitsplatz für Techniklehrkräfte und benötigt ein Vielfaches an Ausstattung, um einen methodisch vielfältigen Unterricht zu gewährleisten.

Die Ausstattung und Anordnung des Technikraums ist somit Thema für die Technikdidaktik und wird entsprechend aus vielen Perspektiven behandelt: Vor allem in praktischer Hinsicht und als Hilfe für die konkrete Ausstattungsplanung sind dabei die Arbeiten von Wolf Bienhaus zu nennen (vgl. Bienhaus 2000, Bienhaus 2018), in denen viele Aspekte sowohl inhaltlicher Ausstattung, räumlicher Anordnung und Sicherheitsaspekte behandelt werden. Im Bereich der Inklusion beschreibt Patrick Schaubrenner beispielsweise die Optimierung des Technikfachraums in Zusammenhang mit inklusiven Unterrichtssettings (vgl. Schaubrenner 2018). Auch im Grundschulbereich ist die Ausstattung von Räumen für technische Bildung ein Thema, wobei Eva Gläser und Christina Krumbacher in einer Pilotstudie zu dem Schluss kommen, dass die betrachteten Schulen viele Ausstattungsmängel haben (vgl. Gläser und Krumbacher 2021). Und auch die DGTB hat sich dem Thema verschrieben und hierzu ein eigenes Referat gebildet, um Erkenntnisse zusammenzufassen und für Techniklehrkräfte zugänglich zu machen (vgl. Borgenheimer et. al. 2020).

Ein bis jetzt nur wenig betrachteter Themenkomplex ist die empirische Beforschung des Technikraums. Es fehlen beispielsweise Erkenntnisse dazu, wie Technikräume in Schulen tatsächlich aussehen (Ist-Zustand), ob dieser Ist-Zustand dem Soll-Zustand der theoretischen Überlegungen entspricht sowie ob und wie die vorhandene Ausstattung genutzt wird.

## **2 Ausgangslage und Fragestellung**

Die Ausstattung des Technikraums ist, wenngleich nicht immer in gleicher Geschwindigkeit, durch die Veränderungen der technischen Welt (für die Schule über den Umweg curricularer und fachdidaktischer Veränderungen) einem stetigen Wandel unterzogen. Für das hier untersuchte Bundesland

**Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung**

(Niedersachsen) kommen zu diesen Veränderungen zurzeit viele Bildungsprojekte hinzu, welche vor allem auf den Bereich der Digitalisierung zielen und für viele Schulen noch neue Technologien in den Unterricht bringen und damit auch die (Technik-)Raumausstattung verändern. Zwei Beispiele für solche Projekte sind die beiden vom Land Niedersachsen über die Landesinitiative n-21 geförderten Projekte Additive Fertigung – 3D-Druck in der Schule (vgl. Landesinitiative n-21 2021a) und Mensch-Roboter-Kollaboration – Robonatives (vgl. Landesinitiative n-21 2021b). Diese fördern den Erwerb und die Entwicklung von Inhalten für 3D-Drucker sowie den Erwerb und die Entwicklung von Inhalten für Roboter.

Vor diesem Hintergrund und der im ersten Kapitel beschriebenen Forschungslücke im Bereich der Empirie befasst sich die AG Technische Bildung der Universität Oldenburg zurzeit mit der Ausstattung von Technikräumen in Schulen in Niedersachsen bei allen Schulformen, in denen in Niedersachsen Technikunterricht in der Sekundarstufe 1 curricular verankert ist, was Gymnasien ausschließt.

Da bis jetzt keine Informationen über die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen vorliegen, ist das Ziel der Untersuchung, zunächst eine Übersicht zu erhalten, um daraus Hypothesen abzuleiten und so weitere Forschungsfragen zu entwickeln. Dabei liegt der Fokus zum einen auf der aktuellen Ausstattung und deren tatsächlicher Nutzung und zum anderen, auf Grund der vielen Investitionen im Bereich der Digitalisierung, auf der zukünftigen Entwicklung der Technikräume. Folgende Forschungsfragen werden dementsprechend untersucht:

- Wie viele und welche Art von Räumen stehen zur Verfügung?
- Wie werden diese Räume genutzt?
- Wie sind die Räume ausgestattet?
- Welche Ausstattung wird genutzt?
- Wie schätzen Lehrkräfte die Zukunft der Ausstattung ein?
- Welche Anschaffungen sind geplant?

### 3 Zur Theorie des Technikraums

Wenngleich in der Einleitung mit der mangelnden empirischen Beforschung des Technikraums eine zu schließende Forschungslücke beschrieben wurde, zeigt schon ein ausschnittsweiser Blick auf Publikationen zum Thema (ausgehend von der Beschäftigung mit dem Werkraum) eine lange Tradition der Beschäftigung mit der Theorie des Technikraums.

Bereits im Handbuch zur Kunst- und Werkerziehung von Karl Klöckner wird beschrieben, wie ein Werkraum ausgestattet werden sollte und welche Maschinen (zu dieser Zeit) als wichtig für den Unterricht angesehen werden. Inhaltlich beschreibt Klöckner dabei das Herstellen als praktisches Handeln gleichwertig mit dem theoretischen Handeln und sieht das schöpferische Tun als Grundlage des Werkens (vgl. Klöckner 1957, S. 7). Er plädiert für einen Allzweck-Werkraum, in dem verschiedene Materialien bearbeitet werden können und hält Spezialwerkstätten für verschiedene Materialien für überholt. Jedoch legt er bei den benötigten Werkzeugen einen starken Fokus auf die Holzbearbeitung (vgl. Klöckner 1957, S. 458 ff.). Für den Werkraum beschreiben Roth und Steidle in „Der Werkraum“ (vgl. 1968, S. 24) ein System von Räumen, bestehend aus Maschinen-, Lager- und Arbeitsraum, die möglichst direkt aneinander angebonden werden sollten. Eine solche Anordnung findet sich in Niedersachsen heute in vielen Schulen. Wenngleich Roth und Steidle bewusst ist, dass nicht für jedes Unterrichtsthema (Material) ein eigener Raum eingerichtet werden kann, beschreiben sie einen Universalraum als unbefriedigenden Kompromiss für den Werkunterricht (vgl. Roth, Steidle 1968, S. 12). Bei der Frage nach der Ausstattung sowohl des Maschinen- als auch des Universalwerkraums sind Parallelen zu der von Klöckner beschriebenen Ausstattung zu erkennen (vgl. Roth, Steidle 1968, S. 61 und 83 ff.).

Wenngleich der Beginn der Auseinandersetzung mit Praxisräumen in der Schule im Bereich des Werkunterrichts zu verorten ist und einige Punkte wie die räumliche Anordnung mit Universaltechnikraum, Lager und Werkstatt auch bei Technikräumen zu finden sind, dürfen die räumlichen Anforderungen nicht gleichgesetzt werden. Der Werkunterricht zielt auf die

**Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung**

handwerkliche Fertigkeitsschulung und auf das Produktionshandeln, wohingegen der Technikunterricht auf das Erschließungshandeln abzielt (vgl. Bienhaus 2018, S. 21 f.).

Zur inhaltlichen Ausstattung des Technikraums schreibt Sachs (vgl. 1979, S. 36 ff.), dass sich die Anforderungen und Voraussetzungen für den Technikraum aus den Richtzielen des Technikunterrichts ergeben sollten. Schmayl und Wilkening beschreiben die Ausstattung des Technikraums für einen mehrperspektivischen Technikunterricht. Sie betonen dabei, dass der Technikfachraum nicht die technische Realität in Betrieben abbilden soll, da dies nicht mit den Zielen des mehrperspektivischen Technikunterrichts zu vereinbaren ist. Vielmehr wird ihrer Ansicht nach ein Raum benötigt, welcher breit gefächerte Arbeitsbedingungen bietet, um ein großes Spektrum technischer Handlungen abbilden zu können. Zu diesen Handlungen zählen sie Messen, Experimentieren, Zeichnen und Konstruieren, Fertigen und Testen, Montieren und Demontieren sowie Pflegen und Instandhalten (vgl. Schmayl, Wilkening 1995, S. 181 f.). Als Anforderung für die Räumlichkeiten beschreiben sie drei grundsätzliche Punkte, nämlich die Vielfalt an Lernmöglichkeiten, die Offenheit zur Veränderung der Räumlichkeiten mit dem technischen Fortschritt sowie die Mobilität beim Wechsel der Arbeitsgegenstände und Arbeitsweisen, um ein technisches Problem aus vielen verschiedenen Perspektiven anzugehen (vgl. ebd. S. 184 f.). Wie auch schon bei Roth und Steidle für den Werkraum beschrieben, plädieren Schmayl und Wilkening für ein System aus Räumen (Fachraumsystem) mit Lager, Maschinenraum sowie Mehrzweckarbeitsräumen jeweils für feine und für gröbere Arbeiten. Viele Erkenntnisse zusammenfassend beschreibt Bienhaus in „Das Fachraumsystem des allgemeinbildenden Technikunterrichts“ (vgl. Bienhaus 2018) viele Aspekte inhaltlicher und räumlicher Anordnung sowie viele sicherheitstechnische Anforderungen an einen Technikraum. Für Bienhaus muss das Technikfachraumsystem ebenfalls der Mehrperspektivität des Technikunterrichts gerecht werden und so flexibel ausgelegt sein, dass die Nutzung des fachspezifischen Methodenspektrums ermöglicht wird (vgl. Bienhaus 2018, S. 35). Bienhaus beschreibt ein System von Räumen, wobei er den bereits genannten einem Computerraum anfügt (vgl. ebd. S. 75). Graube (vgl. 2018, S. 49) macht einen Unterschied von werktradiertem Technikunterricht mit

starker Fokussierung auf Werkstätten für einzelne Materialien sowie einem auf neue Technologien ausgerichteten Unterricht aus, die beide unterschiedliche Anforderungen an die benötigten Räumlichkeiten haben. Hierbei unterscheidet sie zwischen traditionellen Technikwerkstätten und flexiblen Techniklaboren, welche mit vielen Maschinen für eine automatisierte Fertigung ausgestattet sind, wobei die Ausführungen jedoch sehr rudimentär sind.

Zusammenfassend zeigt sich inhaltlich bei den hier beispielhaft beschriebenen Publikationen ein praxisnaher Blick auf die Gestaltung des Technikraums, der zumeist die räumliche Anordnung, die Ausstattung in Hinblick auf die zu vermittelnden Themen sowie technikkdidaktische Ansätze in den Fokus nimmt. Für die hier beschriebene Forschungsarbeit wichtig sind die Hinweise zum in Niedersachsen curricular verankerten mehrperspektivischen Ansatz und dem dazu notwendigen Universaltechnikraum, der mindestens durch einen Lagerraum, einen Maschinenraum und dem Zugang zu einem Computerraum ergänzt wird.

## **4 Erhebung**

### **4.1 Methodik und Voruntersuchung**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird eine quantitative Erhebung gewählt und mit den Methoden der deskriptiven Statistik ausgewertet, welche dem Forschungsziel, einer umfassenden Beschreibung des Forschungsfelds (also der Ausstattung) entspricht (vgl. Stein 2014, S. 136).

Die Untersuchung der Ausstattung erfolgt mittels eines Fragebogens. Ziel der Untersuchung ist eine Übersicht über die Ausstattung der Schulen, was eine große Menge an Daten erfordert, sodass sich eine Untersuchung durch Vor-Ort-Besichtigung in allen Schulen nicht eignet. Der dazu genutzte Fragebogen wurde zunächst innerhalb einer Expertenrunde, bestehend aus den Fachausbildern der AG Technische Bildung und erfahrenen Lehrkräften, entwickelt. Im Anschluss wurde der Fragebogen innerhalb einer studentischen Abschlussarbeit als Pretest mit 16 Schulen getestet. Mithilfe des hierzu erhaltenen Feedbacks wurde der Fragebogen für die hier beschrie-

## Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung

bene Hauptuntersuchung überarbeitet. Zudem ist eine der Fragen im Fragebogen offen gestaltet, um die Möglichkeit zu eröffnen, Anmerkungen zu machen.

Der Fragebogen gliedert sich in vier thematische Teilbereiche, um den Ablauf für die Befragten nachvollziehbar zu gestalten (vgl. Porst 2012, S. 146). Nach einigen allgemeinen Fragen zur befragten Schule folgt dementsprechend ein Teil zur Raumsituation allgemein, gefolgt von einem Teil mit Fragen zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklung, an welchen sich ein letzter Teilbereich mit Fragen zur Ausstattung der Räume anschließt, der mit der Möglichkeit endet, in einem offenen Bereich weitere Ausstattungen zu nennen oder Anmerkungen zu machen. Um zu verhindern, dass zwei Lehrer einer Schule den Fragebogen ausfüllen und dies als zwei Schulen gewertet wird, werden den inhaltlichen Fragen eine Codierung vorangestellt, die sicherstellt, dass jede Schule nur einmal erfasst wird.

Um eine Vergleichbarkeit der Daten zu erreichen, wird ein standardisierter Fragebogen mit geschlossenen Antwortformaten eingesetzt. Um sowohl das Vorhandensein als auch die Nutzung von Räumen und Ausstattung zu erfragen, wird mit einem dreistufigem Fragensystem gearbeitet, bei dem das Vorhandensein, die Notwendigkeit des Vorhandenseins und die Art der Nutzung erfragt wird (vgl. Beispiel in Abb. 1). Bei den Fragen zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklungen in der Technikraumausstattung wird eine verbalisierte fünfstufige Skala genutzt (vgl. Porst 2012, S. 73 f.).

### Netzteile

5.3 Stehen Ihnen Netzteile zur Verwendung im Unterricht zur Verfügung?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> in Planung	<input type="radio"/> Nein
5.3.1 Halten Sie diese für notwendig?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
5.3.2 Wie werden diese im Technikunterricht genutzt?	<input type="radio"/> mit SuS <input type="radio"/> beides	<input type="radio"/> zur Unterrichtsvorbereitung <input type="radio"/> gar nicht

Abbildung 1

Fragebogenbeispiel

Die Arbeit ist als explorative Studie angelegt, da bis jetzt wenig über die Ausstattung der Technikräume (in Niedersachsen) bekannt ist und zunächst eine Erkundung des Forschungsfelds erfolgen soll, aus der sich weitere Forschungsfragen ableiten lassen. In der Auswertung der Daten werden aus

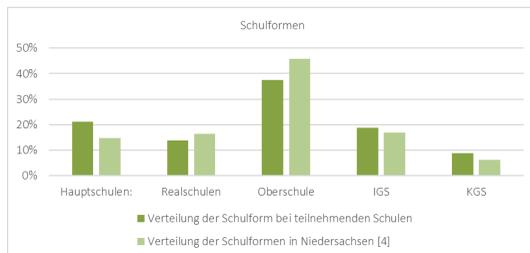
diesem Grund die quantitativen Methoden der explorativen Datenanalyse genutzt (vgl. Bortz, Döring 2014, S. 192). Zu den für diese Forschung davon genutzten gehören Visualisierungstechniken, um die Verteilung der (Ausstattungs-)Merkmale betrachten zu können und dabei vor allem die Nutzung von Balkendiagrammen zur Darstellung der Häufigkeiten. Für die Fragen zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklung werden zudem der Median und die Streuungsmaße bestimmt und diese in Boxplots dargestellt, wie es die Methoden zur explorativen Datenanalyse vorsehen (vgl. ebd. S. 621 ff.).

## 4.2 Stichprobe und Durchführung

Die Untersuchung fokussiert sich auf alle Schulformen in Niedersachsen, in denen es einen curricular verankerten Technikunterricht gibt. Dazu zählen in Niedersachsen Haupt-, Ober- und Realschulen sowie integrierte- und kooperative Gesamtschulen. Der Erhebung wird mit Hilfe eines Online-Tools durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem Referat für Studium und Lehre der Universität Oldenburg veröffentlicht. Die Stichprobe ist als merkmalspezifische-repräsentative Quotenstichprobe geplant (vgl. Bortz, Döring 2014, S. 298), wobei das Merkmal die jeweilige Schulform ist. Wie Abbildung 2 zeigt, entsprechen die an der Umfrage teilgenommenen Schulen weitgehend der Quote.

Abbildung 2

Verteilung der Schulformen



Der Fragebogen wurde per Mail an zunächst ca. 241 Schulen versandt, wegen einer sehr geringen Rücklaufquote wurden nach einigen Wochen nochmals ca. 100 Schulen mehr angeschrieben, sodass insgesamt 371 Schulen angeschrieben wurden. Die E-Mails mit dem Link zur Umfrage wurden

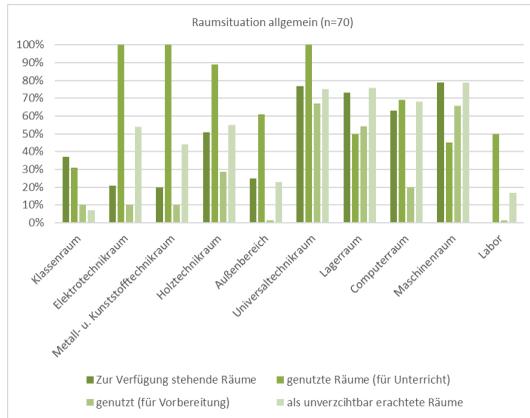
mit einem Begleitschreiben versandt, in dem die für die Fragebogenforschung üblichen Punkte wie Erklärung des Vorhabens und Versicherung der Anonymität beschrieben wurden (vgl. Hollenberg 2016, S. 7). Von den 371 angeschriebenen Schulen nahmen 70 Schulen an der Befragung teil. Bei einer Grundgesamtheit von 571 in Frage kommenden Schulen (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium 2021) entspricht die Stichprobe 8 % der Grundgesamtheit. Da keine probabilistische Stichprobe gezogen wurde, erlauben die Ergebnisse keinen Rückschluss auf die Grundgesamtheit, erlauben jedoch Interpretationen hinsichtlich einer Theorie- und Hypothesenbildung (vgl. Bortz, Döring 2014, S. 307). In diesem Rahmen können die Daten hinsichtlich des Forschungsziels, einen Überblick über die Ausstattung zu gewinnen, der zum Generieren von weiteren Forschungsfragen genutzt werden kann, ausgewertet und interpretiert werden.

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Raumsituation allgemein**

Die Fragen zur Raumsituation gliedern sich immer in die Bereiche Verfügbarkeit des Raums, Notwendigkeit des Raums und Nutzung des Raums. Bei der Auswertung wird die Nutzung nur unter jenen ausgewertet, denen die Räume zur Verfügung stehen. Die auch in der Theorie zumeist als notwendig erachteten Raumarten Universaltechnikraum, Lagerraum und Maschinenraum stehen den meisten der an der Umfrage teilgenommenen Schulen zur Verfügung (Universaltechnikraum 77 %, Lagerraum 73 % und Maschinenraum 79 %). Der von Bienhaus diesem System aus Räumlichkeiten als wichtig hinzugefügte Computerraum (vgl. Bienhaus 2018, S. 72 f.) steht auch bereits 63 % der Schulen zur Verfügung, wenngleich dieser zumeist nicht an die Technikräume angegliedert ist, was jedoch auch von den befragten Schulen (genau wie von Bienhaus) größtenteils als notwendig erachtet wird (vgl. Abb. 5). Bei den meisten Schulen (67 %) bilden die Technikräume einen zusammenhängenden Bereich, was auch von 89 % der Befragten als notwendig erachtet wird.

Abbildung 3  
Raumsituation allgemein



Räume für spezielle Materialien oder Arbeiten wie ein eigener Raum für Holztechnik, Metall-, Kunststoff- oder Elektrotechnik stehen nur wenigen der befragten Schulen zur Verfügung. Sind diese jedoch vorhanden, werden sie auch für den Unterricht genutzt (vgl. Abb. 3). Seltener finden sich spezielle Räume wie Außenbereich (haben 25 % der befragten Schulen) oder ein Labor (3 %).



Abbildung 4  
Angliederung Computerraum

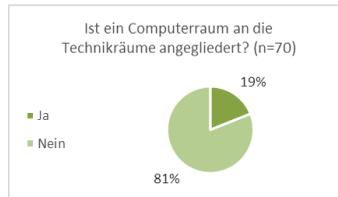


Abbildung 5  
Angliederung Computerraum

Interessant ist ein Blick auf die für unverzichtbar gehaltenen Räume. Hier überwiegt der Universaltechnikraum, der von allen Befragten für den Unterricht für unverzichtbar gehalten wird. Auch Lagerraum (76 %), Maschinenraum (79 %) und Computerraum (68 %) werden von der Mehrzahl der Befragten für unverzichtbar gehalten. Einzelne Räume für bestimmte Tätigkeiten, wie beispielsweise ein spezieller Raum für Elektrotechnik (54 %), kommen bei dieser Frage nur auf Werte um 50 %.

## 5.2 Ausstattung der Räume

Die Fragen in diesem Bereich gliedern sich, wie auch bei den Räumen, immer in Besitz, Notwendigkeit und Nutzung. Bei der Nutzung werden nur jene Schulen ausgewertet, die das Werkzeug auch besitzen, während im Bereich der Notwendigkeit auch diejenigen ausgewertet werden, die das Werkzeug nicht besitzen. Die befragte Ausstattung der Räume bezüglich (Hand-)Werkzeuge und Maschinen ist bei den meisten der teilnehmenden Schulen vorhanden.

In der Elektrotechnik (vgl. Abb. 6) wurden dazu sowohl Werkzeuge zum Herstellen von Schaltungen wie LötKolben oder auch Geräte für die Messtechnik abgefragt. Zwei auffällige Punkte sind Netzteile, die nur 62 % der Befragten zur Verfügung stehen, wengleich die meisten (83 %) diese für notwendig erachten, sowie Steckbretter, die nur 32 % zur Verfügung stehen, die jedoch ebenfalls von den meisten als unverzichtbar erachtet werden (86 %).

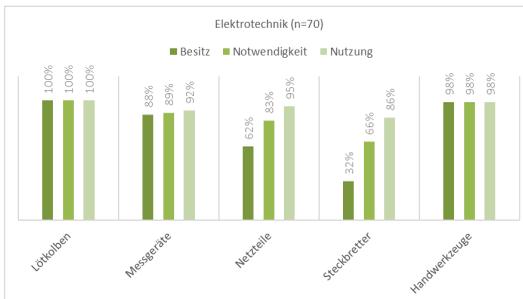
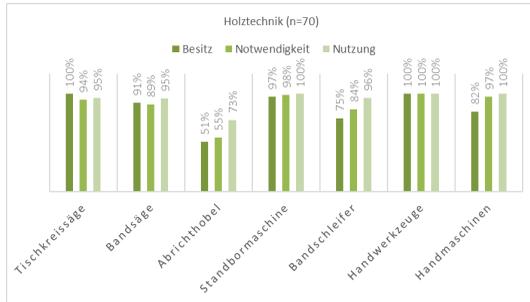


Abbildung 6  
Ausstattung Elektrotechnik

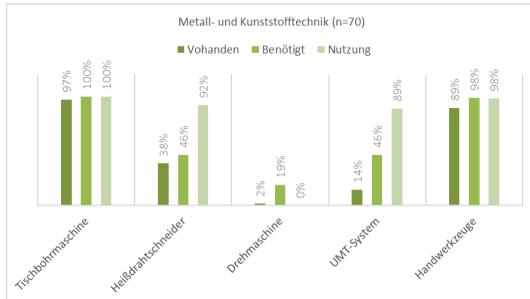
Auch im Bereich der Holztechnik sind die befragten Schulen sowohl im Bereich der maschinellen Holzbearbeitung als auch im Bereich der Handwerkzeuge und Handmaschinen weitgehend mit allem notwendigen ausgestattet (vgl. Abb. 7) und diese Ausstattung wird auch überwiegend genutzt und als notwendig erachtet. Bei der Entwicklung des Fragebogens wurde oftmals der Abrichtobel als wichtige Möglichkeit für die Lehrkraft, Holz für den Schuleinsatz vorzubereiten, angesprochen. In den Ergebnissen zeigt sich jedoch, dass dieser nur an knapp der Hälfte der befragten Schulen vorhanden ist, wengleich 73 % angeben, dass sie diesen für notwendig erachten.

Abbildung 7  
Holztechnik



Im Bereich Metall- und Kunststofftechnik (vgl. Abb. 8) sind sowohl Tischbohrmaschine als auch Handwerkzeuge bei den meisten befragten Schulen vorhanden. Die Drehmaschine spielt kaum eine Rolle in diesem Bereich, nur wenige haben eine und sie wird auch nicht als notwendig erachtet. Im Bereich Kunststoff haben nur wenige Schulen eine Heißdrahtschneidemaschine, wengleich diese bei den Schulen, die eine haben, viel benutzt wird. Wenig verbreitet ist zudem das UMT-System („Universelles Medien-system für den Technikunterricht“ der Fa. LPE GmbH mit verschiedenen Werkzeugen), welches nur 14 % der befragten Schulen besitzen.

Abbildung 8  
Metall- und Kunststofftechnik



Im Bereich der Automatisierungstechnik sind die befragten Schulen weniger gut ausgestattet. Lediglich 57 % können im Unterricht auf Mikrocontroller zurückgreifen (in der im Fragebogen ausformulierten Frage wurden Beispiele wie Arduino oder Calliope gegeben), auch Systeme wie Lego

## Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung

Mindstorms stehen lediglich 55 % zur Verfügung. Roboter sind noch weniger verbreitet, diese haben nur 28 %. Sind solche Systeme in den Schulen vorhanden, werden sie auch für den Unterricht genutzt (vgl. Abb. 9).

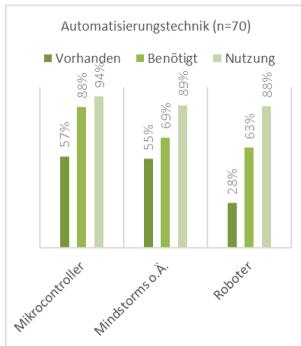


Abbildung 9  
Automatisierungstechnik und  
Automatisierte Fertigung

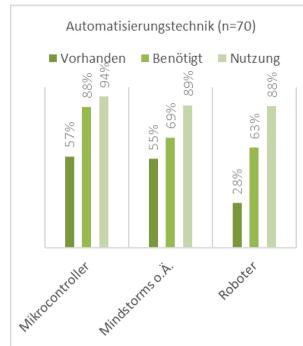


Abbildung 10  
Automatisierungstechnik und  
Automatisierte Fertigung

Für wichtig erachtet werden von den befragten Schulen am meisten die Mikrocontroller, hier geben 85 % der befragten Schulen an, dass diese für den Technikunterricht notwendig sind, gefolgt von Systemen wie Lego Mindstorms mit 69 % und Robotern mit 63 %.

Auch im Bereich der automatisierten Fertigung ist die Ausstattung hinsichtlich der befragten Systeme sehr lückenhaft. Mit einem 3D-Drucker sind die Hälfte der befragten Schulen ausgestattet, NC-Fräsen stehen 19 % zur Verfügung, einen Laser-Cutter haben 8 %. Sind die Systeme allerdings vorhanden, werden sie auch für den Unterricht genutzt (vgl. Abb. 10). Für notwendig erachtet wird von den befragten Schulen vor allem der 3D-Drucker (88 %), mit Abstand gefolgt von Lasercutter (57 %) und NC-Fräse (53 %).

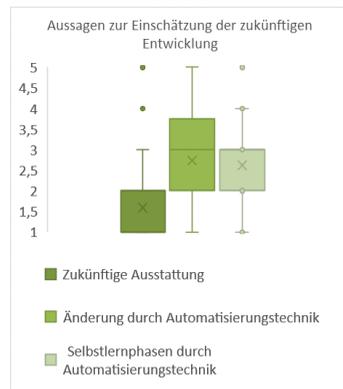
### 5.3 Zukünftige Entwicklung

Zur Forschungsfrage hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung beinhaltet der Fragebogen einige Aussagen, die eingeschätzt werden sollten, wobei die Einschätzung auf einer fünfstufigen Skala von 1=stimme nicht zu bis

5=stimme voll zu erfolgt und die Fragen von n=68 Schulen beantwortet wurden.

Zu den Aussagen zählt „Durch den weiteren Einzug der Automatisierungstechnik muss sich die Ausstattung der Technikräume in nächster Zeit erheblich wandeln.“ Dieser Aussage stimmen die Mehrzahl der befragten Schulen zu (Median=1). Unklarer ist die Bewertung der Frage „Durch die Automatisierungstechnik kommt es zu einer Verschiebung der zu vermittelnden Fähigkeiten, weg von handwerklichen und hin zu kognitiven Fähigkeiten“. Hier liegt der Median bei 3, bei einer deutlich höheren Streuung (vgl. Abb. 11). Ganz ähnlich ist das Ergebnis für die Aussage „Durch den Einzug der Automatisierungstechnik kommt es zu längeren Selbstlernphasen von Schülerinnen und Schülern“. Auch hier liegt der Median bei 3, wengleich die Streuung geringer ist, was jedoch darauf hinweist, dass die meisten somit „neutral“ als Antwortmöglichkeit ausgewählt haben.

Abbildung 11  
Befragung zur zukünftigen Entwicklung



Die Ergebnisse der ersten Einschätzungsfrage zum Wandel in der Ausstattung deckt sich mit den Ergebnissen der Befragung nach zukünftig geplanten Anschaffungen. Um diese zu untersuchen, wurde bei den Ausstattungsfragen (vgl. Beispiel auf Abb. 1) jeweils auch erfragt, ob nicht vorhandene Ausstattungen in Zukunft beschafft werden sollen. Einschränkend ist hier zu sagen, dass nicht nach dem Konkretisierungsgrad dieser Planungen gefragt wurde.

## Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung

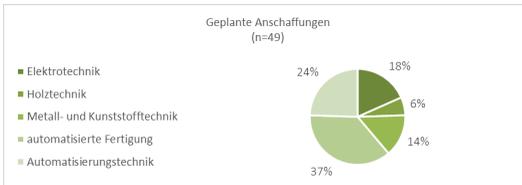


Abbildung 12  
Geplante Anschaffungen

Die Mehrzahl der Nennungen sind den Bereichen Automatisierungstechnik (37 %) und automatisierte Fertigung (24 %) zuzuordnen (vgl. Abb. 12). Am wenigsten geplant sind Anschaffungen im Bereich Holztechnik (6 %). Aufgeschlüsselt nach konkreten Systemen sticht der 3D-Drucker mit neun Nennungen hervor, gefolgt von Lasercuttern und Mikrocontroller (vgl. Abb. 13).

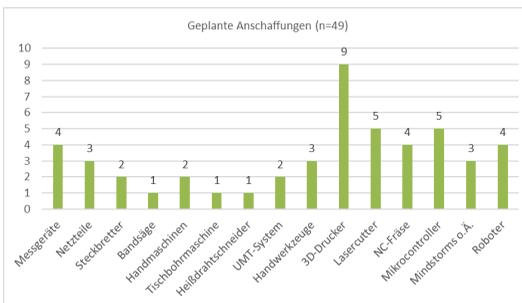


Abbildung 13  
Geplante Anschaffungen

## 6 Fazit und Ausblick

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass die befragten Schulen, abgesehen von den Bereichen Automatisierungstechnik und automatisierte Fertigung, gut ausgestattet sind. Im Bereich Automatisierungstechnik und automatisierte Fertigung ergibt sich hingegen ein gemischtes Bild, wenngleich die befragten Schulen hier eine große Notwendigkeit für zukünftige Anschaffungen sehen. Aus den Ergebnissen ergeben sich viele weitere Fragen für zukünftige Forschungsarbeiten.

Zu diesen zählen beispielsweise die Raumaufteilung. Während die drei in der Theorie üblicherweise zuerst genannten Räume (Universaltechnikraum,

Lagerraum und Maschinenraum) bei fast jeder untersuchten Schule vorhanden sind und genutzt werden, sind eigene Räume für spezielle Materialien oder Tätigkeiten selten und werden auch nur von etwa der Hälfte der befragten Schulen für notwendig erachtet. Sowohl aus Sicht einer Empfehlung für die Planung von Technikräumen als auch aus (unterrichts-)inhaltlicher Sicht wäre hier interessant, welche Gründe für und gegen eine größere Ausdifferenzierung aus Sicht von Lehrkräften, aber auch aus methodisch-didaktischer Sicht sprechen.

Ein weiterer Punkt im Bereich der Räumlichkeiten ist die Verfügbarkeit und Nutzung von Computerräumen. Nur 65 % der befragten Schulen erachten einen solchen Raum als notwendig. Von Interesse wären die Gründe dafür, warum ein Computerraum nicht als notwendig erachtet wird (z. B. Arbeitsweise, ungeeignete Hardware, fehlende didaktische Konzepte zur Einbindung). Die geringe Verbreitung von Steckbrettern und UMT-Systemen eröffnet zudem die Frage, was Gründe dafür sind, dass solche Systeme nur wenig verbreitet sind.

Die befragten Lehrkräfte sind sich sicher, dass die Automatisierungstechnik in Zukunft für einen Wandel in der Raumausstattung führt. Die bereits getätigten oder geplanten Anschaffungen im Bereich der automatisierten Fertigung unterstreichen diese Aussage. Welchen Einfluss das auf den Unterricht hat (z. B. dadurch, dass der Laser-Cutter das Arbeiten mit Laubsägen ersetzt), ist jedoch unklar und ergibt damit das größte Forschungsfeld: Wie beeinflussen automatisierte Fertigungsmaschinen und Automatisierungstechnik den Technikunterricht in Zukunft und welche Herausforderungen ergeben sich daraus für die Technikdidaktik?

## Literatur

- Bienhaus, Wolf (2018): Das Fachraumsystem des allgemeinbildenden Technikunterrichts. Hinweise zur Planung, Anlage, Einrichtung, Ausrüstung. Konstanz: Dr. ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG.
- Borgenheimer, Bernd; Bienhaus, Wolf; Marx, Andreas; Bothe, Tom (2021): Das Referat ‚Fachräume‘ und die Internetseiten ‚Technikfachräume‘ der DGTB – eine Kurzvorstellung. In: Binder, Martin; Wiesmüller, Christian; Finkbeiner, Timo (Hrsg.): Leben mit der Technik. Welche

**Die Ausstattung von Technikräumen in Niedersachsen – eine empirische Untersuchung**

Technik wollen ‚Sie‘? Technik: Verstehen wir, was wir nutzen? 22. Tagung der DGTB in Paderborn 17.–18.09.2020. Offenbach am Main: BE.ER-Konzept, S. 139–147.

Döring Nicola; Bortz, Jürgen (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

Gläser, Eva; Krumbacher, Christina (2021): Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft? Eine quantitative Studie zur Situation an Grundschulen. In Landwehr, Brunhild; Mammes, Ingelore; Murmann, Lydia [Hrsg.]: Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 151–165.

Graube, Gabriele (2018): Kompetenzen für die digitale Gesellschaft. Herausforderungen für Technikbildung in der Schule. In: Geißel, Bernd; Gschwendtner, Tobias (Hrsg.): Wirksamer Technikunterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag, S. 44–54.

Hollenberg, Stefan (2016): Fragebögen. Fundierte Konstruktion, sachg. Anwendung und aussagekräftige Auswertung. Wiesbaden: Springer.

Klößner, Karl (1957): Handbuch der Kunst- und Werkzeugerziehung für allgemeinbildende Schulen, Berufsschulen und Fachschulen. Berlin: Rembrandt-Verlag.

Landesinitiative n-21 (2021a): Additive Fertigung – 3D-Druck in der Schule. <https://www.n-21.de/downloads/datei/OTAwMDAwNDI5Oy07L3Vzci9sb2NhbcC9odHRwZC92aHRkb2NzL2Ntc3gvdjIxL21lZGllbi9kb2t1bWVudGUvMjAyMDA3X3Byb2pla3RfYWYWRkaXRpdmVfZmVydGlnZW5nXzNkX2RydWNRX2hhbmRyZWljaHVuZ19uci4xLnBkZg%3D%3D> (Abfrage: 08.09.2022)

Landesinitiative n-21 (2021b): Mensch-Roboter-Kollaboration – Robonatives. <https://www.n-21.de/downloads/datei/OTAwMDAwMjYwOy07L3Vzci9sb2NhbcC9odHRwZC92aHRkb2NzL2Ntc3gvdjIxL21lZGllbi9kb2t1bWVudGUvZmx5ZXJfbXJrX3JvYm9uYXRpdmVzX2E0XzA0XzlwMjEucGRm> (Abfrage: 08.09.2022)

- Porst, Rolf (2014): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. Wiesbaden: Springer.
- Roth, Erwin; Steidle, August: (1968): Der Werkraum. Planung und Einrichtung. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Röben, Peter (2018): Technikdidaktik: Chancen und Risiken in einem kleinen Fach mit großem Potential. In: Geißel, Bernd; Gschwendtner, Tobias (Hrsg.): Wirksamer Technikunterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag, S. 96–108.
- Sachs, Burkhard (1979). Fachräume für den Technikunterricht. Anlage und Ausstattung. 1. Teil., in: Lehrmittel aktuell, 6, S. 36–46.
- Schaubrenner, Patrick. (2018). Optimierung des Fachraums Technik im Zusammenhang mit inklusiven Unterrichtssettings. In TU: Zeitschrift für Technik im Unterricht 2 (168), S. 11–19.
- Schmayl, Winfried (2013): Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. 2. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag.
- Schmayl, Winfried; Wilkening, Fritz (1995): Technikunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Stein, Petra (2014): Forschungsdesigns für die quantitative Sozialforschung. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer, S. 135–151.

Volker Torgau

## **Vom Schaltplan zur Platine**

– gar nicht schwer

### **1 Problemstellung**

In einem Zeitalter, in dem man sich fast alle technischen Lösungen kaufen kann, üben elektronische Schaltungen auf unsere Schülerinnen und Schüler immer noch einen großen Reiz aus. Meist werden fertige Bausätze besorgt, die jeden Schritt detailliert vorgeben und einfach nur nachgebaut werden müssen. Immerhin müssen die Schülerinnen und Schüler die Anleitung lesen und die richtigen Bauelemente identifizieren, geeignete Werkzeuge auswählen und nutzen. Könnten wir nicht noch mehr verlangen? Wie steht es mit Schaltplanlesen, mit eigener Planung der Platine sowie Aufbau und Funktionsprüfung?

Dies kommt einem kompetenzorientierten Unterricht wesentlich näher. Doch manche Kolleginnen und Kollegen scheuen sich vor diesem Schritt, weil sie zahlreiche Probleme sehen und befürchten, dass die Schülerinnen und Schüler nicht die nötigen Grundkenntnisse mitbringen. Auf Grund von Stundenkürzungen und Lehrermangel für das Fach Technik in Sachsen-Anhalt werden viele im Lehrplan geforderten Wissensbestände und Kompetenzanforderungen nicht mehr erfüllt. Trotzdem sollte es möglich sein, einen guten, handlungsorientierten Unterricht durchzuführen. Es müssen nur geeignete Methoden gefunden werden.

Ich möchte eine Umsetzung am Beispiel einer Lichtschranke vorstellen.

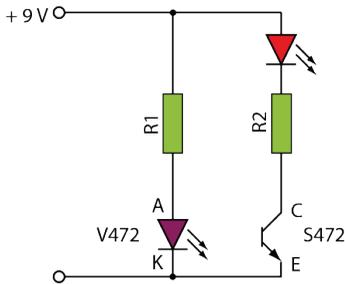


Abbildung 1  
einfache Lichtschranke

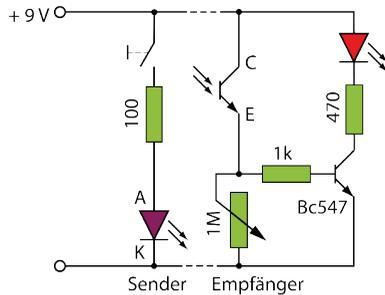


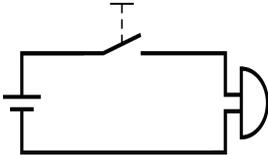
Abbildung 2  
Lichtschranke größerer Reichweite 1

Der Schaltplan (Bild 2) zeigt eine gut funktionierende, nachbausichere Lichtschranke. Grundlage war die einfache Lichtschranke (Bild 1), die jedoch nur eine sehr begrenzte Reichweite hat. Dafür zeigt sie sehr einfach das Funktionsprinzip. Die Infrarotdiode V472 emittiert eine Infrarotstrahlung, die vom Fototransistor S472 empfangen wird. Beide Bauelemente sind auf einen engen Frequenzbereich selektiert. Der Transistor wird leitend und ermöglicht einen Kollektorstrom für die Anzeigediode. Bei der optimierten Variante wurde das Signal mit einem PNP-Transistor verstärkt und kann so empfindlicher reagieren. Somit sind Reichweiten von über 30 cm möglich. Das Besondere ist die nichtsichtbare „magische“ Strahlung, die zum Auslösen genutzt wird. Ein Taster ermöglicht die Eingabe von Signalen. Die Sende- und Empfangsstrecke kann zusammen oder getrennt aufgebaut werden. Da die Schülerinnen und Schüler später in Partnerarbeit ihre Schaltung erproben sollen, bewährte sich eine Platine mit beiden Strecken.

Diesen komplexen Aufbau können die Schülerinnen und Schüler nur dann bewältigen, wenn sie die dazu nötigen Kompetenzen erworben haben. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, wie schon im Anfangsunterricht der Elektrik vorgegangen werden sollte, um später komplexere Schaltungen aufbauen zu können.

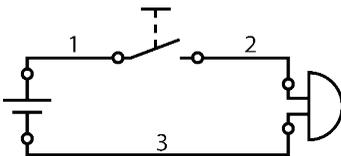
## 2 Anfangsunterricht

Grundlage ist immer ein einfacher Stromkreis. Bewährt hat sich eine Klingelschaltung. Die Schülerinnen und Schüler kennen sie zumindest in der Funktion von zu Hause.



*Abbildung 3*  
Klingelschaltung

Sie besteht aus Batterie, Taster, Klingel und Leitungen (Bild 3). Der einfache Stromkreis ist scheinbar doch nicht so einfach: Wo hören Bauelemente auf und wo fangen Leitungen an? Was bedeuten die Schaltsymbole? Eine Übersicht mit Schaltbild und Grafik oder Foto des realen Bauelementes sollte vorgehalten werden. Das Einfügen von Kreisen für die Anschlusspunkte in Bild 4 erleichterte die Identifizierung von einzelnen Leitungen, die nun nummeriert werden können. Eine farbliche Kennzeichnung der Leitungen ist eine weitere Differenzierung. Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass alle Bauelemente zwei Anschlüsse haben und der Strom durch sie hindurchfließen muss. Die Leitungen verbinden die Bauelemente miteinander in einer Reihe (Reihenschaltung). An einem Verbindungspunkt sind nie mehr als zwei Leitungen bzw. eine Leitung und ein Bauelement angeschlossen. Beim Modell eines Mehrfamilienhauses kommt dann später noch die Parallelschaltung dazu, wobei sich die Anzahl der Leitungen pro Anschlusspunkt erhöht.



*Abbildung 4*  
Klingelschaltung mit eingefügten Anschluss-  
punkten

Als Transfer wird die Grundschialtung auf eine Modellwohnung übertragen (Bild 5 und 6). Damit tauchen neue lösbare Probleme auf. Der Taster hat im Modell der Klingelanlage seine Position gewechselt und eine neue Leitung ist dazugekommen.

Abbildung 5  
veränderte Position des  
Tasters neben der Tür

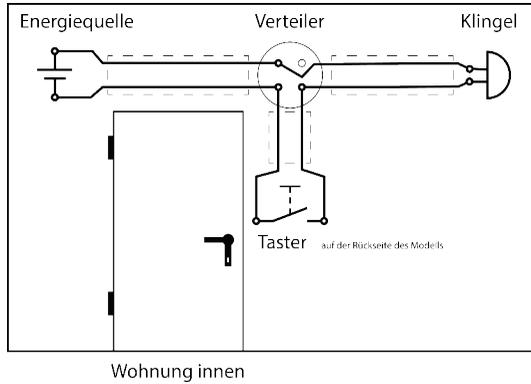
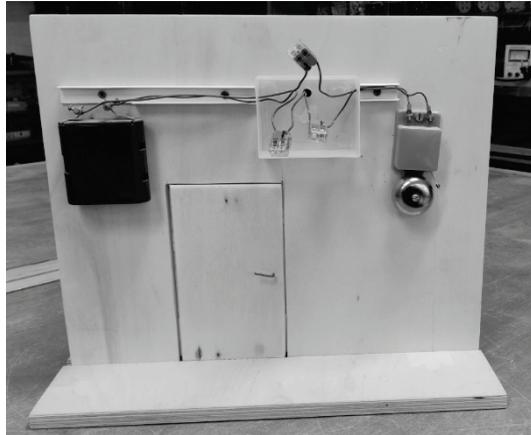


Abbildung 6  
Modellhaft aufgebaute  
Schaltung



Solche Problemlöseprozesse bei der Umsetzung von Schaltplänen auf reale Objekte sollten im Unterricht oder in der Arbeitsgemeinschaft immer wieder geübt werden. Die positiven Effekte sind für die Zukunft der Schüler von großer Bedeutung. So dürfen zwar später nicht an elektrischen Anlagen der Elektroinstallation arbeiten, doch der Alltag ist anders. Bei Wochenendgrundstücken oder im eigenen Heim wird schon gern mal selbst Hand angelegt. Da wäre es doch gut, wenn man fehlerhafte Anlagen erkennt, kleinere Fehler selbst beheben kann oder weiß, wann man sich Hilfe holen sollte.

### 3 Gegenwart

In der Oberstufe kommen im Bereich der Elektronik neue Bauelemente hinzu. Der Transistor hat nun mehr als zwei Anschlüsse und einige Bauelemente müssen polungsrichtig geschaltet werden. Auch hier ist eine Übersicht mit Schaltbild und Realobjekt nötig. Auf den Arbeitsplätzen liegen dazu einlamierte Kärtchen bereit (Bild 7).

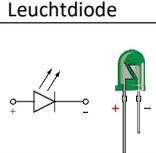
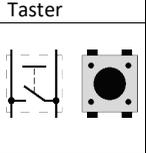
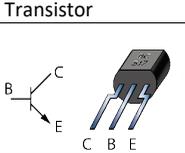
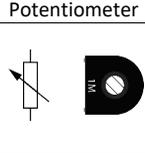
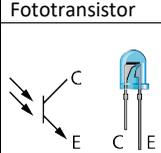
Leuchtdiode	Taster	Transistor	Potentiometer	Fototransistor
				

Abbildung 7  
 Bauelemente aus der Elektronik

Die elektronischen Bauelemente sind in größeren Stückzahlen gekauft recht günstig. Zur Erprobung eignen sich Steckboards. Die Klemmbrücken im Steckboard sind der Ersatz der Leitungen. Ihre Anordnung ist am Layout gut zu erkennen. Im 10tel-Zollabstand lassen sich auch standardisierte Bauelemente zu Schaltkreisen anordnen (Bild 8).

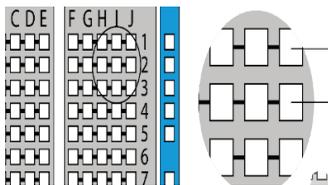


Abbildung 8  
 Steckboard

Den Schülern sollte der innere Aufbau der Boards nahegebracht werden. Dazu werden Boards geöffnet und auch die Klemmbrücken entnommen (Bild 9).

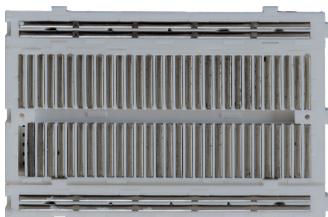


Abbildung 9  
 Steckboard geöffnet

Beginnen wird mit einer einfachen Reihenschaltung aus Leuchtdiode und Widerstand (Bild 10). Ergänzend kann dabei der Strombegrenzungswiderstand bei gegebener Spannung berechnet werden. Dann können die Schülerinnen und Schüler den nächstgrößeren Widerstand aus der E24 Reihe auswählen. Und auch der standardisierte Farbcode kann vermittelt werden. Bild 11 zeigt die Verbindung mit der Klemmbrücke.

Nun können die Schülerinnen und Schüler durch Nachdenken, Planen oder auch Probieren eine Reihenschaltung aus Taster, Widerstand und Leuchtdiode auf einem Steckboard realisieren. Der Taster kann auf Grund seiner Bauform nur in der Mitte des Steckboards platziert werden, weshalb er dann auch zwischen Widerstand und Leuchtdiode angeordnet werden muss, wenn man zusätzliche Leitungen vermeiden möchte. Es werden dabei verschiedene Lösungen und auch einige Fehler entstehen. So werden Bauelemente mit beiden Anschlussbeinen in die gleiche Klemmleiste gesteckt, Leuchtdioden in der Polarität vertauscht oder Leitungen vergessen. Diese Fehler sollten aber möglichst selbst gefunden und behoben werden. Die Schülerinnen und Schüler wachsen mit ihren Aufgaben.

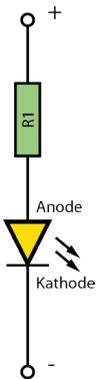


Abbildung 10  
Reihenschaltung  
aus LED und  
Widerstand

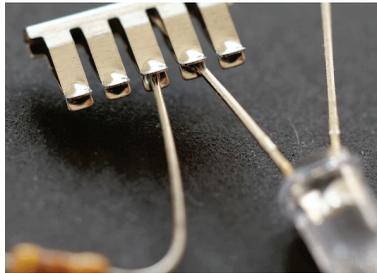


Abbildung 11  
Klemmbrücke

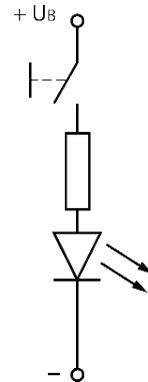


Abbildung 12  
Erweiterung um  
einen Taster

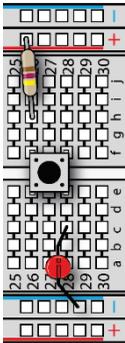


Abbildung 13  
 Widerstand oben

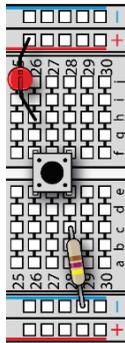


Abbildung 14  
 Widerstand unten

Da hier eine Reihenschaltung vorliegt, sollten die Lernenden ermutigt werden, die Reihenfolge der Anordnung der Bauelemente zu wechseln (Bild 13 und 14), um später kreative Lösungen bei Platzproblemen auf der Platine finden zu können.

Probleme bereitet meist der Taster mit vier Anschlussbeinen, obwohl er doch nur zwei haben dürfte. Eine Schnittdarstellung (Bild 15) hilft, dieses Problem zu entmystifizieren.

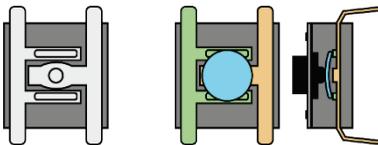


Abbildung 15  
 Taster im Schnittbild

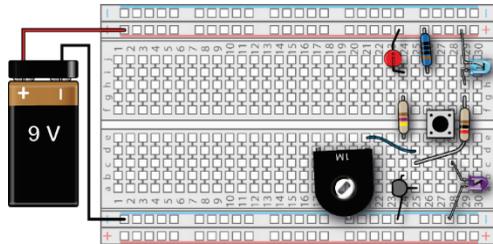
Im nächsten Schritt wird die LED durch eine Infrarotleuchtdiode ersetzt. Ein kleinerer Widerstand ermöglicht einen höheren Strom und damit mehr Strahlungsleistung der LED. Das Infrarotlicht kann mit der Handykamera sichtbar gemacht werden.

Der Empfangsteil wird vorerst mit einer Reihenschaltung aus Fototransistor, Leuchtdiode und Widerstand auf ein weiteres Steckboard gesteckt (Schaltplan Bild 2). Nun können die ersten Tests in Partnerarbeit durchgeführt werden. Die Reichweite ist noch sehr gering und die LED und der Transistor

müssen genau ausgerichtet werden. Mit einer Fernbedienung lassen sich auch die kodierten Pulse darstellen: Die Led flackert entsprechend.

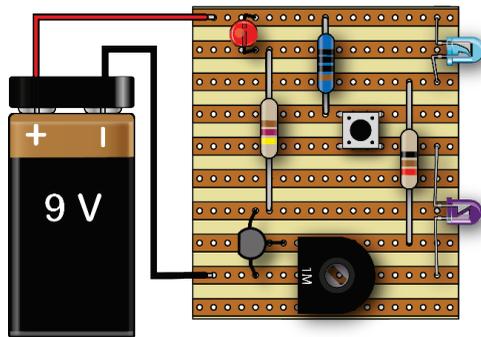
Eine Steigerung des Schaltungsverständnisses kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Die Verstärkung mit einem Transistor ist hier am günstigsten. Der Transistor hat drei Anschlussbeine, deren Polarität und Anordnung genau beachtet werden müssen. Zusätzlich kann die Aufgabe bestehen, dass IR-LED und Fototransistor am Rand des Steckboards angeordnet werden sollen, damit eine günstige Signalübertragung realisiert werden kann (Bild 16). Hierfür benötigen die Schülerinnen und Schüler einige Unterstützung.

Abbildung 16  
Sender/Empfänger



Für die Umsetzung in ein fertiges Gerät können Streifenrasterplatten verwendet werden. Verwendet man Platinen mit 5,08 mm Streifenabstand, treten weniger Problem mit Lötbrücken auf. Eine Bestückung von der Kupferseite her verlangt keine Spiegelung der Bestückung, lässt sich aber ein wenig schwieriger herstellen (Bild 17).

Abbildung 17  
Streifenrasterplatine



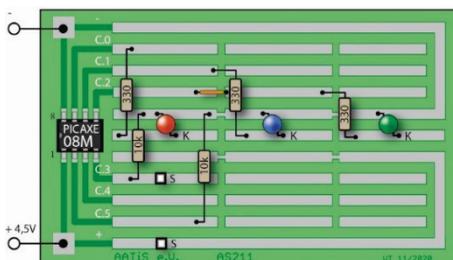
Der übersichtliche Aufbau ohne zusätzliche Lötbrücken wurde mit einer Bestückungssimulation eines interaktiven Arbeitsblattes, ähnlich Fritzing gelöst (vgl. Torgau 2022): Schaltplan lesen und übertragen, <https://technikunterricht.de/unterrichtsmaterialien/elektrotechnik/platinenbestueckung/> (Abfrage: 24.10.2022). Die Bauelemente können auf der Platine virtuell verschoben werden, bis die ideale Anordnung erreicht ist.

Bei der Erprobung wurden Reichweiten bis zu 1 m erreicht. Mit Linsen und Tuben wurde die Störsicherheit verbessert.

Die Schülerinnen und Schüler waren von der Funktion dieser Schaltung begeistert und entwickelten weitere Varianten mit Signalgebern und mit einer Negierung des Signals – eine echte Lichtschrankenfunktion. Natürlich sollten sie genügend Zeit zum Entwickeln, Fertigen und Erproben haben, damit sich Kompetenzen entwickeln können und Interessen verfestigen. Diese Vorgehensweise ist mehrfach im Unterricht sowie im Seminar erfolgreich erprobt worden und nimmt die Angst vor komplexeren Schaltungen bis hin zu Einchipmikrorechnern.

#### 4 Erweiterungen

Solche Microrechner werden meist als fertige Baugruppen wie Calliope oder Micro:Bit erworben und programmiert. Doch können die IC auch in eigene Applikationen eingesetzt werden. Dazu wurde die Platine für den PICAXE (Bild 18) entwickelt.



*Abbildung 18*  
 Picaxe-Platine

Die Schülerinnen und Schüler können sich eigene Anwendungen überlegen und auf der Platine gestalten. Die Kosten sind sehr gering und ermöglichen die Mitnahme für weitere Experimente zu Hause. Unter

[https://www.aatis.de/content/bausatz/AS211\\_Universalboard\\_f%C3%BCr\\_PICAXE\\_und\\_555](https://www.aatis.de/content/bausatz/AS211_Universalboard_f%C3%BCr_PICAXE_und_555) finden sie weitere Informationen.

## **5 Fazit**

Mit ein wenig Übung schafft es jeder, von einem Schaltplan zur Platine zukommen. Die Lösungen können unterschiedlich sein und trotzdem funktionieren. Es bedarf nicht immer einer vorgefertigten geätzten Platine, um seine Schaltungen zu erproben.

Für das Simulieren solcher Bestückungen gibt es gute Grafikprogramme, die sogar die Funktion eines Durchgangsprüfers enthalten. So kann überprüft werden, welche Bauelemente auf einer gemeinsamen Leiterbahn liegen. Fritzing kann z. B. kostenlos genutzt werden und eignet sich besonders für Steckboards. Ein wenig versteckt kann im Menüpunkt Steckplatine auch eine Lochrasterplatine genutzt werden. Für Streifenraster und Lochrasterplatinen ist das kostenpflichtige Programm LochMaster von ABACOM zu empfehlen.

Martin Binder

## **Schiff oder Schwimmkörper?**

– Analyse von Medien für den technischen Sachunterricht unter dem Aspekt der Modellbildung

### **1 Motivation und Konzept des Beitrags**

Es war einmal: das Schiff ein beliebtes Thema, sowohl im Werk- als auch im Heimat- und Sachunterricht. Und noch heute taucht es oft in Unterrichtsmaterialien für die Grundschule auf. Da sieht man Fotos von Frachtschiffen und Vorschläge für Baumodelle.

Weil ich aber schon länger weder einen Unterricht zum Thema ‚Schiffe‘ sehen noch Vorschläge dazu in Publikationen zum Sachunterricht lesen konnte, wollte ich absichern, was aus diesem interessanten Thema geworden ist. Dazu habe ich 13 Unterrichtsmedien analysiert.

Wenn davon gesprochen wird, dass im Sachunterricht der Grundschule Technik behandelt wird, ist aus technikdidaktischer Sicht Zurückhaltung geboten. Möller, Tenberge und Ziemann (1996) förderten vor 25 Jahren zutage, dass im Sachunterricht verblüffend selten Werkzeug zum Einsatz kommt – nur in einer Handvoll Stunden im Jahr. Daraus folgerten sie, dass es im Unterricht der befragten Lehrkräfte kaum Lernzugänge gab, die Schmayl „genetisch-produktiv“ nennt, mit einer Problemstellung als Lern- und Handlungsanlass zugleich: Die Schülerinnen und Schüler entwickeln eigene Lösungen, reflektieren, vergleichen sie mit den ‚Lösungen der Profis‘, setzen neu an, optimieren und reflektieren erneut. Technik wird dabei „mehr aus ihren Entstehungszusammenhängen begreifbar [...] als aus ihrer Faktizität“ (Schmayl 2019, S. 215–216). Sie wird also nicht als naturgegeben fehlinterpretiert, sondern als zweckorientiert und beeinflussbar, als

gestaltete Umwelt erkennbar. Genetisch-produktives Lernen ist intensiv an Zeit und sächlichem Aufwand. Handelnde, reflektierende und (die Lebenswelt) analysierende Zugänge müssen dabei vernetzt werden. Grundvoraussetzung dafür ist, dass Schülerinnen und Schüler Technik selbst entwickeln, herstellen und testen. Dafür aber sind Werkstoffe, Werkzeug und Maschinen unerlässlich. Sonst kann den zentralen Grundfragen an Technik nicht in einer Einheit von Kopf, Hand und Herz nachgegangen werden:

Wozu dient sie? → Haupt- und Nebenfunktionen.

Wie ist sie gemacht? → Zusammenhänge zwischen Funktion und Form bzw. Gestaltung.

Warum ist sie so gemacht worden? → finale Sinnzusammenhänge, Umgebungsbedingungen, individuelle und soziale Wertsetzungen, Herstellungsverfahren.

In welchen Varianten gibt es sie noch? → andere Zielgruppen, Offenheit in der Konstruktion, differierende Bedingungen und Bewertungen.

Welche Folgen hat sie für wen? → Bewertung von Technik im Hinblick auf die Verbesserung der Lebensverhältnisse aller Menschen.

Ohne Werkzeugeinsatz fehlt im Unterricht der befragten Lehrkräfte der enaktive Lernzugang zu diesen finalen Fragen fast komplett.

Nun mag sich seit Erscheinen dieser Studie einiges geändert haben. Mit dem MINT-Hype sind ‚Hands-on‘-Angebote entstanden. Man müsse Kinder für Technik begeistern, heißt es, und das gelinge über ‚praktisches Lernen‘. Und dann wird nach Herzenslust gesägt und gebohrt, geklebt, montiert und experimentiert. Kann es nicht sein, dass technisches Handeln (passend zum Thema dieses Beitrags) im Kielwasser von MINT mitgeschwommen ist?

Wenn aber vier Fünftel der befragten Lehrkräfte aussagten, im Studium mit Technik kaum ‚in Berührung‘ gekommen zu sein und unter anderem deshalb kein Werkzeug nutzen ließen (Möller et al. 1996, S. 28–30): Hat sich das seitdem geändert? Mir sind keine Daten dazu bekannt und die Vorträge, die auf den vergangenen Tagungen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) zum technischen Bereich gehalten wurden, deuten nicht

darauf hin. Dort herrscht ein auf naturwissenschaftliche Kausalzusammenhänge reduziertes Technikinteresse vor: Technik dient nur als Anlass, das Dreieck als statisches Grundelement oder den Auftrieb in Luft und Wasser motivierend erarbeiten zu können.

Sollte ich mich nicht täuschen, ist bei solchen Hands-On-Angeboten Skepsis angebracht. Lehrerinnen und Lehrer lassen in voller Klassengröße Grundschulkindern entwickelnd und ausprobierend, relativ frei also, mit Werkzeug arbeiten? Bei all den Gefahren? Und sie greifen aus den Handlungserfahrungen der Lernenden genau diejenigen heraus, die geeignet sind, Technik zu reflektieren, zu hinterfragen und zu verstehen? Und all das, obwohl sie in ihrem Studium kaum damit in Berührung gekommen sind? Ich würde mir nicht zutrauen, Englisch in der Grundschule zu unterrichten, nur weil ich öfter englische Texte lese oder Religion, weil ich im Urlaub Kirchen besichtige und religiös erzogen wurde. Forscherinnen und Forscher zur Lehrerverberufung sind sich einig, dass neben allgemeinpädagogischem Wissen und Können fachliches und fachdidaktisches erforderlich sind, um ‚guten‘ Unterricht halten zu können (vgl. beispielsweise Niermann 2017, S. 43–82). Über das können aber nur Lehrkräfte verfügen, die ein Schulfach auch studiert haben.

In der Folge soll das hier aufscheinende Dilemma umrissen werden, dass Lehrkräfte nur einen einzigen fachlichen Studienschwerpunkt im Sachunterricht haben, aber eine große Palette an Wissen und Können abdecken sollen. Folgende Eckpunkte werden zu beleuchten sein:

Was sind die Anliegen und Grundzüge des Sachunterrichts? Inwiefern können sie mit denen technischer Bildung zur Deckung gebracht werden?

Was muss in einem Unterricht über Schiffe und Boote bei den Schülerinnen und Schülern zur Auseinandersetzung gebracht werden?

Wie helfen Unterrichtsmedien den Lehrkräften dabei?

## **2 Schiffe und Boote als Thema im Sachunterricht**

Zu Beginn soll ein Einblick in ein Schulbuch gegeben werden, dessen Konzept ich als exemplarisch einstupe.

## 2.1 Ein erster Einblick in ein Schulbuch

Abbildung 1 zeigt eine Seite aus dem Schülerband der zweiten Klasse von „Bausteine Mensch, Natur und Kultur“ aus dem Diesterweg-Verlag. Die Seite ist im Kapitel „Erfindungen“ eingeordnet, die Überschrift lautet „Schiffe bauen“. Oben sind Fotos von sechs verschiedenen Baumodellen abgebildet. Die Schülerinnen und Schüler sollen eines auswählen, überlegen, welche Materialien und Werkzeuge sie zum Bau benötigen, ihr Modell bauen und erproben.

Welche Informationen über Schiffe sind den Fotos zu entnehmen? Eines ist ein Dampfer, die Schlotte sind unverkennbar. Vermutlich weist die runde Form an der Seite auf einen Schaufelraddampfer hin, das bleibt unklar. Zweitens ist ein Segelboot zu sehen, das aus einem Verpackungsbecher gemacht wurde. Es hat einen Mast, zwei Segel und einen Wimpel. Drittens ist ein Floß abgebildet, bestehend aus Korken, die quer zur Fahrtrichtung angebracht sind. Das Floß hat kein Deck, sondern zwei Traversen. Ein Mast wird über Vor- und Achterstage gehalten, die mit Wimpeln versehen sind.

Abbildung 1

Das Thema Schiff in einem Schulbuch für den Sachunterricht

Erfindungen

Schiffe bauen

1. Weiches Schiff willst du bauen? Kreuze an.

2. Welche Materialien brauchst du dafür? Schreibe auf.

3. Welches Werkzeug brauchst du dafür? Kreuze an.

4. Baue ein Schiff.

5. Probiere dein Schiff aus.

134

Hübsch so weit. Wie sieht es aber von der Sache her aus? *Sachunterricht* heißt das Schulfach.

Obwohl die Überschrift „Schiffe bauen“ heißt, werden Schiffe, Boote und Flöße dargestellt. Würde es verwundern, wenn Schülerinnen und Schüler die Vorstellung aufbauen, dass das alles Schiffe sind?

Der Rumpf des Dampfers ist massiv, vermutlich aus Styropor. Dass Schiffe ihren Zweck nur mit einem hohlen Rumpf erfüllen können, scheint unbedeutend zu sein. Es gibt in der Technik massive Schwimmkörper, das sind Pontons oder Plattformen, aber keine Schiffe.

Und das Segelboot: Gibt es Segelboote mit rundem Rumpf? Man stelle sich eine Fahrt damit vor! Oder mit einem, dessen Segel nur am Mast befestigt sind, ohne Mastbaum und Tauwerk. Kann man mit einem Segelboot segeln, das kein Steuerruder hat? Seglerforen sind voller Ratschläge, wie man überleben kann, wenn das Steuerruder ausfällt. Der Wimpel am Mast sieht nett aus, bei Segelbooten ist er aber kein Schmuck, sondern ein Funktionselement. Es handelt sich um einen Verklicker, der die Richtung des ‚scheinbaren‘ Windes anzeigt, was das Segeln elementar erleichtert. Er muss frei drehbar gelagert sein, nicht so wie der Wimpel im Foto, der sich um den Mast wickeln würde und dann seine Funktion nicht mehr erfüllen könnte.

Beim Floß stelle man sich vor, wie sich die Tonnen bei Seegang bewegen würden. Wie lange die Traversen den Belastungen standhalten würden? Und wie käme man vorne nach hinten, ohne die Füße zwischen den sich bewegenden Tonnen abquetschen zu lassen?

Wie sieht es mit der Herstellung aus? Schiffe, Boote oder Flöße werden nicht mit Schere, Hammer, Heißkleber und Feinsäge gebaut (s. die gezeichneten Werkzeuge). Wird im Schiffs- oder Bootsbaus auch geklebt oder wird hier eine falsche Vorstellung aufgebaut? In den Fragen und Arbeitsaufträgen wird nicht einmal darauf hingewiesen, dass hier eine Distanz herrscht zwischen den Baumodellen und dem, wofür sie stehen sollen. Immerhin soll im Sachunterricht etwas über die ‚Sachen‘ der Lebenswelt gelernt werden.

## 2.2 Anliegen und Grundzüge des Sachunterrichts

Die konzeptionelle Klammer für den Sachunterricht ist kein Kulturbereich wie Technik, Geographie oder Geschichte. Seine Klammern sind (bildungsbedeutsame) Sachen. Die Sachen der Welt sollen als „Welt in ihrer kulturellen Bearbeitung“ erkennbar werden, wie Köhnlein (1998, S. 30) in seinem Aufsatz „Grundlegende Bildung – Gestaltung und Ertrag des Sachunterrichts“ schreibt. Die Formulierung scheint wie gemacht dafür, die technische Perspektive des Sachunterrichts zu beschreiben: Schülerinnen und Schülern sollen eine technische Sache nicht wie eine natürliche annehmen, als vorgegebene Faktizität, wie es bei Schmayl heißt, sondern als Ergebnis einer kulturellen Bearbeitung. Sie sollen sich mit den Sachen kreativ, gestaltend und verstehend auseinandersetzen, so Köhnlein weiter. Auch hier liegt Schmayls Beschreibung des genetisch-produktiven Lernzugangs (s. o.) nahe.

Die beiden Hauptanliegen der Sachunterrichtsdidaktik heißen in einer Formulierung von Hentigs: Die Sache klären und das Kind stärken. Beides lässt sich nur gemeinsam erreichen, in einer wechselseitigen Erschließung von Sache und Kind.

Zielsetzungen des Sachunterrichts liegen auf den Ebenen des Wissens, Handelns und Verstehens. Auf Sachwissen sich stützende, eigenständige Bewertungen und begründete Entscheidungen werden als unabdingbare Elemente des Unterrichts angesehen. Im Sachunterricht werden Objekte, Strukturen und Prozesse aus den Perspektiven mehrerer Fächer betrachtet. Dabei sollen die fachliche Relevanz und die Erfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler gleichwertig berücksichtigt werden. Kahlert (2005, S. 230) spricht davon, dass die Fachperspektiven mit der lebensweltlichen Dimension der Schülerinnen und Schüler zu „polaren Paaren“ vernetzt werden sollen. Im Unterricht wird die Lern-Sache zunächst als Sache der Welt betrachtet: Welche Vorerfahrungen haben Kinder damit? Was an ihr ist gesellschaftlich relevant? Dann werden Fragestellungen, Kenntnisse und Verfahrensweisen besonders relevanter Fachperspektiven erschlossen.

Das ist so eng verwandt mit den „Anliegen und Grundzügen Allgemeiner Technischer Bildung“ (DGTB 2018), dass bei der folgenden Betrachtung

zwischen Intentionen und Konzeptionen des Technik- und Sachunterrichts nicht weiter differenziert werden muss.

Ein Unterschied besteht gleichwohl: In der Sachunterrichtsdidaktik wird die Wissenschaftsorientierung bedingungslos eingefordert, nicht so auf die Möglichkeiten der Lernenden achtend wie in der Technikdidaktik. Damit ist wohlgemerkt nicht die Orientierung der Lehrkräfte an wissenschaftlich gesichertem Wissen gemeint. Vielmehr sollen die Schülerinnen und Schüler als ‚kleine Wissenschaftler‘ verstanden werden. Das betrifft nicht nur die naturwissenschaftlichen Fächer, bei denen das kaum jemand noch hinterfragt. Im „Perspektivrahmen Sachunterricht“ wird auch von einer sozial- und kulturwissenschaftlichen Perspektive gesprochen (GDSU 2013, S. 6). Der Begriff der Wissenschaftsorientierung klingt modern, nach ‚21<sup>st</sup> Century Skills‘. Dass aber Kinder erstens nicht eigenständig wissenschaftlich denken und kommunizieren können und dass zweitens fraglich ist, wie sie ein aus einzelnen Spezialkenntnissen zusammengesetztes Weltwissen noch zu Sinneinheiten zusammenfügen können (fällt das nicht schon uns Erwachsenen schwer?), bleibt ungeklärt. Ist Gegenstand der (allgemeinbildenden) Auseinandersetzung von Schülerinnen und Schülern nicht die Welt, in der sie leben? Wenn Lernen an Bekanntem ansetzen soll, dann ist das die Lebenswelt. Und wenn Lernen auch nach dem Unterricht relevant sein soll, dann findet diese ‚gebildete Drittbegegnung‘ wieder in der Lebenswelt statt – und nicht in den Laboren von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, denn in deren Welt denken, fühlen und handeln Kinder nicht.

Trotz dieser sachunterrichtsdidaktischen Prämisse wird in der Folge das Schiff nicht von den Technikwissenschaften aus betrachtet, sondern als Sache der Welt – aus den genannten Gründen.

### **2.3 Das Schiff als Betrachtungsgegenstand im Sachunterricht**

Stattdessen werden drei Perspektiven herangezogen: die der Schülerinnen und Schüler, die der Gesellschaft und die des Gegenstandsbereiches Technik, zu dem Schiffe gehören.

Mit der Perspektive der *Schülerinnen und Schüler* kommen ihre Berührungspunkte mit Schiffen, ihr Vorwissen und ihre Vorerfahrungen in den Unterricht hinein. Aus Sicht der *Gesellschaft* wird die Bedeutung von

Schiffen für die Versorgung mit Gütern und für das Reisen wichtig, die erforderliche Infrastruktur, Berufe und Wissenschaftsdisziplinen, interkulturelle Zusammenhänge, politische, geschichtliche, räumliche, ökonomische und ökologische Zusammenhänge, Folgen für Gesellschaft und Natur. Aus *technischer Perspektive* sind Probleme, Fragen und Lösungen der Entwicklung, Herstellung, Nutzung und Wartung von Schiffen relevant. Es sollten Folgen für Mensch, Gesellschaft und Natur erkennbar werden, aber auch Systemvernetzungen (die in den Technikwissenschaften von großer Bedeutung sind). Außerdem ist die Entwicklung der Schiffstechnik bildungsrelevant, aus den von Schmayl genannten Gründen, aber auch weil das zu technischem Allgemeinwissen zu rechnen ist: Bau und Nutzung von Wasserfahrzeugen kam historisch einer technischen Revolution gleich, ähnlich der Erfindung des Rades. Mit Booten konnten in der Altsteinzeit weit größere Lasten als jemals zuvor transportiert werden, schneller und nicht von den Ermüdungszyklen von Menschen und Tieren abhängig.

Die Sache ‚Schiff‘ kann in unterschiedlichen Zuschnitten erarbeitet werden:

- Als Sachsystem: Nutzungsformen, Arten und Varianten, Aufbau, Fachbezeichnungen, Entwicklungslinien, Herstellung, Steuerung usw.
- Als Gesamtsystem, bestehend aus Subsystemen: Antrieb, Bug, Aufbauten, Sicherheits-, Steuerungs- und Lagersysteme u. a.
- Als Vernetzung aus Sach-, Peripher- und Supersystemen: technische, geographische und soziale Systeme in ihrer historischen Ausprägung, biologische Systeme usw.
- Als Handlungssystem: Transport, Reisen, Sport, Freizeit, Forschung, Rettung u. v. m. Die militärische Nutzung wäre aufschlussreich, kann im Unterricht aber nur dann thematisiert werden, wenn der Kontext so weit gezogen wird, dass die ethische Dimension angemessen in der Zweck-Nutzen-Folgenbetrachtung erkennbar wird. In der Grundschule ist das nicht vorstellbar.

Von diesen thematischen Möglichkeiten sind methodische Fragen abzugrenzen.

## 2.4 Lernzugänge zum Thema Schiff

Schmayl (2019, S. 215–217) folgend, können drei Arten von Lernzugängen unterschieden werden:

- der *genetisch-produktive* Lernzugang, bei dem die Schülerinnen und Schüler Wasserfahrzeuge entwickeln, herstellen, (erprobend) nutzen und optimieren;
- der *analytische*, bei dem Schiffe, ihre Nutzungsformen und Teilsysteme, Einrichtungen der Infrastruktur, Wechselwirkungen zwischen Schiffen und sozialen sowie naturalen Systemen erarbeitet werden; aber auch Prozesse wie Herstellung, Steuerung, Wartung, soziale Entscheidungsprozesse im historischen Zusammenhang;
- der *instruierte* Lernzugang, z. B. bei der zeitökonomischen Vermittlung von Kenntnissen oder Fertigkeiten im Umgang mit Werkstoffen, Werkzeugen, Maschinen. Wenn im Unterricht der Realzugang zu Wasserfahrzeugen geschaffen werden kann, wird Instruktion ein besonders nahe liegendes Lehrverfahren sein: Wie fährt man mit einem Kanu? Wie steuert man ein Segelboot?

In allen drei Zugangsweisen wird sowohl in handelnden, sprachlichen und bildbasierten Auseinandersetzungen gelernt. Der Lernprozess zeigt sich, so Klafki (1996, S. 157), in drei Repräsentationsweisen:

- enaktiv, also über Handlungen lernend;
- ikonographisch, also an Fotos, fremden oder eigenen Zeichnungen, Schemata und Karten lernend;
- symbolisch, also sprachlich-gedanklich in Unterrichtsgesprächen und an Texten lernend.

## 2.5 Reflexionsebene Professionswissen

Auch wenn das, was unten beschrieben wird, im Sachunterricht nie alles ‚behandelt‘ werden kann, so könnte ich persönlich nichts benennen, was ich für weniger interessant und wichtig halten würde. Das macht ein besonderes Problem der Sachunterrichtspraxis deutlich: Welche Lehrerin, welcher Lehrer verfügt über das, was man einschlägiges professionsbezogenes Wissen und Können zum Thema Wasserfahrzeuge nennen würde,

um die schwierige Frage der didaktischen Reduktion sachkundig treffen zu können? Dazu kommt das unterrichtsbezogene Können, das Neuweg (2008, S. 17–19) auf zwei Ebenen beschreibt: zur Lehrperson passendes und unterrichtstaugliches, also themenbezogenes Können sowie allgemein-pädagogisches Können.

Hier stoßen immer wieder auch Lehrerinnen und Lehrer an ihre Grenzen, die Technik als Schwerpunkt studiert haben, sodass auch sie über Hilfen aus Lehrmittelverlagen sehr dankbar sein werden. Diejenigen, die in der Technik beruflich nicht zuhause sind, sind vollumfänglich darauf angewiesen, dass ihnen ‚gute‘ Zugänge dargeboten werden. Unter Berücksichtigung dieser Problemlage sollte die folgende Analyse von Lehr-Lernmedien gelesen werden.

### 3 Zur Untersuchungsmethode

#### 3.1 Datenbasis

Die Auswahl der analysierten Medien ergab sich aus ihrer Verfügbarkeit an meiner Hochschule und im Internet. Die 13 Fundstücke zum Thema Wasserfahrzeuge sind:

##### (A) Schulbücher zum Sachunterricht

*Bausteine – MNK*. Schülerbände (SB) Klasse 1, 2, 3 und 4. Diesterweg, 2010.

*Mobile – MNK*. SB Klasse 1, 2 und 3. Westermann, 2004.

*Pustebhume – das Sachbuch*. SB Klasse 4. Schroedel Westermann, 2018.

*Schlag nach im Sachunterricht*. SB Klasse 3/4. BSV, 1997 und Oldenbourg, 2017.

*Ich in der Welt*. SB Klasse 1/2. Konkordia, 1998.

##### (B) Begleitmaterial zu einem Lehrplan

LLS Hamburg: Unterrichtsvorhaben „*Warum schwimmen Schiffe?*“, 2011.

##### (C) Arbeitsblätter

Aduis GmbH (Hg.) (o. J.): *Sachunterricht – Segeln*. (o. J.)

Tebs, Daniel (2020): Arbeitsblätter zum Thema „*Schiffahrt*“. Eduki.

## 3.2 Auswertungsgesichtspunkte

Die Medien wurden nach vier Gesichtspunkten ausgewertet, ergänzt um Aspekte, die in einzelnen Medien zu finden waren und wenigstens peripher mit dem Thema zusammenhängen.

### 3.2.1 *Lebenszyklus eines technischen Systems*

Eine erste Auswertungsebene folgt der Logik des Lebenszyklus‘ eines Produktes: Technik muss entwickelt, konstruiert, getestet und optimiert, gebaut, in Betrieb genommen, genutzt, instandgehalten und aufgelöst werden. Die Kategorien für die Auswertung (s. Abbildung 2) ergeben sich auf dieser Ebene aus einschlägigem Fachwissen:

*Konstruktion:* Bedarfe/Zwecke, Einsatzbedingungen, Bauteile und Baugruppen, Arten, Funktions-Formzusammenhang, schwimmfähiger Hohlkörper bzw. schwimmfähige Stoffe, Auftrieb/Verdrängung.

*Herstellung:* Spanten und Planken, Platten, Laminierung bzw. Sandwichverfahren; Fügetechniken, Abdichten, Oberflächenbearbeitung und -behandlung.

*Nutzung:* Inbetriebnahme, Nutzungsarten, Bedienung, Regeln/Konventionen/Gesetze, Instandhaltung.

*Auflösung:* Außerbetriebnahme, Entleerung, Demontage, Sortierung und Sammlung, Recycling.

Bei der Auswertung wurde nur codiert, wenn der entsprechende Sachverhalt auch ernsthaft thematisiert wird. Eine bloße Begriffsnennung, eine Abbildung ohne Erläuterung oder Erarbeitungsaufgabe zum technischen Zusammenhang – all das wurde nicht berücksichtigt. Bei der Herstellung beispielsweise wurde nur berücksichtigt, wenn ein Verfahren aus dem Bau von Wasserfahrzeugen thematisiert wird. Bleibt der Blick auf den Bau des Modells aus Papier, Styrodur oder Verpackungsabfällen begrenzt, erfolgte keine Codierung.

Nach einer ersten Sichtung zeigte sich, dass im Bereich der Konstruktion Schwerpunkte bei physikalischen Kausalzusammenhängen gesetzt sind. Deshalb wurde das Kategoriensystem um physikalische Grundlagen des

Auftriebs erweitert, um den Bestand genauer erfassen zu können. Unterschieden wird dabei, ob die Schwimmfähigkeit von Stoffen (ohne konstruktive Gestaltung), die Schwimmfähigkeit eines hohlen Schiffsrumpfes oder der Auftrieb eines Schiffes thematisiert wird. Auch hier erfolgte ein Rating nur, wenn ein struktureller Bezug zum Schiff erkennbar war. Versuche mit Holz, Blechen oder Kunststoff sind deshalb berücksichtigt, mit Schwämmen, Korken oder Knete aber nicht, weil Wasserfahrzeuge daraus nicht hergestellt werden.

In der Kategorie „Zusammenhang aus Funktion und Form“ muss die Funktion des Wasserfahrzeugs thematisiert sein. Geschieht das an einem Schwimmkörper oder einer Materialprobe, wurde es nicht codiert. Aufgenommen wurde nur, wenn die Form in ihren Funktionszusammenhang gestellt wird. Ein gleichseitiges Dreieck, das als Segel bezeichnet wird, wird nicht berücksichtigt, wenn nicht wenigstens die Form von Segeln thematisiert wird. Ein ‚Ankerbeispiel‘ für die Analyse wäre die Frage „Warum ist das Segel dreieckig und nicht rechteckig?“ oder eine entsprechende Information: „Segel sehen so aus, weil ...“.

### 3.2.2 *Soziotechnische Praxis*

Auf einer zweiten Ebene wurden die Medien nach der Kontextuierung von Wasserfahrzeugen in sozialen Praxen ausgewertet (s. Abbildung 3). Werden Wünsche, Zwecke oder soziale Funktionen aufgeworfen? Wird thematisiert, wie Technik in die gesellschaftliche und natürliche Umgebung eingebunden ist, wie sie in Wechselwirkung damit steht, welches historische ‚Wasserzeichen‘ sie in sich trägt?

### 3.2.3 *Systemische Zusammenhänge*

Auf einer dritten Ebene wurde nach systemischen Beziehungen gesucht (s. Abbildung 4): kein Schiff ohne Wasser und ohne Anlegestelle. Kein Krabbenkutter ohne Fangnetz, Lebensmittelverarbeitung, Weitertransport und Kühltechnik. Kein Containerschiff ohne Container, Terminals, LKW und Bahn. Kein Segelboot ohne Zufahrt mit einem Anhänger, kein Skipper ohne Marlspieker und Segelkleidung. Nichts von alledem gibt es ohne spezialisierte Berufe, Kommunikationsformen, Institutionen, Organisationen, Regeln und Konventionen.

### 3.2.4 Lernprozess

Viertens wurde nach Zusammenhängen des Lernens ausgewertet (s. Abbildung 5): Wie werden Schülerinnen und Schüler mit dem Thema in Auseinandersetzung gebracht? Werden sie als Individuen, als soziale Akteure, als Kulturträger und -präger berücksichtigt? Die Kategorien dieser Ebene wurden aus pädagogischen Modellen zur Zugänglichkeit eines Lerngegenstands abgeleitet (s. Kapitel 2.4 in diesem Beitrag).

### 3.2.5 Weitere Aspekte

Nach einer ersten Durchsicht wurden Aspekte aufgenommen, die in einzelnen Medien enthalten sind. Damit sollte erfasst werden können, ob es sich um Einzelfälle handelt oder ob eine spezifische Interessenslage der Lehr-Lernmedienverlage dazu führen, dass diese Aspekte mehrfach vorkommen. Im Einzelnen wurden folgende Gesichtspunkte berücksichtigt: Schiff als Spielzeug, Schiffe in der Kunst, Erzählanlass Schiff, Vor- und Nachteile verschiedener Arten von Wasserfahrzeugen, Schwimmkörper ohne technische Funktion, Boote basteln (*ohne* inhaltliche Erarbeitung zu Wasserfahrzeugen), Modelle (*mit* inhaltlicher Erarbeitung zur Herstellung eines ‚richtigen‘ Bootes), Modelle (*mit* inhaltlicher Erarbeitung zur Konstruktion eines Wasserfahrzeugs).

## 3.3 Befunde

Hier kann nur eine Auswertung auf dem Niveau einer Vorstudie vorgestellt werden. Ursprünglich war eine validierte qualitative Inhaltsanalyse geplant. Aufgrund der überdeutlichen Datenlage (s. u.) macht das m. E. aber keinen Sinn.

### 3.3.1 Lebenszyklus eines Wasserfahrzeugs

Die Auswertung entlang des ‚Lebenszyklus‘ eines Bootes, Schiffes oder Floßes ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die Werte zeigen die Anzahl der Fundstellen. Erkennbar ist, dass der Bereich der Auflösung nicht thematisiert ist sowie die Phasen der Herstellung und Nutzung jeweils nur einmal in den 13 Unterrichtsmaterialien. Im Bereich Konstruktion liegt ein Schwerpunkt, aber lediglich zur Physik des

Schwimmens. Konstruktive Maßnahmen sind nicht einmal angedeutet, etwa wie Rümpfe gestaltet sind, damit auch ein Wasserfahrzeug aus Stahl schwimmt, geschweige denn dass Fragen aufgeworfen und geklärt werden, wie konstruktiv erreicht wird, dass das Fahrzeug gut beladen und entladen, gut gesteuert werden kann oder dass es bei schwerem Seegang nicht kentert.

Abbildung 2  
Auswertung Lebenszyklus eines Sachsystems

<b>Konstruktion</b>	Bedarfe/Zwecke	2
	Einsatzbedingungen	0
	Bauteile/Baugruppen	1
	Arten/Bauformen	2
	Baugruppen	0
	Funktions-Formzusammenhang	0
	Schwimmfähiger Hohlkörper	4
	Schwimmfähigkeit Stoffe	5
<b>Herstellung</b>	Auftrieb/Verdrängung	3
	Spanten und Planken	0
	Platten	0
	Laminierung bzw. Sandwich	0
	Fügeverfahren	1
	Abdichten	0
<b>Nutzung</b>	Oberfläche (Bearbeitung/Behandlung)	0
	Inbetriebnahme	0
	Nutzungsarten	1
	Bedienung	1
	Regeln/Konventionen/Gesetze	0
<b>Auflösung</b>	Instandhaltung	0
	Außerbetriebnahme	0
	Entleerung (auch: Havarie)	0
	Demontage	0
	Sortierung und Sammlung	0
	Recycling	0

Folgende Zusammenhänge sollten in Abb. 2 nicht übersehen werden:

- Die Nutzung eines Wasserfahrzeugs wird nur zweimal thematisiert, einmal geht es um Segelmanöver, das zweite Mal um Schiffsarten in Abhängigkeit vom Zweck.
- Auf Funktions-Formzusammenhänge wird in den Unterrichtsmaterialien nicht eingegangen.

- Verschiedene Arten von Schiffen werden nur zweimal thematisiert. Das wäre ein gut zugänglicher Unterrichtsgegenstand, weil mit Fotos gearbeitet werden kann. Die Schülerinnen und Schüler würden lernen, Technik auf Nutzungsformen hin zu ‚lesen‘ und zu beschreiben – ein wichtiges Lernziel in allen Altersstufen.
- Die Umgebungsbedingungen werden nicht ein einziges Mal thematisiert, also spezifische Bedingungen in Binnengewässern und Meeren, geschweige denn Unterschiede zwischen Flüssen und Seen, küstennahen Bereichen und Hochsee, Oberlauf und Unterlauf von Flüssen, geradlinige oder kurvige Strecken, Tiefe und Breite von Fahrrinnen, Geschwindigkeit des Wassers und Fahrtrichtung oder bei Segelbooten Wellengang, Windrichtung usw.

### 3.3.2 *Soziotechnische Praxis*

Das Leben am Wasser mit Schiffen müsste in einem Fächerverbund wie dem Sachunterricht (s. o. Köhnlein: Lebenswelt in ihrer kulturellen Bearbeitung) grundsätzlich Ausgangs- und Endpunkt des Lernens sein. Die Auswertung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Zweimal werden in den 13 Medien geschichtliche Aspekte thematisiert, einmal die Seemannssprache, einmal der Rhein als Schifffahrtsweg. Einmal wird der Blick auf die Bekleidung eines (männlichen) Kapitäns und einer (weiblichen) Bedienung an Bord gerichtet (Die geschlechterstereotype Zuordnung sei hier nur erwähnt, nicht kommentiert.). Die Aufgabe lautet konkret: „Warum muss hier einheitliche Kleidung getragen werden? Erkläre.“ Zu ihrer Bearbeitung werden keine Informationen angeboten, sodass weder die Vielfalt der Rangabzeichen, Schulterklappen und Mützen noch Gründe für solche Kennzeichnungen erarbeitet werden können.

Abbildung 3  
Auswertung soziotechnische Praxis

<b>Benachbarte Systeme</b>	Häfen	0
	andere Verkehrssysteme	0
	Leben mit Wasserfahrzeugen	0
<b>Weitere Aspekte</b>	Technikgeschichte/Technikentwicklung	2
	Fachsprache	1
	Berufe	0
	Schiffahrtswege	1
	Spielzeug	0
	Berufsbekleidung	1
	Wasserfahrzeuge in der Kunst	1
	Erzählanlass Schiff	1
	Vor- und Nachteile von Fahrzeugarten inkl. Schiff	1
	Regeln/Konventionen/Gesetze	0

Frappierend finde ich, dass nur in einem der Medien Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, von Erlebnissen mit Schiffen oder Booten zu erzählen. Das wäre nicht nur in der Grundschule der erste Reflex einer Lehrerin oder eines Lehrers. Und darüber hinaus ist die herausragende Bedeutung des Anknüpfens an Vorerfahrungen beim Wissenserwerb lernpsychologisch gut belegt (dazu z. B. Herrmann 2020, S. 15–16). Vielleicht sind die Autorinnen und Autoren davon ausgegangen, dass ihr Medium unterrichtsbegleitend eingesetzt wird. Bei thematisch und didaktisch nicht versierten Lehrpersonen liegt m. E. aber näher, dass ein Medium unterrichtsleitende Funktion hat.

### 3.3.3 Systemische Beziehungen

Technik wird in den ausgewerteten Medien nicht in Systemzusammenhängen erarbeitet (s. Abbildung 4). An keiner Stelle werden Wechselbeziehungen zwischen einem Schiff und peripheren, unter- oder übergeordneten Systemen behandelt. Weder die Infrastruktur der Wasserwirtschaft wird aufgegriffen noch die Funktions- oder Baustruktur eines Schiffes im Verhältnis zum Gesamtsystem.

Abbildung 4  
Auswertung systemische Einbindung

<b>Benachbarte Systeme</b>	Häfen	0
	andere Verkehrssysteme	0
	Leben mit Wasserfahrzeugen	0

In „Bausteine“ für Klasse 4 (S. 153) heißt eine Aufgabe: „Sammelt die Vor- und Nachteile der Fahrzeugarten Auto, Zug, Schiff, Flugzeug. Legt eine Tabelle an.“ Über die abgebildeten Fotos wird der Kontext des Reisens angerissen. Es wird aber nicht auf Verbindungen zwischen den Verkehrssystemen abgehoben: dass der Heimathafen eines Kreuzfahrtschiffes Anbindungen zur Bahn, zur Autobahn und zu einem Flughafen braucht, ein Flughafen dagegen keine an Wasserstraßen. Auch das wäre ein Zusammenhang, der sich von Schülerinnen und Schülern im Grundschulalter gut verstehen lässt und der sich durch elementare Kartenarbeit (Überschneidungen von Verkehrswegen) erarbeiten ließe – immerhin ist der Sachunterricht fächervernetzend angelegt.

Mit der systemischen Vernetzung fehlt ausgerechnet ein Zusammenhang, der in den Technikwissenschaften von großer Relevanz ist. Eine Wissenschaftsorientierung kann mit dieser Fehlstelle nicht in Anspruch genommen werden, selbst wenn man über die entwicklungspsychologischen Gegenargumente aus Kapitel 2.5 hinwegsieht.

### 3.3.4 Lernzugänge

Als vierter Aspekt wurde ausgewertet, welches Lernverständnis in den Unterrichtsmaterialien erkennbar wird. Hier ist der größte Interpretationsspielraum vorhanden. Nachdem meine gesamte Auswertung nicht validiert ist, erhebe ich hier in besonderem Maße keinen Anspruch objektiver Gültigkeit.

Mich interessierten dazu weniger einzelne Details, sondern pädagogische Zusammenhänge. Ein erster Gesichtspunkt war die Verknüpfung von Wissen und Handeln, also die wechselseitige Informationserarbeitung und -verarbeitung. An Beispielen konkretisiert: Werden ohne weitere Reflexionen schalenartige Hohlkörper gebaut oder wird das Bauen eines Hohlkörpers mit dem Wissen verknüpft, warum es bei Wasserfahrzeugen so gemacht wird? Wird zur Auseinandersetzung gebracht, dass ein Segel im Unterricht aus Papier geschnitten wird, an einem realen Boot aber nicht; warum es dort nicht gemacht wird; wie sich das Schneiden von Papier vom Schneiden eines Stoffes unterscheidet; wie sich das Schneiden einer hand-

tellergroßen Form vom Schneiden einer z. B. 5 m<sup>2</sup> großen Form unterscheidet? Letztendlich geht es um die Frage, wie das *Hands on* mit dem *Mind on* und das Arbeiten an *Baumodellen* mit dem Lernen an *kognitiven Modellen der Wirklichkeit* verbunden wird.

Zweitens habe ich nach Beispielen gesucht, die die Abhängigkeit konstruktiver Entscheidungen von der Herstellbarkeit oder dem Gebrauchswert hervorheben – also inwiefern einzelne Details in technische Zusammenhänge eingebunden werden. Ein Segelboot ist für das Segeln gemacht, deshalb muss das Segel gesetzt und eingeholt, nach dem Wind ausgerichtet, in der Fläche vergrößert und verkleinert werden können. Bei Manövern wird der Mastbaum geschwenkt, was zu Gefahren an Bord führt. Ein schlankes Segelboot verhält sich gut in den Wellen, bietet aber wenig Platz auf dem Deck. Ein Boot mit einem von Seglern spöttisch als ‚Liegewiese‘ bezeichneten breiten Heck ist dagegen gut zum Träumen und Bräunen. Allerdings klatscht der breite Rumpf bei jeder Welle auf die Wasseroberfläche, sodass das Fahren bei Wellengang auf Dauer wenig Vergnügen bereitet. Auch für Zusammenhänge zwischen Konstruktion und Herstellung gilt das: Würde der Rumpf aus zwei Platten montiert, ginge das schnell. Der Aufwand mit einer Beplankung, inklusive des Abdichtens der Fugen, kann nur von der Frage aus verstanden werden, warum der Rumpf *nicht* aus zwei Teilen gebaut wird. Das könnte über den Modellbau der Schülerinnen und Schüler sichtbar gemacht werden: Wird mit Eisstielen gebaut, hat man immer dieselbe Größe und Form der Bauelemente, die Materialien sind billig und einfach zu beschaffen. Die vergleichsweise schlanken Einzelteile lassen sich gut einpassen. Es entstehen aber viele Fügstellen, durch die später Wasser eindringen kann.

Die Auswertung in diesem Bereich kann aus Platzgründen nicht detailliert abgebildet werden. Deshalb nutze ich lediglich eine verkleinerte Übersicht (Abbildung 5). Die Begriffe können in den Abbildungen 2 bis 4 nachgelesen werden. Hier sind die Informationsträger die Farben rot und violett. Eine rote Tabellenzelle zeigt an, dass das Tun der Schülerinnen und Schüler mit Informationen aus Text und Bild verbunden sind, also Praxis mit Theorie. Die violetten Zellen markieren Vernetzungen zwischen Sachsystem und Nutzungshandlungen.

## Schiff oder Schwimmkörper?

Konstruktion	Bedarfe/Zwecke	1						1
	Einsatzbedingungen							
	Bauteile/Baugruppen							1
	Arten/Bauformen			1		1		
	Baugruppen							
	Funktions-Formzusammenhang							
	Schwimmfähiger Hohlkörper	1				1		2
	Schwimmfähigkeit: Stoffe			1		2	1	1
Herstellung	Auftrieb/Verdrängung			1		1		1
	Spanten und Planken							
	Platten							
	Laminierung bzw. Sandwich							
	Fügeverfahren						1	
	Abdichten							
Nutzung	Oberfläche (Bearbeitung/Behandlung)							
	Inbetriebnahme							
	Nutzungsarten				1			
	Bedienung							1
Auflösung	Regeln/Konventionen/Gesetze							
	Instandhaltung							
	Außerbetriebnahme							
	Entleerung (auch: Havarie)							
	Demontage							
Benachbarte Systeme	Sortierung und Sammlung							
	Recycling							
	Häfen							
Weitere Aspekte	andere Verkehrssysteme							
	Leben mit Wasserfahrzeugen							
	Technikgeschichte/Technikentwicklung				1			1
	Fachsprache							1
	Berufe							
	Schifffahrtswege				1			
	Spielzeug							
	Berufsbeleidung	1						
	Wasserfahrzeuge in der Kunst	1						
	Erzählanlass Schiff	1						
	Vor- und Nachteile von Fahrzeugarten inkl. Schiff	1						
	Regeln/Konventionen/Gesetze							
	Schwimmkörper	1						
Boote basteln (ohne inhaltliche Erarbeitung Wasserfahrzeug)	1	1	1		1		1	
Modelle (mit inhaltlicher Erarbeitung zur Herstellung)						2		
Modelle (mit inhaltlicher Erarbeitung zur Konstruktion)								

Abbildung 5

Auswertung Lernverknüpfungen (rot: Theorie-Praxisverknüpfung, Violett: Technik als Handlungssystem)

Die Auswertung ergibt folgendes Bild:

- *Theorie-Praxis-Verknüpfung (rot)*: Nur in zwei von 13 Medien ist das Tun mit Wissenserwerb verbunden. Bei allen anderen dient es ‚irgendwie‘ der Motivation.

- *Technikerschließung aus Praxiszusammenhängen (violett)*: Ebenfalls nur zwei von 13 Medien berücksichtigen das, was man ‚ganzheitliches‘ Lernen nennt, was bei Sachs ‚Mehrperspektivität‘ heißt oder was die DGTB ins Zentrum ihres Grundsatzpapiers Nr. 1 stellt: Technik soll als Mittel zur Lebenserleichterung oder -verbesserung erkennbar werden. Nur so kann Technik in ihren finalen Sinnzusammenhängen erkennbar werden. In den anderen 11 Medien findet das nicht statt.

### 3.4 Zusammenfassung

Die Lernmaterialien wirken großzügig, freundlich und laden zum Basteln ein. Die Bastel-Sachen dieses Sach-Unterrichts sind aber keine Modelle für die ‚realen‘ Sachen. Sie eint untereinander nur die Herstellbarkeit mit einfachsten Mitteln und die Schwimmfähigkeit.

Sie könnten als Spielzeug verstanden werden. Was ein gutes Wasserspielzeug ausmacht, wird aber nicht angesprochen, geschweige denn erarbeitet.

Dasselbe gilt für den Herstellungsprozess. Die Arbeitsaufträge lauten sinngemäß: *Stellt her. Hab Spaß. Verletzt euch nicht.* Eine Abbildfunktion auf den Herstellungsprozess im Schiffs- oder Bootsbau ist nicht zu erkennen. Wo ein hohler, länglicher Rumpf vorhanden ist oder ein Segel mit einer einfachen Takelage und einem Ruder kombiniert ist: Dort könnten Verbindungen zu einem Segelboot hergestellt werden. Das geschieht aber nicht ein einziges Mal. Bei den Flößen wird wenigstens in einem der Medien das Herstellen von Knoten thematisiert. Zwar wird nicht auf (reale) Flöße verwiesen. Aber auch im kleinen Maßstab treten vergleich-bare Probleme auf wie beim großen Modell, sodass eine fachkundige Lehrperson einen guten Lernanlass vorfindet. Allerdings haben Flöße eine äußerst geringe gesellschaftliche Bedeutung, sodass gefragt werden muss, inwiefern sich der ganze Aufwand im Unterricht lohnt.

## 4 Modellbildung als Teil des Lernens

Roth und Steidle formulierten vor 50 Jahren ihr Erstaunen darüber, dass der Modellbegriff in didaktischen Diskussionen sehr ‚unbefangen‘ verwendet wird. Sachs und Fies stellten sechs Jahre danach keinen Sinneswandel fest und heute schätze ich das für die Technikdidaktik immer noch so ein.

Erstaunlich ist daran, dass das Bilden, Verfeinern und Korrigieren von Modellvorstellungen ein Grundelement allen Lernens ist und dass besonders im Technikunterricht häufig „in der Sphäre des Modells“ gearbeitet wird, wie Roth und Steidle formulieren. Wie sonst sollen der ‚Rasenmäroboter‘ aus Pappe und Holz, der nie einen Grashalm schneidet oder die ‚Brücke‘ aus Papier, auf die Gewichte gelegt werden, verstanden werden? Aber auch bei der Herstellung eines Schlüsselanhängers aus Kunststoff oder Metall wird am Modell gelernt: z. B. die Bearbeitung von Werkstoffen, das Messen, Prüfen usw.

Die Monographie „Baukästen im Technikunterricht“ von Sachs und Fies (1977), aus der die Zitate von Roth und Steidle übernommen sind, ist nach wie vor die beste mir bekannte Referenz, um den Begriff des Modells für Überlegungen zur technischen Bildung zu klären. Nebenbei bemerkt: Das Kapitel zur „Modellmethode im Technikunterricht“ ist in Band III der neuen Sammlung der Sachschen Schriften wieder verfügbar.

Was ist dort zu finden?

Modelle repräsentieren Aspekte der Wirklichkeit in einer bestimmten Charakteristik: Sie *bilden* etwas *ab*, ein Original. Sie bilden es nicht 1:1 ab, sondern *verkürzend*. Es werden Informationen des Originals weggelassen, andere *akzentuiert*. Verkürzung und Akzentuierung ergeben sich weder aus dem Original noch aus dem Modell heraus, sie sind Folge der *Intentionen* der Person, die das Modell bildet. Das verleiht jedem Modell einen *subjektiven Charakter*, auch wenn gerade Modellen oft eine Aura des Allgemeingültigen anhaftet: Bilden sie nicht das Essentielle in verdichteter Form ab?

Was aber ist das Essentielle, in unserem Beispiel beim Thema Boot? Da es eine technische Sache ist, müssen mindestens erkennbar werden ...

1. der zentrale Zweck, dem es dient;
2. die wesentlichen Umgebungsbedingungen, die seinen Einsatz bestimmen;
3. die wesentlichen Funktionselemente, mit denen die Zweckerfüllung unter den beschriebenen Bedingungen erreicht wird;
4. die Gestalt bzw. Form dieser Funktionselemente, damit Verbindungen zwischen der Gestaltung und der Funktion untersucht werden können. Mit ‚Form‘ ist hier nicht die äußere Kontur gemeint, sondern die konstruktive Struktur, die sich in der Form ausdrückt. Es ist geradezu

lernhinderlich, wenn ein Bootsrumpf aus einem Styrodurblock besteht, weil damit die konstruktiven Lösungen, die wegen des hohlen Rumpfes des Bootes erst erforderlich werden, nicht nötig sind.

Zweck, Umgebungsbedingungen und Funktionsteile, dargestellt in einer die konstruktive Lösung wiedergebenden Form – diese vier Faktoren werden hier als *Mindestanforderungen an Modelle zur Klärung technischer Sachverhalte* zusammengefasst.

Es bleibt beim Umgang mit Modellen im technischen Sachunterricht schwierig genug, dass der lebensweltliche Kontext in der Schule oft nicht direkt im Modell gegeben ist. Selbst wenn davon ausgegangen wird, dass die Zwecke aus dem Modell ‚herausgelesen‘ werden können, bleibt eine unterrichtspraktische Schwierigkeit, wie die Einsatzbedingungen des Bootes zugänglich gemacht werden können. Ein Schiffs- oder Bootmodell ohne Kenntnis, ob es dem Reisen, Transportieren, Sport oder Freizeitvergnügen auf einem See, Fluss oder Meer dient, klammert die Sinnzusammenhänge des Originals aus.

Positiv gewendet soll benannt werden, welche Funktionselemente die Modelle des Schulbuches in Abbildung 1 enthalten müssten, um an ihnen Lernprozesse zur Technik von Wasserfahrzeugen entfalten zu können?

- Bei einem Segelboot: Rumpf, Mast, Segel, Mastbaum, Seile samt Befestigungen und Steuerruder;
- bei einem Passagierdampfer: Rumpf, Maschinenraum und Schlot, Brücke und Kajüten, Deck, Anker, Trossen bzw. Seile samt Halterungen zum Festmachen, Landesteg;
- bei einem Frachtschiff: Rumpf, Brücke, Laderaum (bei Schüttgut mit Schotten bzw. Kammern), Anker, Trossen samt Halterungen (zum Festmachen);
- bei einem Motorboot: Rumpf, Motor mit Pinne, Sitzbank.

In der Folge führe ich das am Boot genauer aus, weil es als Realmodell im Unterricht leichter verfügbar ist als ein Schiff und weil vermutlich alle Grundschul Kinder eigene Erfahrungen mit Booten mitbringen. Sie kennen die Instabilität beim Einsteigen und ihre Sorge, dass durch Planken oder über die Bordkante Wasser eindringen könnte. Sollten sie selbst schon gerudert sein, kennen sie die Widerständigkeit beim Antrieb, aber auch die

Trägheit beim Lenken und Verlangsamten. Sollten sie schon einmal ein Steuerruder bedient haben, haben sie Erfahrungen damit, dass das Boot nach rechts fährt, wenn man die Pinne nach links bewegt und vieles mehr.

Wird nicht ein Boot als Ganzes erarbeitet, sondern ein bestimmtes Detail, entsteht das Problem des Einpassens des Gelernten in den Sinnzusammenhang. Mast und Segel machen nur als Teil einer Takelage und in Kombination mit einem Ruder Sinn. Besonders für jüngere Schülerinnen und Schüler sollte eine vollständige Sinneinheit am Anfang, im Zentrum und am Ende der Unterrichtseinheit entstehen. Ich spitze zu: Nur von dort aus können Zusammenhänge so erarbeitet werden, dass es nicht bei isoliertem, ‚trägem‘ Wissen bleibt.

Je nach leitender Fragestellung könnten solche Gesichtspunkte die Erarbeitung leiten:

- Aus welchen Teilen muss ein Boot mindestens bestehen?
- Wie sehen diese ‚Teile‘ aus und warum werden sie so gestaltet? Konstruktive Fragen brauchen strukturelle Übereinstimmung zwischen Modell und Original. Das kann die Form des Rumpfes betreffen (Auftrieb, Fahreigenschaften, Krängung), die Werkstoffe (Metall, Kunststoff und Holz) oder die Kombination aus Form und Werkstoff (Belastungen und Beanspruchungen).
- Wie wird ein Boot hergestellt? Produktionstechnische Fragen brauchen eine „Herstellungsidentität“ (Sachs 2021, S. 28) zwischen Modell und Realität. Hier sind das die Sandwich-, Laminat-, Planken- und Plattenbauweise.

Am schwierigsten sind nach meiner Einschätzung Handlungsübereinstimmungen zu erzielen. Wo es um das Antreiben und Steuern geht, müsste man schon eine Originalbegegnung herstellen, an kleinen Modellen lässt sich das kaum erkennen. Es wären auch digitale Medien denkbar. Ab Frühjahr 2023 können auf der Plattform „Schule 4.0“ Zusammenhänge zwischen Stellung des Segels, des Steuerruders und der Windrichtung eines Bootes spielerisch in einer Segelsimulation erprobt werden (s. Abbildung 6, abrufbar unter <https://www.schule4-0.de/blog/ps40-sailing-app/>) Für die Entwicklung des digitalen Mediums gilt den Studierenden der Hochschule der Medien Stuttgart für ihre kompetente Umsetzung mein herzlicher Dank.

Ein besonderer Dank sei dem Projektleiter Benedikt Gack ausgesprochen! Beobachtungen virtueller Darstellungen führen zu anderen Repräsentationen von Wissen als Realbegegnungen, die wären hier aber nur mit größtem Aufwand zu realisieren. Das digitale Medium ist deutlich realitätsnäher als Texte, Bilder oder Filme und es ermöglicht ausprobierende Interaktion mit einer Rückmeldung durch das Medium.

Modelle, die das Be- und Entladen von Frachtschiffen akzentuieren, habe ich mit Studierenden erprobt. Ein einfacher Kasten wurde zuerst als Ganzes mit Sand befüllt, anschließend wurden Trennwände eingesetzt und dann befüllt. Das dynamische Verhalten des Bootes beim Beladen wurde daran gut erkennbar. Das Entladen im Modellmaßstab ist so fern von realen Vorgängen, dass keine Unterstützung eines Verständnisses erwartbar ist. Monika Hennig baut auf diesem Problem eine Sequenz einer Fortbildung auf: Ein Kunststoffbecher wird in einem Wasserbecken mit Murmeln gefüllt und beobachtet, wie er sich dabei verhält. Von dort aus werden Auswege konstruktiv entwickelt. Das scheint mir eine gute Möglichkeit zu sein.



Abbildung 6

Screenshot „Segelanwendung für Grundschulen – the interactive sailing game“

Mit materiellen Modellen sind die Beeinflussungen physisch erfahrbar. Gleichwohl ist die Absicherung der (kognitiven) Modellbildung ein schwie-

riges Lehrunterfangen. Das Baummodell hilft, wenn es Handlungen ermöglicht bzw. einfordert, die strukturähnlich zu realen Umständen sind und direkt beobachtet werden können. Mit etwas mehr Distanz gehören dazu auch ‚Zeigehandlungen‘: *Zeige mir doch bitte einmal den Mast und den Mastbaum am Modell. ... Das konnte ich nicht genau sehen: Was genau ist der Mastbaum? Zeige, wo der Mastbaum festgemacht ist, damit sich das Segel nicht einfach frei im Wind bewegt.*

Materielle Modelle erlauben, den ständigen Wechsel aus Konkretion und Abstraktion *sichtbar zu machen*, der beim Bilden und Korrigieren einer Modellvorstellung erforderlich ist – und ihn *zu führen*. Das setzt mehrfache Wechsel zwischen den Modellebenen voraus: zwischen dem auf der Werkbank, dem im Kopf und der Realität außerhalb der Schule. Und es sei noch einmal betont: Modellhaft sind nicht nur Sachsysteme zu verstehen, sondern auch Handlungen und Verfahren.

## **5 Technischer Sachunterricht konkret**

Nun verpflichtet das Tagungsthema zur Konkretion. Wie kann in einem Unterricht in der Grundschule das Thema Boot konkret thematisiert werden?

Als Beispiel wähle ich das Herstellen eines Bootsrumpfes in Spanten- und Plankenbauweise aus. Der Unterrichtsprozess ist in Abbildung 7 zusammengefasst. Sie ist in drei Ebenen und innerhalb derer von links nach rechts zu lesen.

In der untersten Ebene sind die Elemente des Unterrichts abgebildet: links der Arbeitsauftrag, dem eine Recherche folgt, wie das bei echten Booten gemacht wird. Nun werden die Möglichkeiten in der Schule eruiert und erste Umsetzungsmöglichkeiten erprobt.

Dabei zeigen sich Schwierigkeiten wie ...

- das oben angesprochene Passungsproblem der an den Ecken abgerundeten Eisstiele;
- das Biegen von Holz;
- das Fixieren zu klebender Teile bis zur Endfestigkeit des Klebers;
- der Schutz der Arbeitsfläche.

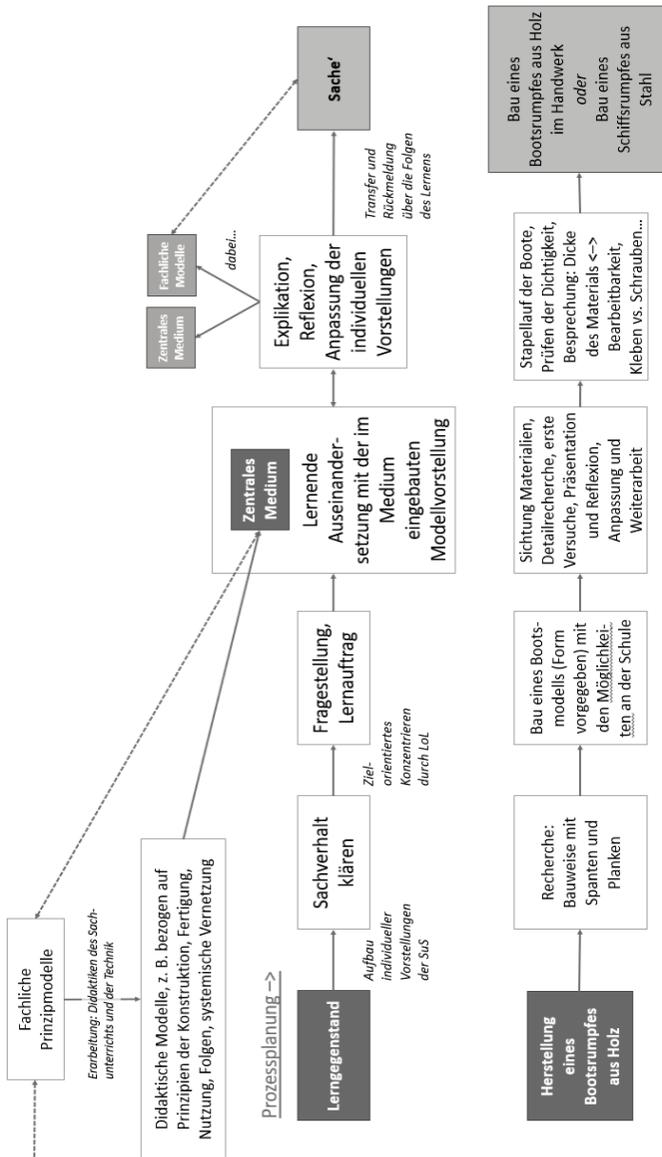


Abbildung 7  
 Unterrichtsstruktur „Herstellung eines Bootes in Spantenbauweise“

Die Phase des Stapellaufs (vorletztes Element der unteren Ebene in Abbildung 7) ist essentiell. Er wird als Erlebnis inszeniert – so wie im Leben außerhalb der Schule auch. Die Schülerinnen und Schüler testen ihr Modell schon in der vorhergehenden Phase, sodass Enttäuschungen beim Stapellauf minimiert werden können. Neben dem ‚Event‘ müssen die Schwierigkeiten und die Lösungen zur Sprache gebracht werden, auch weil nun ein entscheidender Impuls zur vertiefenden Recherche folgt: Kämpft vielleicht auch der professionelle Bootsbau mit ähnlichen Problemen? Es gibt zahlreiche Videos, wie Boote im Handwerk (z. B. aus der Reihe „Handwerkskunst“ des SWR die Folge „Wie man ein Boot baut“, abrufbar unter <https://www.swrfernsehen.de/handwerkskunst/aexavarticle-swr-82562.html>) und Schiffe auf Werften gebaut werden. Was dort an Informationen enthalten ist, können die Schülerinnen und Schüler in ihre eigenen Handlungserfahrungen einordnen. Voraussetzung ist, dass der Abgleich versprachlicht wird.

Die mittlere Ebene in Abbildung 7 komprimiert den Unterrichtsprozess zu einer modellhaften didaktischen Struktur und verdeutlicht die Funktion der einzelnen Unterrichtsphasen. Erarbeitende Unterrichtsgespräche sind keine ‚Störung‘ der Kinder, sondern Voraussetzung, dass Lernen zielgerichtet stattfinden kann und die freudebringende Arbeit nicht in bloßes Basteln abgeleitet. Diese Gefahr ist ernstzunehmen, weil die Arbeit am materiellen Modell für Kinder drängender ist als die am kognitiven Modell. Die Unterrichtsgespräche sollten wiederholt die Differenz zwischen dem eigenen Baumodell und dem Vorbild beleuchten, damit den Schülerinnen und Schülern bewusst wird, dass sie – auf spannende Weise – etwas über Technik jenseits des Klassenraums lernen.

Auf der obersten Ebene des Schemas wird die Vorarbeit benannt, die die Lehrerinnen und Lehrer im Vorfeld leisten müssen. Sie müssen sich sachbezogenes Wissen aneignen und zu Modellen der Sache ausarbeiten. Darüber hinaus müssen sie daraus ein didaktisches Konzept entwickeln. Dazu können sie auf die Modellbildungen der Technikdidaktik zurückgreifen, die reichhaltig publiziert sind.

Eine Veröffentlichung, die die technische Perspektive auf den Bootsbau hilfreich darstellt, ist online zugänglich. Es handelt sich um Fortbildungsunterlagen von Monika Zolg (o. J.) mit dem Titel „Bootsbau – didaktische Überlegungen Klasse 1–4.“

Wenn so vorgegangen wird, wird das Praktische im technischen Sachunterricht gleichzeitig zu einer Erschließungsform des Theoretischen von Technik – ein didaktischer Grundsatz, den die Lehr-Lernmittelverlage dringend besser berücksichtigen sollten. Besonders im Sachunterricht ist das essenziell, weil dort viele Lehrerinnen und Lehrer technische Themen nur mit ihrem Alltagswissen bestreiten können. Spezifisch technisches Wissen und Können fehlt ihnen genauso wie technikdidaktisches.

Dann wird das Boot vielleicht wieder ein Thema, das nicht nur beliebt ist wegen seines Spaßpotentials, sondern weil dabei auch brauchbares Wissen gelernt wird.

## Literatur

- Binder, Martin (2017): Technische Gestaltung als Inhalt Technischer Bildung. In: tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht 42 (164), S. 5–14.
- Binder, Martin; Wiesmüller, Christian (2020): Praktisch lernen? Wie anders! Zum Verhältnis von Theorie und Praxis im Sachunterricht am Beispiel „Technik“. In: Ulrich Hecker, Maresi Lassek und Jörg Ramseger (Hg.): Über die Fächer hinaus: Prinzipien und Perspektiven. Frankfurt a. M.: Strube (Beiträge zur Reform der Grundschule, 151), S. 158–167.
- DGTB (Hg.) (2018): Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Grundsatzpapier Nr. 1. Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung. Berlin. [https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/09/Grundsatzpapier-Nr\\_1\\_04-08-2018-final.pdf](https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/09/Grundsatzpapier-Nr_1_04-08-2018-final.pdf), (Abfrage: 05.07.2020)
- GDSU (Hg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarb. und erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Herrmann, Ulrich (Hg.) (2020): Neurodidaktik. Grundlagen für eine Neuropsychologie des Lernens. 3. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz (Beltz Pädagogik).

- Kahlert, Joachim (2005): Der Sachunterricht und seine Didaktik. 2. überarb. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Studientexte zur Grundschulpädagogik und -didaktik).
- Klafki, Wolfgang (1996): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 4. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Köhnlein, Walter (1998): Grundlegende Bildung – Gestaltung und Ertrag des Sachunterrichts. In: Brunhilde Marquardt-Mau und Helmut Schreier (Hg.): Grundlegende Bildung im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 27–46.
- Möller, Kornelia; Tenberge, Claudia; Zieman, Uwe (1996): Technische Bildung im Sachunterricht. Eine quantitative Studie zur Ist-Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen. Münster: Inst. für Forschung und Lehre für die Primarstufe, Abt. Didaktik des Sachunterrichts.
- Neuweg, Georg Hans (2008): Grundlagen der Lehrer/innen/Kompetenz. In: *Odgojne znanosti* 1 (10), S. 13–22. <https://www.researchgate.net/publication/228723237>
- Niermann, Anne (2017): Professionswissen von Lehrerinnen und Lehrern des Mathematik- und Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (Klinkhardt Forschung).
- Sachs, Burkhard (2021): Grundlinien einer kritischen Theorie technischer Bildung. Texte zur Technikdidaktik aus 50 Jahren in fünf Durchgängen. 3 Bände. Hg. v. Martin Binder und Christian Wiesmüller. Hohengehren: Schneider Verlag (3).
- Sachs, Burkhard; Fies, Helmut (1977): Baukästen im Technikunterricht. Grundlagen u. Beispiele. 1. Aufl. Ravensburg: Maier.
- Schmayl, Winfried (2019): Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. 3. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Sascha Müller und Stefan Kruse

# **Entwicklung eines Augmented Reality-Lernspiels für die Nachhaltigkeitsbildung mit Schwerpunkt Mikroplastik**

## **1 Einleitung**

Das interdisziplinäre Projekt ARTiste, in dem an der Pädagogischen Hochschule Weingarten die Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Technik eng mit der Mediendidaktik zusammenarbeiten, um den Einsatz von Augmented Reality (AR) in der Bildung zu erforschen, wurde bereits im vergangenen Jahr (2021), anhand eines Posters, auf der Jahrestagung der DGTB vorgestellt.

Während für die Entwicklung von Lernvideos, Animationen und auch VR (Virtual Reality) teils sehr umfangreiche Gestaltungskriterien existieren (Johnson-Glenberg, 2018; Mayer, 2014), stellt sich die Forschungslage zu AR als Lernmedium als diffus dar. Meist wird in Empfehlungen auf allgemeine mediendidaktische Gestaltungskriterien hingewiesen, oder es werden bewährte Konzepte aus der Erfahrung mit etablierten Medien übertragen (Dunleavy, 2014; Sommerauer & Müller, 2018).

## **2 Projektaufbau**

Ziel des Projekts ist deshalb die empirische Erarbeitung von Gestaltungsparametern, die sowohl als Leitlinie für die Entwicklung von Lernszenarien dienen sollen, als auch bei der Evaluation von bestehenden AR-Anwendungen eine Hilfestellung geben können.

Strukturell wird von ARTiste der Ansatz des Design-Based Research (DBR) verfolgt. Thematisch werden dabei die Fachdidaktiken der Biologie, Chemie und Technik durch die Sustainable Development Goals (United Nations,

## Entwicklung eines Augmented Reality-Lernspiels für die Nachhaltigkeitsbildung ...

2016) vereint (s. Abb. 1). Damit verortet sich ARTiste im Bereich BNE (Bildung für nachhaltige Entwicklung) und fokussiert hier den Themenkomplex Kunststoffwirtschaft und dabei insbesondere das daraus resultierende Mikroplastikproblem (Barnes et al., 2009), was eine vielversprechende Grundlage für die interdisziplinäre Behandlung darstellt.

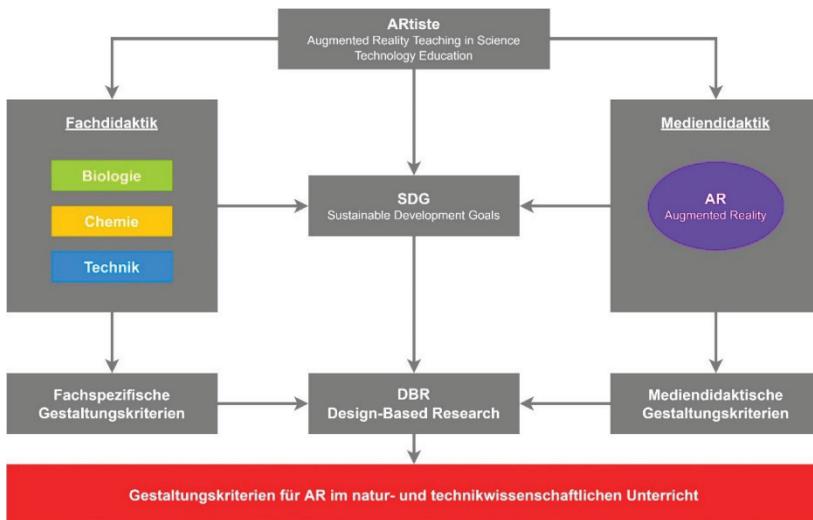


Abbildung 1  
Schematischer Projektaufbau

### 3 Fragestellung

Wie im Abschnitt zuvor erwähnt wurde, bestehen immer noch erhebliche Forschungslücken, wenn es um die Frage geht, wie eine AR gestaltet sein sollte, um damit didaktische Ziele erreichen zu können. Zu den didaktischen Zielen des Projekts gehören sowohl die Vermittlung von deklarativem Wissen zum Thema Mikroplastik, als auch eine Sensibilisierung zu Themen der Nachhaltigkeit. Hinzu kommt die Frage, inwiefern sich Motivation, Selbstwirksamkeitserwartung und Engagement durch die Anwendung bestimmter Gestaltungsparameter einer AR modulieren lassen und wie sich die Berücksichtigung dieser Gestaltungsparameter auf die kognitive Belastung der Lernenden auswirkt.

#### 4 Methodisches Vorgehen

Aufbauend auf einem Review-Paper im Bereich AR in der natur- und technikwissenschaftlichen Bildung, wurden vom Projektteam literaturbasiert sieben Parameter definiert, die eine gelungene AR-Anwendung ausmachen können (Krug et al., 2021, S. 52–58). In einem nächsten Schritt wurde aus diesen Parametern ein Bewertungsraster entwickelt, mit dessen Hilfe eine umfangreiche Analyse bestehender AR-Anwendungen durchgeführt wurde. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die untersuchten Parameter in AR-Anwendungen in sehr unterschiedlichen Ausprägungen berücksichtigt werden.

Um die Güte der Parameter genauer zu untersuchen, wurde daraufhin ein spezielles Lernszenario entwickelt, in dessen Zentrum ein AR-Lernspiel steht (s. Abb. 2), bei dessen Konzeption auf die definierten Parameter geachtet wurde (Krug et al., 2022). Die Entscheidung für ein Lehr-/Lernszenario, im Format des Game-Based Learning (GBL), gründet u. a. auf der Erkenntnis, dass Spielelemente häufig Teil erfolgreicher AR-Anwendungen sind (Krug et al., 2022, S. 312–318). Zudem zeigen Studien (Qian & Clark, 2016) positive Auswirkungen des GBL auf Lernerfolg, Verhalten, Einstellung, Motivation und Kollaboration.

Das Lernspiel und das sich darum herum entwickelnde Lehr-/ Lernszenario bilden die Grundlage für den iterativen Prozess von Entwicklung und Evaluation, auf den sich das DBR stützt.

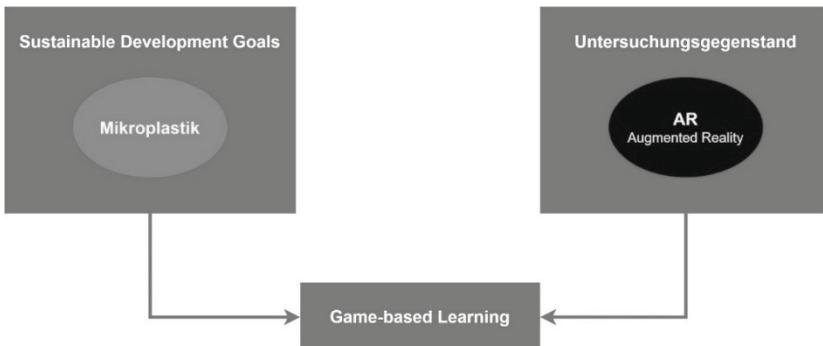


Abbildung 2  
Verbindung der Projektschwerpunkte

Um die Intervention in einen lebensweltlichen Bezug zu setzen, wurde bei der Konzeption des Lernspiels ein alltäglicher Einkauf als erzählerischer Hintergrund gewählt. Das Lernspiel besteht aus einem physischen Spielbrett, das um digitale Inhalte erweitert wurde, die über das Display eines Tablets angezeigt werden. Während die Lernenden sich durch Würfeln ihren Weg über das Spielfeld bahnen, gelangen sie immer wieder an Entscheidungspunkte, an denen interaktive AR-Szenarien Informationen zu den Lerninhalten rund um das Thema Mikroplastik liefern.

## 5 Ergebnisse

Um die Spielidee grundsätzlich auf ihre Spielbarkeit hin zu überprüfen, wurde vorab eine formative Evaluation der geplanten Spielmechanik durchgeführt (s. Abb. 3). Diese stellt nach Schell (2015, S. 52) ein zentrales Element eines jeden Spiels dar, da diese Mechanik das ist, was aus einem Spiel erst ein Spiel macht. Die Spielmechanik manifestiert sich dabei in den Spielregeln, die festlegen, welche Handlungen den Spielenden erlaubt oder untersagt sind. Vereinfacht gesagt kann das Spiel mit einem Werkzeug, z. B. einer Säge, verglichen werden, deren Funktionsprinzip auf einer bestimmten Mechanik beruht. Damit die Säge ihren Zweck erfüllen kann, muss sie auf eine Weise geführt werden, die dieser Mechanik entspricht, es gelten sozusagen gewisse Spielregeln. Kurz gesagt, um ein Stück Holz abzulängen, muss mit der Säge gesägt und nicht gehämmert werden. Genauso muss mit dem Würfel gewürfelt werden, damit die Spielfigur bewegt werden darf.

Die Ergebnisse dieser Evaluation wurden in einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet, wodurch Optimierungen der Spielmechanik vorgenommen werden konnten. Zu beachten ist, dass es hierbei zunächst nicht um eine Erhebung didaktischer Qualitäten geht, sondern eine reine Überprüfung der Spielbarkeit, weshalb sich die Fragen des teilstandardisierten Interviews, für diese Evaluation auf entsprechende Parameter zur Erhebung der Spielmechanik stützten (Desurvire, Caplan & Toth, 2004, S. 1509–1512; Korhonen & Koivisto, 2006, S. 9–16). In einer weiteren formativen Evaluation wurden Usability und Technologieakzeptanz erhoben

(Holden & Rada, 2011), um auch hier frühzeitiges Feedback der Zielgruppe zu erhalten.

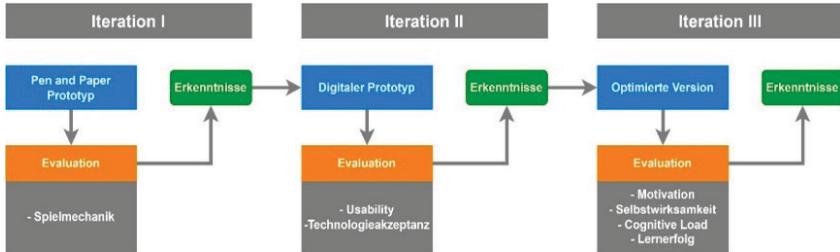


Abbildung 3  
Projekttablauf

## 6 Ausblick

Durch diese kontinuierlichen Verfeinerungen steht mittlerweile ein funktionstüchtiger Prototyp zur Verfügung, der in den kommenden Wochen weiteren, eingehenden Evaluationen unterzogen wird (s. Abb. 3). Erhoben wird dafür die Auswirkung auf die Einstellung der Lernenden zu den behandelten Themen der Nachhaltigkeitsbildung, der Wissenserwerb, mögliche Einflüsse auf die Selbstwirksamkeitserwartung bei der Nutzung digitaler Medien (Compeau & Higgins, 1995, S. 118–143), sowie Motivation (Wilde et al., 2009, S. 31–45), Engagement (O'Brien, Cairns & Hall, 2018, S. 28–39) und die kognitive Belastung (Paas & van Merriënboer, 1994, S. 51–71) während des Spiels.

## Literatur

- Barnes, David; Galgani, Francois; Thompson, Richard & Barlaz, Morton (2009): Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), 1985–1998.
- Compeau, Deborah & Higgins, Christopher (1995). Application of Social Cognitive Theory to Training for Computer Skills. Information Systems Research, 6(2), S. 118–143. <http://dx.doi.org/10.1287/isre.6.2.118>

**Entwicklung eines Augmented Reality-Lernspiels für die Nachhaltigkeitsbildung ...**

- Dunleavy, Matt; Dede, Chris & Mitchell, Rebecca (2014): Design Principles for Augmented Reality Learning. In: *TechTrends*, 58, S. 28–34.
- Desurvire, Heather; Caplan, Martin & Toth, Jozsef (2004). Using heuristics to evaluate the playability of games. *CHI EA '04, Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, S. 1509–1512.
- Holden, Heather & Rada, Roy (2011): Understanding the Influence of Perceived Usability and Technology Self-Efficacy on Teachers' Technology Acceptance. In: *JRTE*, 43(4), S. 343–367.
- Johnson-Glenberg, Mina (2018): Immersive VR and Education: Embodied Design Principles That Include Gesture and Hand Controls. In: *Robot. AI*, 5(81). <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>
- Korhonen, Hannu & Koivisto, Elina (2006). Playability heuristics for mobile games. *MobileHCI '06: Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, S. 9–16.
- Krug, Manuel; Czok, Valerie; Weitzel, Holger; Müller, Wolfgang & Huwer, Johannes (2021): Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Review. In: Nicole Graulich, J. Huwer, & A. Banerji (Hg.), *Digitalisation in Chemistry Education: Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie*, S. 52–58. <https://doi.org/10.31244/9783830994183>
- Krug, Manuel; Czok, Valerie; Müller, Sascha; Weitzel, Holger; Huwer, Johannes; Kruse, Stefan & Müller, Wolfgang (2022): Ein Bewertungsraster für Augmented Reality Lehr-Lernszenarien im Unterricht. In: *CHEMKON 2022*, 29, S. 312–318. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200016>
- Mayer, Richard (2014): *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). Cambridge: University Press.
- O'Brien, Heather, Cairns, Paul & Hall, Mark (2018). A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form. *International Journal of Human-Computer Studies*, 112, S. 28–39, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.004>

- Paas, Fred, & van Merriënboer, Jeroen (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6, S. 51–71.
- Qian, Meihua & Clark, Karen (2016): Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. In: *Computers in Human Behavior*, 63, S. 50–58.
- Schell, Jesse (2015): *The Art of Game Design. A Book of Lenses* (2. Aufl.). Boca Raton, London, New York: CRC Press.
- Sommerauer, Peter & Müller, Oliver (2018): Augmented Reality for teaching and learning – A literature review on theoretical and empirical foundations. In: *European Conference on Information Systems*.
- United Nations (2016, 15. April) (Hrsg.): Sustainable Development Goals. <https://sdgs.un.org/goals> (Abfrage: 19.03.2022).
- Wilde, Matthias; Bätz, Katrin; Kovaleva, Anastassiya & Urahne, Detlef (2009). Testing a short scale of intrinsic motivation. *ZfDN*, 15, S. 31–45.

Jan Landherr und Dani Hamade

## **Das Thema Robotik am Beispiel des Dobots**

– Medium und Unterrichtsgegenstand

### **1 Einleitung**

Die Roboter, die uns in Filmen, Computerspielen und der Literatur begegnen, sind intelligent, dem Menschen in Kraft und Geschwindigkeit überlegen und potenziell bedrohlich. Die Roboter, die uns im Alltag begegnen, sind demgegenüber nicht unbedingt mit diesen Attributen gesegnet, sie scheinen in ihrer Emanation als Staubsauger- oder Mähroboter einen größeren Hunger auf Rucksäcke, Kleidungsstücke oder Blumenbeete zu haben als den unbedingten Willen zur Weltherrschaft. Es gibt also offensichtlich eine Diskrepanz zwischen dem, was Roboter zurzeit können und wofür sie eingesetzt werden, und der medialen Repräsentation, die Roboter in Filmen, Comics oder Computerspielen mal als intelligente Freunde des Menschen zeigen und mal als dystopische, emotionslose Bedrohung menschlicher Existenz.

Im folgenden Beitrag wird das Projekt „Robonatives“ vorgestellt, das zurzeit an niedersächsischen Oberschulen und Gymnasien durchgeführt wird. Der Projekttitel verrät bereits, dass mit der aktuellen Generation Kinder und Jugendliche heranwachsen, für die das Thema Robotik keine reine Science-Fiction ist. In Analogie zu den „Digital Natives“ formuliert der Begriff der Robonatives die Erwartung an „[...] Menschen, welche mit Robotern ohne Berührungsängste umgehen und arbeiten können“ (<https://robokind.de/>). Diese Aussage korrespondiert mit der steigenden Bedeutung, die Roboter in der Wirtschaft und im Privaten spielen werden. Hatte es in den 1990er Jahren einen Investitionsstopp gegeben, der vor

allem darauf zurückzuführen ist, dass in die Arbeitsorganisationsentwicklung und nicht in die Erforschung und Weiterentwicklung von Robotern investiert wurde, so „[wird es mit] der nachgiebigen Kraft/Momentenregelung [sic! ...] möglich, Roboter hinter den Zäunen hervorzuholen. Dank neuer Sicherheitsmerkmale, wie Kraftsensoren in Gelenken und berührungsempfindlicher Haut, kommen Roboter neben Menschen zum Einsatz“ (Vincze 2017). Die steigende Bedeutung von robotischen Systemen in der industriellen Produktion zeigt sich daran, dass sich ihre Anzahl zwischen 2011 und 2021 auf ca. 3,5 Millionen verdreifacht hat (vgl. IRF 2022). Mit einem Umsatz von 16,91 Milliarden Euro ist die Robotik- und Automatenbranche zudem ein wichtiger Wirtschaftszweig (vgl. Tractica 2019), der laut Frank Konrad vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland 2022 Hochkonjunktur hat (vgl. VDI-Nachrichten 2022). Der größte deutsche Robotikbauer KUKA hat in diesem Jahr einen prognostizierten Umsatz von 3,2 Milliarden Euro (vgl. KUKA 2022).

Über die Anwendung in der Industrie hinaus zeigt eine Umfrage von forsa im Auftrag des BMBF, dass sich schon heute 83 Prozent der Befragten vorstellen können, einen Roboter im Haushalt zu nutzen, um im Alter länger in der eigenen Wohnung verbleiben zu können. 76 Prozent glauben daran, dass Roboter in der Zukunft eine wichtige Rolle im Alltag spielen werden, und 80 Prozent der Befragten würden sich im Haushalt von einem Service-Roboter unterstützen lassen (BMBF 2016).

In der Auseinandersetzung mit Robotik im Technikunterricht ergeben sich durch die Ausweitung der Einsatzgebiete von Robotern über den industriellen Einsatz auf den häuslichen Bereich neue thematische Impulse. Der folgende Beitrag stellt dar, weshalb das Thema Robotik aus Sicht der Fachdidaktik der Technik relevant ist und wie mithilfe der Erhebung von Schülervorstellungen die unterrichtlichen Schwerpunkte erarbeitet werden können.

## **2 Das Projekt Robonatives – Mensch-Roboter-Kollaboration**

Im Rahmen des Masterplans Digitalisierung des Landes Niedersachsen werden im Projekt Robonatives der „Landesinitiative n-21“ Technologie-labore an 54 allgemeinbildenden Schulen ausgestattet. Hinzu kommen sog.

Innovations- und Zukunftszentren an berufsbildenden Schulen, hiervon sieben zum Thema Robotik und vier zum Thema Pflege. Begleitet wird das Projekt durch die Kompetenzzentren Robotik an den drei Standorten Oldenburg (Arbeitsgruppe Technische Bildung der CvO-Universität und der Jade Hochschule), Hannover (Leibniz Universität) und Osnabrück (Hochschule). Ziel des Vorhabens ist es, Robotik langfristig in den Unterricht der Schulen zu implementieren. Daher wurden laut Vorhabensbeschreibung die Schulen mit der Beschaffung von Robotiksystemen beauftragt, die aus Projektmitteln refinanziert wurden.

Um die Implementierung planvoll und den Projektzielen entsprechend zu gestalten, werden die Schulen durch die Kompetenzzentren dabei unterstützt, die curriculare Entwicklung zur langfristigen Integration in die schuleigenen Lehrpläne voranzutreiben. Dazu werden die Lehrkräfte in Fortbildungen in der Nutzung der Roboter, der Arbeitssicherheit, ethischen und sozialen Fragestellungen und der Konzeption von Lernsituationen geschult. Dadurch soll eine langfristige, über die Projektlaufzeit (von 24 Monaten) hinausgehende Etablierung der Thematik in die Unterrichtsangebote der Schulen erreicht werden. Übergeordnetes Ziel ist es, „[...] eine MINT-Orientierung der Lernenden zu fördern und diese angemessen auf die Arbeitswelt in der Industrie 4.0 vorzubereiten“ (Landesinitiative n-21 2020, 2), da „[der] kompetente, kritische, kooperative und gestalterische Umgang mit digitalen Technologien [...] zu einer Grundvoraussetzung für die Teilhabe an der Gesellschaft und am Berufsleben geworden“ (ebd.) sei.

Aufgabe der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg ist die Einbringung technikdidaktischer Expertise für allgemeinbildende Schulen und die Durchführung der Fortbildungen im Nordwesten Niedersachsens (für die anderen Gebiete übernehmen dies die Hochschulen Hannover sowie Osnabrück). Dazu wurden in Zusammenarbeit mit der Jade Hochschule Oldenburg die Inhalte der Fortbildungen ausgearbeitet und an den Bedarfen der Lehrkräfte angepasst. Geplant sind 14 thematisch aufeinander aufbauende Fortbildungsmodule, an denen die Lehrkräfte der kooperierenden Schulen teilnehmen. Hier werden die grundlegenden Fertigkeiten und Kenntnisse im Umgang mit den robotischen Systemen vermittelt und Unterrichtsmaterialien sowohl vorgestellt als auch gemeinsam erarbeitet.

### 3 Der Dobot als technisches System

Von den kooperierenden Schulen wurde in großer Mehrheit der Dobot Magician (S. Abb. 1) beschafft, ein Desktoproboter, der in Aussehen und Funktion einem Industrieroboter nachempfunden ist. Es handelt sich um einen für den Bildungsbereich konzipierten, jedoch auch für Kleinserien in kleinen und mittleren Unternehmen geeigneten Leichtbauroboter, der mit verschiedenen Endeffektoren ausgestattet werden kann. Im Basisset wird der Dobot (Abbildung 1) mit einem Unterdrucksauggreifer, einem pneumatischen Zweipunktgreifer sowie Aufsätzen für den 3D-Druck geliefert. Zur erweiterbaren Peripherie zählen ein Förderband (mit Farbsensor und Lichtschranke), eine Kamera für die Objekterkennung sowie eine Linearachse. Der Dobot eignet sich dadurch in seiner Grundkonfiguration vor allem für Pick and Place-Aufgaben, bei denen Gegenstände (z. B. farbige Würfel) aufgenommen und abgelegt werden. Zudem bieten die deutschen Anbieter sog. Lernpakete an, die den Funktionsanfang durch zusätzliche Endeffektoren erweitern (Gabelzinken, Flüssigkeitspumpe).

*Abbildung 1*  
Dobot Magician  
(Quelle: Eigene Darstellung)



Durch die Kombination des Dobot mit den Endeffektoren, der Sensorik und der Peripherie lassen sich im Unterricht verschiedene Anwendungsbeispiele aus der industriellen Produktion realisieren. So können mit den Lernpaketen Fertigungsstraßen simuliert oder durch die Integration eines Objekterkennungssystems Sortieraufgaben erledigt werden. Mithilfe einer zusätzlichen Platine können mehrere Dobot miteinander gekoppelt werden, sodass eine vernetzte Produktion aufgebaut werden kann. Mit dem Dobot lassen sich so Lernszenarien konzipieren, die dem Projektziel, der MINT-Orientierung und der Vorbereitung auf die beruflichen Anforderungen von Industrie 4.0, entsprechen und zum Beispiel anknüpfungsfähig an die vorberufliche Orientierung im mehrperspektivischen Technikunterricht sind (Vgl. Sachs 1992, S. 11).

Inwiefern dies einen „[...] kompetenten, kritischen, kooperativen und gestalterischen Umgang mit digitalen Technologien“ (Landesinitiative n-21 2020, 2) fördern soll, wird im vierten Kapitel erörtert. Zunächst wird es darum gehen, wie durch die Ermittlung von Schülervorstellungen Ansatzpunkte für die unterrichtliche Auseinandersetzung ausgemacht werden können. Dies kann besonders dann von Interesse sein, wenn die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler stark vom wissenschaftlich-technischen Standpunkt abweichen.

#### **4 Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zur Robotik**

Die Implementierung des Dobot in den Unterricht sollte unter konstruktivistischen Gesichtspunkten erfolgen, welche unter anderem vorsehen, dass das Vorwissen und die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern berücksichtigt werden. Eine Grundvoraussetzung, um diese Aufgabe sinnstiftend umzusetzen, ist die Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter. Schülervorstellungen, welche durch Alltagssituationen geprägt sind und insbesondere in Bezug auf Roboter nur selten im Einklang mit der fachlich korrekten Beschreibung stehen, üben im schlimmsten Fall einen negativen Einfluss auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler aus (vgl. Schecker et al. 2015, S. 5). Es gilt daher, die Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter empirisch zu erschließen und einer vorangegangenen hermeneutisch-analytischen Auseinandersetzung mit den

dazugehörigen fachwissenschaftlichen Theorien gegenüberzustellen (vgl. Kattmann et al. 1997, S. 9). Auf diese Weise können Dissonanzen, aber auch Synergieeffekte identifiziert werden, sodass Handlungsempfehlungen für den Unterricht abgeleitet werden können. Bevor sich also mit konkreten Unterrichtsinhalten und Bildungsdimensionen im Hinblick auf die Robotik auseinandergesetzt werden kann, ist es unabdingbar, zu analysieren, was Schülerinnen und Schüler über Roboter denken und woher diese Vorstellungen stammen.

Hierzu wurden im Rahmen des Projekts erste qualitativ-rekonstruktive Untersuchungen angestellt, anhand derer Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter identifiziert und diskutiert wurden (vgl. Hamade 2022). Dabei wurden Schülerinnen und Schüler im Alter von 12–13 Jahren im Hinblick auf ihre Vorstellungen zu Robotern interviewt. Besonders wichtig war, dass die Lebenswelten der Schülerinnen und Schüler, in denen Filme und Videospiele eine immer größere Rolle einnehmen (vgl. DAK 2019, S. 1), in den Interviews Berücksichtigung fanden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich eben genau wie erwartet Berührungspunkte mit Robotern durch Filme und Videospiele ergeben, während im realen Alltag häufig Erfahrungen mit Haushaltsrobotern wie Staubsaugern oder Rasenmähern gemacht werden. Daraus wurde ein differenziertes, deduktiv-induktiv erschlossenes Kategoriensystem mit Haupt- und Subkategorien entwickelt, welches sich wie folgt gliedert:

- Allgemeine Vorstellungen zu Robotern: Roboter sind autonom, die Bewegung macht Roboter besonders, Roboter sind menschenähnlich, reale Erfahrungen mit Robotern, Roboter können sprechen.
- Roboterarten: Rasenmäh- und Staubsaugerroboter, Industrieroboter, humanoide Roboter.
- Roboter aus Filmen und Videospiele: Roboter aus Videospiele, Fähigkeiten der Filmroboter, Abgrenzung Realität vs. Fiktion, humanoide Roboter aus Filmen.
- Einsatzgebiete von Robotern: Medizin/Pflege, Service, Haushalt, Militär/Polizei, Industrie.
- Bewegungsmöglichkeiten: Bewegung mit Beinen, Bewegung mit Rollen/Rädern, Bewegung durch Elektromotoren, Antrieb durch Verbrennung.

- Umgebungswahrnehmung: Schallwellen, Kameras als „Sehorgan“ der Roboter, klare Raumdefinition durch das Programm, „Scannervorstellung“.
- Lernfähigkeit von Robotern: Lernen durch Kommunikation, Lernen durch Programmierung, Speichern als „Dazulernen“, Roboter lernen wie Kinder.
- Kommunikation mit Robotern: Sprachbefehle, Übersetzung Programmiersprache/Maschinensprache, Fernsteuerung.

Aufgrund der geringen Stichprobe (N=14) soll und kann hier kein Anspruch auf Vollständigkeit und Übertragbarkeit auf die Allgemeinheit gestellt werden. Vielmehr stellen die Ergebnisse einen ersten Eindruck darüber dar, inwiefern Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Robotern vertraut sein und wie verschiedene allgemeine, aber auch technische Aspekte interpretiert werden können.

Grenzt man die Zielsetzung auf den Einsatz des Dobots im Kontext industrieller Robotersysteme im Unterricht ein, sind nicht alle Kategorien von Relevanz. Bei ganzheitlicher Auseinandersetzung mit dem Gebiet der Robotik nehmen viele der Kategorien allerdings eine zentrale Rolle ein. Es soll nun konkret darum gehen, inwiefern Schülervorstellungen eine Rolle für die Einbindung des Dobot Magician in den Unterricht spielen. Hierzu werden ausgewählte Schülervorstellungen zitiert und konkrete, mögliche unterrichtliche Konsequenzen in reduzierter Form dargestellt.

Die erste Kategorie, in der sich Dissonanzen ergeben haben, ist die der Bewegungsmöglichkeiten. Schülerinnen und Schüler sind, wie die zwei folgenden Beispielpassagen zeigen, häufig der Ansicht, dass sich Roboter frei bewegen können und häufig auch uneingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten haben.

„Zum Beispiel Roboter, die können sich halt so richtig bewegen und überall hingehen und so.“ (B06, Pos. 29)

„Ja auf jeden Fall, dass die ziemlich eingeschränkt sind, also die Maschinen. Weil Roboter können sich meistens ziemlich frei bewegen denke ich.“ (B04, Pos. 35)

Diese Vorstellung rührt häufig aus Roboterdarstellungen in Filmen. Bezugnehmend auf den Dobot würde schnell klar, dass verschiedenen Roboterarten unterschiedliche Grenzen gesetzt sind, beim Dobot sind es lediglich vier Freiheitsgrade. Zusätzlich dazu ist der Arbeitsraum aufgrund der stationären Auslegung des Dobots eingeschränkt. Er kann in einem Aktionsradius von  $180^\circ$  agieren und ist zusätzlich in der Z-Achse beschränkt (siehe Abbildung 2).

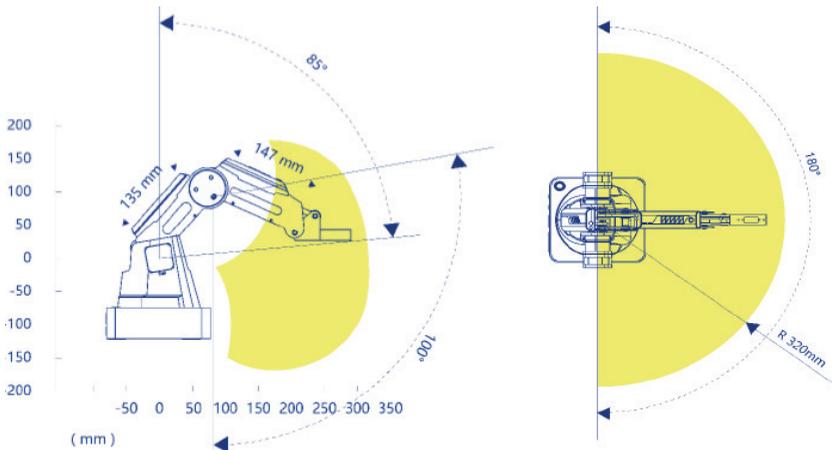


Abbildung 2

Arbeitsbereich des Dobot Magicians in der Drauf- und Seitenansicht. Quelle: Dobot Magician User Guide (2019, S. 25)

Der Arbeitsbereich des Dobots sollte demnach zum konkreten Unterrichtsgegenstand gemacht werden und die Schülerinnen und Schüler sollten die Grenzen des Dobots, welche durch den stationären Aufbau und der unter anderem damit einhergehenden Anzahl der Freiheitsgrade des Roboters bedingt sind, im direkten Umgang durch manuelle Steuerung des Roboters erfahren. Die Schülerinnen und Schüler werden schnell zu der Erkenntnis kommen, dass dem Dobot Grenzen gesetzt sind, da beispielsweise das Interface Fehlermeldungen ausgibt, die zu thematisieren sind. Diese Herangehensweise führt nicht zwangsweise zu einem lernwirksamen kognitiven Konflikt. Allerdings kann so ein kontinuierlicher Lernweg verfolgt

werden, da die Grenzen des Arbeitsbereiches in der gesamten Auseinandersetzung mit dem Dobot eine Rolle spielen werden. Außerdem sollte ein Vergleich der Freiheitsgrade in Bezug auf Roboter stattfinden, die derzeit in der Industrie eingesetzt werden (häufig mit mindestens sechs Freiheitsgraden).

Die zweite Kategorie, welche im Hinblick auf den Dobot eine entscheidende Rolle spielt, ist die Kommunikation mit Robotern. Eine hier häufig auftretende Vorstellung bei Schülerinnen und Schülern ist, dass man die Umgebung des Roboters in Form einer dreidimensionalen Zeichnung vorgeben muss, sodass er sich darin orientieren kann:

„Also irgendwie muss der ja die Sprache verstehen. Wie bei dem 3D-Drucker zum Beispiel. Also muss man da auch irgendwie eine Skizze machen und dann einfach loslegen und auf Start drücken, das ist bei Robotern auch so, nur, dass man den Raum dann zeichnet, in dem er zum Beispiel ist.“ (B12, Pos. 93)

Eine Strategie zum Umgang mit dieser Vorstellung in Bezug auf den Dobot ist die Bezugnahme zur sogenannten offline-Programmierung von Robotern. Es kann somit an diese falsche Ansichtsweise angeknüpft werden, da es durchaus möglich ist, die Roboterumgebungen innerhalb einer Software wie beispielsweise RoboDK (siehe Abbildung 3) zu simulieren, allerdings besteht die letztliche Ausführung immer darin, die Koordinaten Zeile für Zeile im Programm einzupflegen.

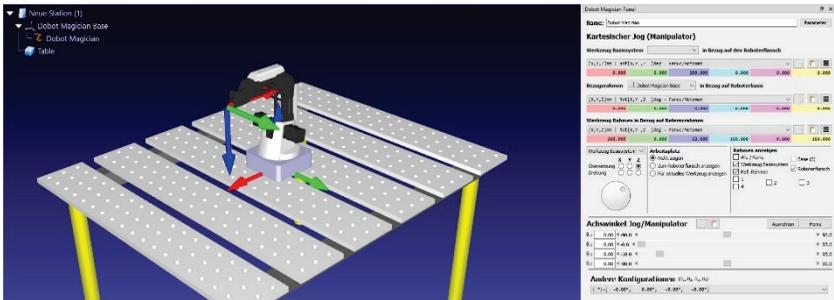


Abbildung 3  
Der Dobot in der Simulationssoftware RoboDK. Quelle: Eigene Darstellung

Damit das Abstraktionsniveau gesenkt wird, bietet es sich an, blockbasiert zu programmieren, was bei dem Dobot mit der mitgelieferten Software möglich ist. Auf diese Weise kann den Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden, dass jeder Punkt genau in Form von Koordinaten (sei es in der Programmierung oder im Teach-in) erfasst werden muss. Insgesamt lassen sich am Dobot viele Möglichkeiten der Programmierung von Industrierobotern umsetzen. Der Dobot kann nämlich mittels Teaching & Playback, Blockly, Python, Java und vielen weiteren Sprachen programmiert werden (siehe Abbildung 4), was immer wieder die Vorgabe der Koordinaten für den Endeffektormittelpunkt voraussetzt.



Abbildung 4

Programmierungsmöglichkeiten des Dobots (von links: Teaching & Playback, Blockly und Python). Quelle: Eigene Darstellung

Vorstellungen wie diese bieten gleichzeitig die Möglichkeit, die Besonderheiten von Robotern in Bezug auf andere Maschinen zum Unterrichtsgegenstand zu machen. Zieht man beispielsweise die VDI-Richtlinie (VDI 2860) für Industrieroboter heran, so stellt man schnell fest, dass ein 3D-Drucker kein Roboter sein kann, da er weder universell eingesetzt (respektive nur mit erheblichem Aufwand) werden kann noch hinsichtlich seiner Bewegungsfolge unmittelbar frei programmierbar ist.

Anknüpfend an diese Vorstellung haben Schülerinnen und Schüler besonders auch in Bezug auf Industrieroboter die Vorstellung, dass diese ferngesteuert werden müssen:

„Man hat halt einen Controller oder irgendetwas, womit man den Roboter steuern kann und dann ist das mit dem Roboter verbunden und so kann man die einzelnen Bewegungen und dieses Ganze (..) auswählen, also, dass er das macht.“ (B3, Pos. 71)

Auch an diese Vorstellung kann im Unterricht angeknüpft werden, da es grundsätzlich möglich ist, Roboter zu teleoperieren, also fernzusteuern. In manchen Kontexten macht dies Sinn, man denke an Roboter, die beispielsweise im Weltall zum Einsatz kommen. Allerdings muss hierbei thematisiert werden, dass einerseits keine große Wiederholgenauigkeit und zudem in industriellen Einsatzgebieten keine besonders hohe Effizienz gewährleistet sein muss. In der Raumfahrt sieht das anders aus, wenn man die Kosten mehrerer Raumfahrtmissionen gegenüberstellt. Ein Problem ist also die Zeit als Kostenfaktor, wobei die Ungenauigkeit bei den Wiederholungen der Arbeitsgänge durch die manuelle Steuerung in der Industrie ein gravierenderes Problem darstellen würde. Auch dieser Aspekt lässt sich mit dem Dobot gut darstellen. Er wird mit einem Joystick geliefert (siehe Abbildung 5), welchen man zur Darstellung der Nachteile in Form einer „Challenge“ gut in den Unterricht einbinden kann.



Abbildung 5

Der Dobot Magician und der mitgelieferte Joystick.

Quelle: Eigene Darstellung

Hierbei genügt ein einfacher Task wie beispielsweise das Stapeln von zwei Würfeln. In Form eines Wettbewerbs kann nun gegen den vorprogrammierten Dobot angetreten werden. Im Schnitt dauert dieser Task bei der manuellen Steuerung beispielsweise drei Minuten, während der vorprogrammierte Dobot bei vergleichsweise höherer Wiederholgenauigkeit etwa

30 Sekunden für die Bewältigung der Aufgabe benötigt. Mit dieser Herangehensweise lassen sich die Vor- und Nachteile der jeweiligen Art der Ansteuerung gut diskutieren, wenn z. B. die Programmierdauer einbezogen wird.

Eine weitere Kategorie, nach der Schülervorstellungen ausgewertet wurden, die beim Einsatz des Dobots im Unterricht relevant sein können, ist die der Umgebungswahrnehmung. Besonders häufig tritt hier im Zusammenhang zu Filmen und Videospielen die „Scannervorstellung“ auf. Die Umgebung wird vom Roboter nach dieser Vorstellung von oben nach unten eingescannt, wobei die vielfältigsten Informationen herausgefiltert werden (in manchen Aussagen beispielsweise selbst das Alter des Menschen, der dem Roboter gegenübersteht):

„Also bei den meisten, die ich gesehen habe, kam es halt aus den Augen, also so ein Licht und es wurde von oben bis unten gescannt komplett und dann wurden halt jegliche Informationen herausgeholt.“ (B3, Pos. 53)

„Wahrscheinlich haben die so einen Scanner in sich drin, dass die dann scannen können, was da ist und zum Beispiel bei einem Staubroboter kann er das scannen und dann beim Scannen sieht er OH SCHRANK oder STUHL. Der kann die Umgebung halt so einscannen.“ (B14, Pos. 35)

Zudem ist aufgefallen, dass Sensoren häufig als Black-Box angesehen werden, was eine konkrete Thematisierung erfordert. Beim Dobot kann das Vision-Kit zur Thematisierung von Verfahren zur Objekterkennung herangezogen werden. Es kann gut dargestellt werden, dass der Dobot nicht „ad hoc“ in der Lage ist, verschiedene Formen voneinander zu unterscheiden. Zunächst muss in der Software – so trivial es klingt – antrainiert werden, dass beispielsweise ein Kreis von 30 mm Durchmesser kleiner ist als jener mit einem Durchmesser von 50 mm, sodass der Dobot diesen am Ende entsprechend aussortieren kann. Zusätzlich kommen Sensoren zur Farberkennung oder zur Abstandsmessung zum Einsatz, woran deutlich gemacht werden kann, dass immer nur eine eingeschränkte Anzahl an Informationen aus Sensordaten abgeleitet werden kann. Hierzu können zusätzlich auch Microcontroller wie der Arduino eingesetzt werden, da mit

diesem einzelne Sensoren behandelt und die damit verbundene Verarbeitung der Daten über den seriellen Monitor der Programmieroberfläche sichtbar gemacht werden können.

## 5 Der Dobot als Unterrichtsgegenstand und -medium

Robotik im Technikunterricht zu behandeln, ist aus vielen Gründen reizvoll, da das Thema, auch durch seine mediale Repräsentation, eine gewisse Faszination bietet, für Schülerinnen und Schüler genauso wie für Lehrkräfte. Mit robotischen Systemen, die für den Bildungskontext geeignet (etwa durch eine geeignete Programmierumgebung und bereits ausgearbeitete Lernpakete) und bezahlbar (jedenfalls im Gegensatz zu ihren industriellen Gegenstücken) sind, ist es möglich, neue Lehr- und Lernarrangements im Technikunterricht zu implementieren.

Das Thema bietet aus Sicht der Autoren zwei übergeordnete Zugänge an, die auf die beiden Dimensionen als Unterrichtsgegenstand, in dem der Roboter selbst von Interesse ist, und als Unterrichtsmedium, an dem mit dem Roboter etwas gelernt wird, verweisen. Zu Beginn der Auseinandersetzung ist das System aus der Sachperspektive von Interesse: Wie nehme ich den Roboter in Betrieb? Wie muss ich ihn programmieren, damit er ein vorher definiertes Problem löst? Die Schülerinnen und Schüler lernen die konkrete Bedienung des Roboters, erfahren etwas über seine Grenzen (Arbeitsbereich, Traglast, Singularitäten) und verstehen die Funktionsweisen von Aktoren und Sensoren. Sie erlernen Fach- und Bedienungswissen und werden damit zu Anwenderinnen und Anwendern einer komplexen Technik. Gemäß Schmayl ist in diesem Fall „[...] das technische Gerät selbst in seinem zweckbestimmten konstruktiven Aufbau Gegenstand der Lernbemühungen“ (Schmayl u. Wilkening 1995, S. 47).

Haben die Schülerinnen und Schüler die Grundlagen der Programmierung und der Handhabung gelernt, tritt die zweite Dimension in den Vordergrund: Welche Aufgaben lassen sich nun mit den erlernten Kenntnissen und Fertigkeiten mithilfe des Roboters lösen? Welche Lerninhalte können über das Sachsystem hinaus mit ihm gelernt werden? Für welche neuen Probleme bietet sich der Roboter als Werkzeug an? Wozu werden Roboter

in der industriellen Produktion eingesetzt und kann man diese im Unterricht nachstellen? Die Schülerinnen und Schüler müssen dazu z. B. technische Abläufe oder Herstellungsprozesse in einzelne Schritte faktorisieren, die dann mit dem Roboter umgesetzt werden. Dabei können prozessbezogene Kompetenzen entwickelt werden, durch die die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, technische Problemstellungen zu bewältigen und die Lösung zu reflektieren und zu beurteilen (z. B. hinsichtlich ihres effizienten und zeitökonomischen Einsatzes). Zudem bietet der Dobot durch seine Schnittstellen die Option, weitere Peripherie anzuschließen, beispielsweise selbst konstruierte Effektoren, und damit das Spektrum an potenziellen Aufgabenbereichen zu erweitern. Damit eröffnen sich Möglichkeiten des gestalterischen Umgangs mit dem System, indem Schülerinnen und Schüler Anwendungsszenarien entwickeln und umsetzen. Dazu müssen sie neue Wege in der Programmierung beschreiten und neue Effektoren, z. B. am Computer und mithilfe eines CAD-Programms, konstruieren und zusammenbauen.

Der im Projekt verwendete Dobot lässt sich darüber hinaus als Exemplar der Gattung Roboter einer technischen Analyse unterziehen. Hierbei zeigt sich, dass dieser Vertreter nur einem bestimmten Teil der Robotik als Beispiel dient, nämlich den Industrierobotern. Viele Anwendungen aus dem Bereich Service (etwa in pflegerischen Kontexten) sind mit ihm nicht umsetzbar, weil ihm dazu diejenigen Eigenschaften fehlen, die einen Cobot (also einen kollaborativen Roboter) ausmachen. Zudem weist der Dobot gegenüber seinen Vorbildern auch Restriktionen bei den Freiheitsgraden auf: Als vierachsiger Roboter ist er nicht in der Lage, jeden Punkt im kartesischen Koordinatensystem mit dem Endeffektor zu erreichen.

Zu fragen wäre an dieser Stelle, ob es sich deshalb bei dem Dobot um das komplexitätsreduzierte Funktionsmodell eines Industrieroboters handelt oder ob der Dobot als Desktoproboter ein Original ist. Hier ist die Perspektive entscheidend: Geht es der Lehrkraft bei der Nutzung des Dobots im Unterricht darum, ihn als Demonstrations- oder Versuchsobjekt einzusetzen, ist er ein Werkzeug wie andere automatisierte Maschinen. Oder steht die übergeordnete Auseinandersetzung mit dem Dobot als Vertreter

eines Leichtbauroboters oder die Programmierung im Vordergrund? Beantworten lässt sich die Frage nur durch den Kontext, in den der Dobot im Unterricht gestellt wird.

Je nach Schwerpunktsetzung lassen sich Themen wie Kinematik, Aktorik und Sensorik anschaulich integrieren. Schmayl und Wilkening haben darauf hingewiesen, dass in dem „Prozess der Bewältigung des Theorie-Praxisbezugs den Medien eine entscheidende Rolle [zufällt]“ (1995, S. 169), denn erst durch sie kann das Verständnis der technischen Strukturen und Funktionszusammenhänge im Kontext von Ökonomie und Gesellschaft für die Schülerinnen und Schüler sinnvoll erschlossen werden.

„Unter diesen Gesichtspunkten bietet der Technikunterricht die besondere Chance, über den handelnden Umgang in der Wechselwirkung von Anschauungs- und Begriffsbildung zu verallgemeinerten Erkenntnissen auf theoretischer Ebene zu führen und in der Theorie die Praxis zu bewahren.“ (Schmayl u. Wilkening 1995, S. 169)

Abschließend sei noch auf einen Aspekt verwiesen, der über den Theorie-Praxisbezug des Mediums im Sinne der Mediendidaktik hinausweist und der im dritten Kapitel bereits im Zuge der Kategorienbildung anklang: das Thema Robotik im Hinblick auf Medienerziehung bezüglich der Darstellung in Massenmedien. Im Orientierungsrahmen Medienbildung in der allgemeinbildenden Schule des Landes Niedersachsen, herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium, wird Medienbildung als Querschnittsthema für alle Fächer formuliert. Demnach fällt es auch (und bezüglich Aufgaben wie „Die Folgen von Automatisierungsprozessen durchschauen und steuern“ möchte man fast sagen: vor allem) in den Bereich des Technikunterrichts, Schülerinnen und Schülern beim Erlernen eines kritischen Umgangs mit Medien zu unterstützen (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium 2020, 5–6). Der Dobot oder andere robotische Vertreter können hierbei der Aufhänger sein, sich mit diesem Unterrichtsgegenstand vor dem Hintergrund seiner medialen Repräsentation vertiefend auseinanderzusetzen: Woher stammen unsere Bilder vom Roboter? Sind die Darstellungen, die man im Internet findet, „echt“ oder „fake“? Wie sind populistische Schlagzeilen zu bewerten, nach denen menschliche Arbeit durch

Roboter bald überflüssig ist? Mit diesen aufgeworfenen Fragen kann das Thema in einen größeren Bildungskontext gestellt werden.

Das Formulieren von Bildungszielen weist der Auseinandersetzung mit dem Dobot unseres Erachtens einen größeren gesellschaftlichen Rahmen zu, als dies bei Lernzielen oder Kompetenzen der Fall ist. Der Unterrichtsgegenstand wird hierbei in den Kontext von Bildung gestellt, die den kulturellen und sozialen Zusammenhang zwischen der schulischen Bildung und dem persönlichen Entwicklungsprozess der Schülerinnen und Schüler betont. Hierbei wird die konkrete Ebene des technischen Sachsystems verlassen und in den Blick genommen, was sich am Beispiel des Thema Robotik erlernen oder erkennen lässt, das über die Ebene des Sachsystems hinausweist. Die Schülerinnen und Schüler begreifen den Dobot als eine Erscheinung der Digitalisierung und lernen, ihn als Zweck für eigene Ziele zu nutzen: Mithilfe des KI-Kits programmieren sie ihn so, dass er Objekte eigenständig erkennen und entsprechende Sortieraufgaben einleiten kann, mit MQTT lassen sich digital vernetzte Systeme aufbauen, wodurch industrielle Internet of Things-Anwendungen simuliert werden können, und anhand der Programmierung des Dobots, entweder über die graphische Programmierumgebung (ähnlich Scratch) oder mithilfe von Python, werden zudem digitale Kompetenzen angebahnt, wie sie im Handlungskonzept „Bildung in der digitalen Welt“ der KMK oder im „Europäischen Rahmenplan zu digitalen Kompetenzen von Bürgerinnen und Bürgern“ enthalten sind bzw. gefordert werden. Hierzu kann das Programmieren von Algorithmen, Coding und das Anbahnen von Computational Thinking einen Beitrag leisten.

## 6 Schlussgedanken

Mit dem Dobot werden Schulen und Lehrkräfte in die Lage versetzt, das Thema Robotik realitätsnah im Unterricht zu thematisieren. Um bei ihren Schülerinnen und Schülern digitale Kompetenzen anbahnen zu können, müssen sie selbst über entsprechende Kompetenzen verfügen sowie über darauf bezogene fachdidaktische und pädagogische Kompetenzen zu deren Vermittlung. Nicht zu unterschätzen sind die Anforderungen an die Techniklehrkraft. Einerseits dann, wenn es um das Programmieren geht, auch

wenn bereits viele hilfreiche Materialien dazu im Internet zu finden sind. Andererseits ist es für die Implementierung der Robotik in den Technikunterricht hilfreich, eine konstruktivistische Sichtweise auf das Lernen einzunehmen, nach welcher die Auseinandersetzung mit den Vorstellungswelten der Schülerinnen und Schüler eine wichtige Funktion innehat. Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter sind in den meisten Fällen Resultate einer Ansammlung von Erfahrungen aus Alltagssituationen. Nicht zu unterschätzen ist hierbei der Einfluss von Filmen, Videospiele oder der Darstellung von Robotern in „sozialen Medien“. Wie sich gezeigt hat, lassen sich anhand der Identifikation dieser Vorstellungen und ihren Dissonanzen in Bezug auf die fachwissenschaftliche Ansicht konkrete und auch auf den Dobot bezogene Konsequenzen für die Unterrichtsgestaltung ableiten. In den meisten Fällen handelt es sich um keine fest verankerten Präkonzepte, sondern um ad-hoc-Vorstellungen, die es mit entsprechenden Strategien (wie sie beispielsweise in der Conceptual-Change-Forschung wiederzufinden sind) im Technikunterricht zu berücksichtigen gilt. Erstrebenswert wäre in diesem Zusammenhang die Untersuchung der Wirksamkeit solcher Strategien im Umgang mit Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter, konkret auch im Hinblick auf den Dobot als Unterrichtsgegenstand. Wichtiger ist aber die Frage nach der Implementierung in einen curricularen Rahmen, sofern die Beschäftigung mit dem Dobot im Technikunterricht über die basale Beherrschung des technischen Systems als einmaliges „Spektakel“ hinausgehen soll. Einerseits lassen sich bereits durch die Berücksichtigung von Schülervorstellungen Ziele innerhalb eines curricularen Rahmens formulieren. Andererseits lassen sich durch die Möglichkeit, freie In- und Outputs an den Dobot anzuschließen und anzusprechen und damit das Sensorik- und Aktorikrepertoire zu erweitern, weitere Schwerpunkte im Feld informationsverarbeitender Systeme setzen, sodass es möglich ist, den Roboter zu einem festen Bestandteil des Technikunterrichts zu machen und ihn zu verschiedenen Themen als Medium nutzen, um einen Unterrichtsgegenstand zu erarbeiten.

## Literatur

- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hrsg.) (25.04.2016): Service-Roboter statt Pflegeheim. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/service-roboter-statt-pflegeheim.html>
- DAK (Hrsg.) (5. März 2019): Computerspiele: 465.000 Jugendliche sind Risiko-Gamer. Neue Studie von DAK-Gesundheit und Deutschen Zentrum für Suchtfragen untersucht auch Geldausgaben bei 12- bis 17-Jährigen. Pressestelle DAK-Gesundheit. <https://www.dak.de/dak/download/pressemitteilung-computerspielsucht-2103412.pdf>
- Dobot Magician User Guide (2019). In: Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd (Hrsg.). <https://download.dobot.cc/product-manual/dobot-magician/pdf/V1.7.0/en/Dobot-Magician-User-Guide-V1.7.0.pdf>
- Hamade, Dani (2022): Entwicklung eines quantitativen Forschungsinstrumentes zur Erhebung von Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter. [http://oops.uni-oldenburg.de/5459/1/Masterarbeit\\_Hamade\\_Dani\\_4944257.pdf](http://oops.uni-oldenburg.de/5459/1/Masterarbeit_Hamade_Dani_4944257.pdf) [Masterarbeit].
- IFR (13. Oktober, 2022): Geschätzter Bestand von Industrierobotern weltweit in den Jahren 2011 bis 2021 (in 1.000 Stück). In: Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/250212/umfrage/geschaezter-bestand-von-industrierobotern-weltweit/>
- Kattmann, Ulrich; Duit, Reinders; Gropengießer, Harald; Komorek, Michael (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfdN*, Heft 3, 1997, S. 3–18.
- KUKA (Hrsg.) (29. März, 2022). Umsatz des KUKA-Konzerns in den Jahren 2011 bis 2021 (in Millionen Euro). In: Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29367/umfrage/umsatz-der-kuka-ag-seit-1999/>
- Landesinitiative n-21 (Hrsg.) (2020): Mensch-Roboter-Kollaboration. Robonatives. Förderkriterien. In: Landesinitiative n-21: Schulen in Niedersachsen online e. V. <https://www.n-21.de/projekte-projektbereiche/masterplan-digitalisierung/mensch-roboter-kollaboration-robonatives/>

- Nepper, Hannes-Helmut, Hecher, Nicole, Ruch, Armin, Goreth, Sebastian (2021): Technische Vorstellungswelten von Schüler/innen. Roboter, roboterähnliche Maschinen und textile Wertschöpfungsketten. In: MNU Journal, Jahrgang 74, Heft 1, 2021, S. 72–78.
- Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2020): Orientierungsrahmen Medienbildung in der allgemeinbildenden Schule. [https://bildungsportal-niedersachsen.de/fileadmin/2\\_Portale/Medienbildung/medienbildung\\_vorgaben/Orientierungsrahmen\\_Medienbildung\\_niedersachsen.pdf](https://bildungsportal-niedersachsen.de/fileadmin/2_Portale/Medienbildung/medienbildung_vorgaben/Orientierungsrahmen_Medienbildung_niedersachsen.pdf)
- Sachs, Burkhard (1992): Ansätze allgemeiner technischer Bildung in Deutschland. In: tu. Zeitschrift für Technik im Unterricht, 63/1992. S. 5–14.
- Schecker, Horst; Wilhelm, Thomas; Hopf, Martin; Duit, Reinders (2015): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Schmayl, Winfried; Wilkening, Fritz (1995): Technikunterricht. <https://dgtb.de/wp-content/uploads/2020/04/Schmayl-Wilkening-Technikunterricht.pdf>
- Tractica (Hrsg.) (5. Oktober, 2019): Umsatz mit Industrierobotern weltweit in den Jahren von 2018 bis 2025 (in Milliarden US-Dollar). In: Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/870571/umfrage/umsatz-von-industrierobotern-weltweit/>
- VDI Nachrichten (21. Juni 2022): VDMA: Robotik und Automation auf Kurs zum Vorkrisenniveau. <https://www.vdi-nachrichten.com/wirtschaft/konjunktur/vdma-robotik-und-automation-auf-kurs-zum-vorkrisenniveau/>
- Vinze, Markus (2017): Die langsame Transformation der Robotik. In: e & i Elektrotechnik und Informationstechnik 134, S. 355–360. <https://doi.org/10.1007/s00502-017-0533-z>

Matthias Schönbeck und Christian Hulsch

## **Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium**

### **1 Hinführung**

Technisches Praktizieren als Gegenstand der Schule hat eine lange Tradition, deren gedankliche Ansätze sich bei Comenius, Locke, Rousseau oder auch Pestalozzi wiederfinden. Gemeinsamer Kern ist die ganzheitliche Betrachtung des Schülers, zu der neben den theoretischen eben auch praktische Anteile gerechnet werden (vgl. Reble 1971). Dieser Gedanke zieht sich auch durch nahezu alle ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge als ein „roter Faden“. Zentrale Elemente der Fachkultur sind die zahlreichen Praktika, die die theoretisch fundierten Vorlesungen und Seminare der technischen Fachgebiete in den Werkstätten Laboren oder Freilandversuchen unterstützen. Schließlich richten auch die technisch ausgerichteten Lehramtsstudiengänge für allgemein- und berufsbildende Schulen bedeutsame Inhalte in Werkstätten und Laboren aus, um die Dualität des theoretischen und praktischen Durchdringens ihrer Studenten gewährleisten zu können.

Das technisch ausgerichtete Lehramtsstudium an der TU Chemnitz zielt einerseits auf die Aneignung grundlegender fachwissenschaftlicher Erkenntnisse, andererseits auch auf die Innovation technikdidaktischer und pädagogisch psychologischer Zusammenhänge. Im Umgang mit unterschiedlichen Materialien (wie bspw. Metallen, Holz(werk)stoffen, Kunststoffen, Tonen, Papierstoffen, Glas, u. a.) setzen sich die künftigen Werklehrer mit der Analyse, dem Entwurf sowie der Konstruktion und Fertigung von Produkten auseinander. Die Studenten setzen sich in den Werkstätten mit grundlegenden Fertigungstechniken auseinander, löten elektronische Schaltungen und programmieren einfache Aufgaben. Bei diesen Tätigkeiten entwickelt sich

## Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium

jenes technische Wissen, welches das praktische Agieren im Spannungsfeld zwischen grundlegenden Fähigkeiten und Fertigkeiten auf der einen Seite und Intuition sowie Kreativität auf der anderen Seite bedingt.

Ziel des technischen Praktizierens ist, dass die Studenten konkrete Handlungssituationen mithilfe ihrer theoretischen und praktischen Problembewältigungsstrategien erfolgreich lösen können. Sie sollen daher in der Lage sein, in ihrem Studium sowohl theoretische als auch praktische Erfahrungen sammeln zu können, um als künftige Lehrerinnen und Lehrer Grundschul Kinder für die Belange von Technik zu sensibilisieren und auf die Bewältigung gegenwärtiger und künftiger Probleme vorzubereiten.

### 2 Technisches Praktizieren. Eine Annäherung

Technisches Praktizieren ist eine handlungsorientierte Lernform, die an ein bestimmtes praktisches Tun gekoppelt ist und damit die psychologischen Zusammenhänge zwischen Denken und Tun auf der einen sowie praktischer Tätigkeit und der Entwicklung von Bewusstsein und Persönlichkeit auf der anderen Seite nachkommt (vgl. Aebli 1980, vgl. Leont'ev 1987). Danach muss die Verbindung von Formen des Tuns mit den Aspekten kognitiven Erfassens, also die handelnde Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit als Bedingung der Möglichkeit ihrer Aneignung, betrachtet werden.

Indem die Aufgaben an selbstbestimmte und unmittelbare praktische Erfahrungen in und mit der Wirklichkeit gebunden sind, erfährt der einzelne Student subjektiv bedeutsame Motive. Technisches Praktizieren mit seinem breiten Spektrum an Handlungsmöglichkeiten und Zugriffsweisen auf zahlreiche Ausschnitte der natürlichen, sozialen und kulturellen Umwelt (Ropohl 2009, S. 32) erweist sich als besonders geeignet zur Stiftung von Sinnbezügen. Aus der Verknüpfung von theoretischem Lernen mit praktisch-gegenständlichem Tun erwachsen aufgrund einer hohen Selbstwirksamkeit und der konkreten Bewirkung der subjektiven Handlungsvollzügen weitere Motivationen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Lerner das Handeln selbst als sinnhaft erleben und dabei etwas lernen oder sie für das Handeln etwas lernen, um es einfach richtig zu machen, wie z. B. das zweckmäßige Führen der Säge.

Insofern zielt das technische Praktizieren auf den Erwerb von Erkenntnisgewinnung durch reale Handlungen. Kennzeichen ist die Verwobenheit von Theorie und Praxis, indem theoretisches Wissen auf wirkliche Handlungen angewendet wird und in umgekehrter Weise durch Handlungen weiteres theoretisches Wissen entsteht. Erfahrungsgebundene Praxis verbessert damit das theoretische Verständnis eines Lernzusammenhangs, da es mit seiner Exemplarität eine praktische Fundierung erfährt. Gleichzeitig zeigen die subjektiv erlebten Handlungen auch unmittelbar die Schwierigkeiten, die damit verbunden sind. Diese Ergänzung beider Teile macht durch das eigene Erleben erst das vollständige Durchdringen von Technik möglich. Technisches Praktizieren bedeutet folglich nicht, dass nur unhinterfragtes (handwerkliches) Rezeptwissen angewendet werden soll, sondern die durchdrungenen Tätigkeiten reflektiert werden.

Für künftige Werklehrer ist es zudem von zentraler Bedeutung, die unmittelbare, primäre Erfahrung des eigenen Tätigseins erspüren zu können. Denn nur so können sie in einem zunehmend digitalisierten Lern- und Lebensumfeld aufgewachsene Schüler für den Bezug zur Lebenswelt und Aneignung der Wirklichkeit sensibilisieren. Damit rücken neben dem kognitiven Zugang ausdrücklich der ästhetische (sinnlich-emotionale) und pragmatische (handelnde) Erkenntnisweg (vgl. Husserl 1999, S. 94 f.) in das Zentrum des Handelns. So soll der „Entsinnlichung“ mit dem Einsatz der Hände (als Werkzeuge der Sinne) entgegengewirkt werden. Damit ist Ausbildung des Erkennens durch die Entwicklung und Entfaltung des Zusammenwirkens aller Sinne geknüpft. Augen und Hände, das Sehen und das Greifen bedingen einander wechselseitig auch das verstandesgemäße Begreifen (vgl. Abb. 1)

## Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium



Abbildung 1

Drei Wege, um Erkenntnis zu einem Phänomen zu gewinnen (eigene Darstellung)

### 3 Werkstattarbeit im Lehramtsstudium

Am Zentrum für Lehrerbildung (ZLB) der Technischen Universität Chemnitz werden jährlich ca. 140 Studenten für das Lehramt an Grundschulen immatrikuliert. Etwa 20 bis 25 junge Menschen entscheiden sich für das Studium im Fach Werken. Neben den „klassischen“ technischen Praktika in Werkstoffkunde, Fertigungstechnik und Elektrotechnik, nehmen alle Studenten auch an der praktischen Werkstattausbildung am ZLB teil. Kernelemente dieses Studienbereichs sind drei Module:

- „Verkehr und Technik“ (Fokus Fahrradreparatur),
- „Handwerk und Technik“ (Schwerpunkt händische Arbeit mit verschiedenen Werkzeugen, Maschinen und Geräten) sowie
- „Innovation, Ästhetik und Technik“ (Vertiefung: ästhetischer Entwurf und Herstellung eines Modells unter Einbeziehung grundlegender Programmierungstechniken).

Dieser Beitrag fokussiert die Darstellung des dritten Moduls, das auf beiden zuvor genannten aufbaut.

Das Modul „Innovation, Ästhetik und Technik“ wurde als Lehrform entwickelt, bei der die Teilnehmer unterschiedlich schwierige und umfangreiche Projekte bearbeiten. Es ist gegliedert in ein theoretisches Seminar,

in dem sie entlang eines übergeordneten Themas wie „Recycling“, „Industriekultur“, „Bauhaus“ oder „Regionales Handwerk“ eigenständig Ideen entwickeln und in eine praktische Werkstattarbeit, in der diese Ideen materialisiert werden. Ziel ist es, später Grundschulern Aspekte von Technik und Ästhetik möglichst konkret und anschaulich nahezubringen und die Möglichkeiten und Grenzen der Realisierung eigenen Ideen selbst auszuloten.

Während die Studenten in der Projektarbeit im theoretisch orientierten Seminar auf ihnen z. T. bekannte Verfahren, wie technische Analyse, Skizzieren, Textverständnis und -entwurf, Präsentationstechniken usw. zurückgreifen können, hat die Werkstattarbeit durch das in ihr technische (und händische) Praktizieren für viele Teilnehmer einen weniger vertrauten Zugang. Das Lernen in der Werkstatt birgt durch einen anderen Zugang zur Erkenntnisgewinnung aber die Chance, traditionelle und innovative Kulturtechniken auch körperlich zu internalisieren. Mithilfe des konkreten Erschaffens durch Konstruieren, Fertigen auf Grundlage eigener Skizzen, Zeichnungen oder Experimente werden subjektive Lernprozesse um jene Erfahrungen erweitert, die sich mit den eigenen Handlungen und ihren Konsequenzen verbinden.

#### **4 Beispiel: Entwurf und Herstellung einer Lampe**

Entlang der übergeordneten Themenstellung „Upcycling“ verfolgte die das Modul „Innovation, Ästhetik und Technik“ im WS 2021/22 die Herstellung einer individuell zu entwerfenden Lampenkonstruktion. Die Strukturierung des Projektes erfolgt anhand von sechs Phasen:

- Zielsetzung des Projektes (Seminar)
- Projektplanung/ästhetischer Entwurf (Seminar)
- Projektausführung (Werkstatt)
- Projektpräsentation (Werkstatt)
- Bewertung (Seminar/Werkstatt)
- Reflexion (Seminar/Werkstatt)

Im Seminar wurde das Projekt vorbereitet, initiiert und auch geplant. Die Lampenkonstruktion sollte funktionieren (Licht geben) und möglichst vollständig aus Materialien bestehen, die bereits in anderen Zusammenhängen

**Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium**

verwendet wurden (Upcycling). Auch die Einbindung unbearbeiteter, natürlicher Ausgangsstoffe, wie bspw. Holz, war möglich.

Weitere Aufgaben waren:

- Anordnung der Materialien zu einer stimmigen Materialkomposition unter Betonung ihrer unterschiedlichen Materialität, Oberflächenbeschaffenheit und Formbeziehungen
- Programmierung eines Calliope-Mini-Controllers mit dem Editor „Make Code“ zur Lampensteuerung
- selbständige Herstellung und Analyse (Fehlersuche) einer elektronischen Steuerung auf Basis eines Schaltplans (funktionstüchtige Schaltung auf einer Lochrasterplatte)
- Konstruktion einer praxistauglichen Lampen-Steuerungseinheit mit Sensor und Schutzgehäuse
- reflektierte Auseinandersetzung mit dem Thema „Internet of Things“ bzw. „Smart Home“ und der Möglichkeit der Einbettung in die häusliche Umgebung.

Mithilfe dieser Aufgaben sollte der Nutzen der Lampenkonstruktion in die unmittelbare Erfahrbarkeit der Studenten gerückt werden: Brauchbarkeit und Wiederverwendung. „Brauchbar sein heißt aber zugleich auch schön sein, denn alles brauchen muss schön sein können; anders erfüllen die Dinge nicht ihren Sinn.“ (Wagenfeld 1948, S. 64) Hiermit steht auch der programmatische Zusammenhang der Lehrveranstaltung „Innovation-Ästhetik-Technik“ im Einklang.

Der ästhetische Entwurf dient zunächst der bewussten Manipulation der Gestalt von Dingen. Es geht hierbei um die Entwicklung einer Vorstellung von etwas Herzustellendem. Abstraktes Denken und konkretes Praktizieren sind maßgeblich für den Prozess der Entwurfs- und Realisierungsarbeit dieser Lehrveranstaltung. Diese Relation ist durch ihre fokussierte Betrachtung auf Aspekte der ästhetischen und technisch-konstruktiven Ausschnitte im hohen Maß exemplarisch. Durch diese konkrete Aufgabenstellung werden grundlegende Themen, wie Material, Form, Struktur, Oberfläche, Farbe etc. betrachtet. Die Aufgabe ist zudem so angelegt, dass das Augenmerk auf die schöpferischen Fähigkeiten, das kreative Potential und die

handwerklichen Voraussetzungen des Einzelnen gelenkt wird, ohne dass ein spezifisches Fachwissen Voraussetzung für die Bearbeitung ist.

Mit diesem Vorgehen wird ein Methodenrepertoire angelegt, das einen konzentrierten Blick auf übergeordnete Aspekte des Entwurfs- und Herstellungsprozesses eine vertiefende Betrachtung ermöglicht. Wiesmüller (2022, S. 5) spricht im Zusammenhang vom praktischen Herstellen und Gebrauch auch von der „rationalen Analyse“ sowie vom „wachen Anschauen“. Während die rationale Analyse eher auf kognitive Durchdringung technischer Zusammenhänge hinausgelegt sei, verfolgt das „wache Anschauen“ das Ziel, auch weniger vernunftgeleitet bestimmte Aspekte der Gestaltung wahrzunehmen (ebd.).

## **5 Die Programmatik Innovation-Ästhetik-Technik**

Eine Lehrveranstaltung mit einer derartigen Trias im Titel verweist auf eine anspruchsvolle Programmatik. Innovation bezeichnet die „die planvolle Erneuerung mit dem Ziel, entweder bereits Bestehendes zu optimieren oder Neues zu realisieren“. (Brockhaus 2022) Insofern bedeutet der erste Kontakt mit dem Calliope-mini für die Studenten eine innovative Entwicklung ihrer technischer Handlungsmöglichkeiten. Es fehlt ihnen schlicht die nötige Erfahrung im Umgang mit relativ einfachen elektronischen Projekten im Zusammenhang mit Microcontrollern. Als Hilfe werden ihnen bspw. die Verdrahtungspläne (Abb. 2) bereitgestellt, welche eine Vorschrift für den elektrischen Aufbau der o. g. Steuerungseinheit darstellen. Ikonisch zu erkennen sind die Module Calliope, Anpassungsschaltung und Funkfernbedienung mit Funksteckdose, wobei Freihandlinien die herzustellenden Verbindungen zwischen den Modulen symbolisieren.

**Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium**

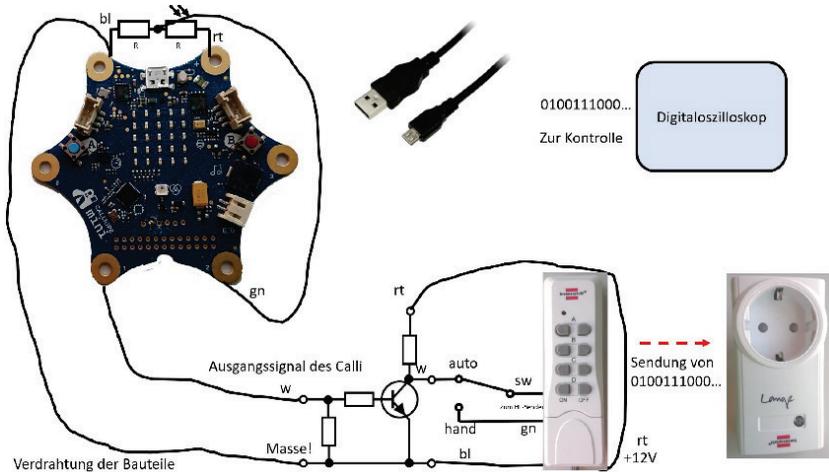
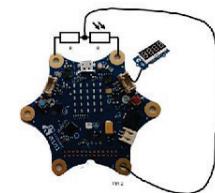


Abbildung 2  
Verdrahtungsplan als Hilfestellung

Daneben nähern sich die Studenten schrittweise der Problemlösung an, z. B. testen sie die Verwendung eines Lichtsensors (Fotowiderstand), um später die verschiedenen Reaktionen softwaretechnisch umzusetzen (vgl. Abb. 3).

Mögliche Messwerte (Schätzwerte) 0..1024 und deren Interpretation



Analoger Eingang 0-3V wird abgebildet auf 0..1024

Analoger Wert an Pin2	Verbale Interpretation	Reaktion
512	Tageshell, Mittelwert	Lampe aus
34	Sehr dunkel	Lampe sicher an
1000	Sehr hell	Lampe sicher aus
100	Schaltswelle (Dämmerung)	Je nachdem, Lampe an/aus
90	Schaltswelle für	Lampe ein
110	Schaltswelle für	Lampe aus
Fehlerhafte Werte:		
0	Messfehler, kann nicht auftreten	Lampe aus, weil Fehler
$0 < x < 34$	Zählt alles als Messfehler	Lampe aus, weil Fehler
1024	ebenso	dito
$1000 < x < 1024$	Zählt alles als Messfehler	Lampe aus, weil Fehler

Abbildung 3  
Sensortestbetrieb und Fehlerreaktionen

Abbildung 3 zeigt, welche verschiedenen Betriebs- und Fehlerzustände beim Betrieb des Sensors am Controller auftreten können und welche (Fehler-)Reaktion im Calliope-Programm hinterlegt werden könnten. Diese Tabelle veranschaulicht, welche große Variantenvielfalt schon bei nur einem Sensor existiert. Eine Smart-Home-Umsetzung erfordert jedoch eine Vielzahl verschiedener Sensoren mit jeweils so vielen Zuständen bzw. auch Kombinationen aus Zuständen verschiedener Sensoren. Man erkennt, wie aufwändig die Programmierung für eine Smart-Home-Anwendung werden kann.

Innovativ ist jedoch auch der Charakter der entwickelten und hergestellten studentischen Objekte. In ihnen vereinen sich vielleicht am besten sichtbar die Zusammenhänge der Programmatik. Ästhetisches Erleben wird durch das Be-greifen von Werkstoffen und ihrer Qualitäten, daserspüren von Größe, Gewicht, Festigkeit, Kontur, Temperatur oder Oberfläche im Einklang mit der Realisierung der elektrischen Schaltung, der Programmierung des Calliope-mini und die Bearbeitung und Zusammenstellung der Materialien zu einem technischen Objekt, welches Ausdruck über individuelle Wertvorstellungen, ästhetisches Empfinden und technisches Können gibt, realisiert.

### **Ergebnisse**

Abschließend werden Ergebnisse aus der Veranstaltung Innovation, Ästhetik und Technik vorgestellt. Aus einer technischen Perspektive heraus würde bei einer Steuerungsaufgabe die Funktion im Vordergrund stehen, viele Werkstücke zeigen aber, wie wichtig den Studenten die ästhetische Wirkung ihrer Objekte ist.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die vorgestellten Objekte aus zwei Teilen bestehen, aus einer Lampe und einer Steuerungsbox. Die Steuerung bestimmt über einen eingebauten Fotowiderstand und Calliope mini, ob Licht benötigt wird und schaltet über ein Funksignal die Steckdose der Lampe.

**Die Bedeutung des technischen Praktizierens für das Chemnitzer Lehramtsstudium***Abbildung 4*

Eine Stehlampe aus einem naturbelassenem verwittertem Holzstamm. Rechts die dazu gehörende Steuerungsbox

*Abbildung 5*

Links eine Steuerungsbox, die nichts über Ihren Inhalt verrät. Rechts eine Lösung, bei der die Funktion erkennbar ist

Angesichts der studentischen Umsetzungen der Aufgabenstellung kann insgesamt gesagt werden, dass die individuelle Abwägung zwischen äußerer Gestaltung und Funktionalität ein weites Spektrum von Anschauungen zum Verhältnis von Innovation, Ästhetik und Technik erkennen lässt. Dieses wertvolle Spektrum ist Ergebnis der Heterogenität unserer Gesellschaft und sollte bewahrt werden. Technikunterricht soll technisch bilden und mündige Bürger hervorbringen, welche durch verschiedene Anschauungen unsere Gesellschaft bereichern

### **Literatur**

- Aebli, Hans (1980): Denken: das Ordnen des Tuns. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart.
- Brockhaus (2022): Stichwort „Innovation“. Online unter: <https://brockhaus.de/ecs/enzy/article/innovation> (Abfrage: 02.12.2022).
- Leont'ev, Aleksej N. (1987): Tätigkeit, Bewusstsein, Persönlichkeit. Berlin.
- Husserl, Edmund (1999): Phänomenologie und Erkenntnistheorie. In: Hans-Ullrich Baumgarten (Hrsg.): Erkenntnistheorie. München: Alber Verlag, S. 93–112.
- Reble, Albert (1971): Geschichte der Pädagogik. Stuttgart.
- Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe.
- Wiesmüller, Christian (2022): Didaktische Skizzen für die Praxis. In: TU: Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 184, S. 5–16.
- Wagenfeld, Wilhelm (1948): Wesen und Gestalt der Dinge um uns. Potsdam.

# Auszeichnung schulischer Lernorte und Initiativen **3**

Thomas Rajh

## **Das Gesamtwerk von Burkhard Sachs**

Grundlinien einer kritischen Theorie technischer Bildung.

Eine Annäherung

Anmerkung: Die Würdigung des Werkes von Burkhard Sachs durch Thomas Rajh hätte im Doppelband der Tagungen von 2020 und 2021 erscheinen müssen. Das wurde durch einen Fehler meinerseits versäumt, was ich sehr bedauere. Thomas Rajh sei um Entschuldigung gebeten! (Martin Binder)

### **1 Vorwort**

Ich freue mich außerordentlich über die schöne Aufgabe, das gerade eben erstmals erschienene Gesamtwerk von Professor Burkhard Sachs vorstellen zu dürfen. Verstehen Sie das Folgende bitte als eine erste Annäherung, die eine detaillierte Rezension nicht ersetzen kann und auch gar nicht will. Ich werde Ihnen etwas zum Aufbau, zum Inhalt und zur Entstehung dieser drei Bände sagen, bevor ich abschließend die Bedeutung der Werkausgabe für die Technische Bildung hervorheben und würdigen möchte.

### **2 Zum Aufbau**

Die Gesamtausgabe liegt in drei Bänden vor. Sie alle tragen den gemeinsamen Titel und Untertitel „Grundlinien einer kritischen Theorie technischer Bildung. Texte zur Technikdidaktik aus 50 Jahren in fünf Durchgängen“. Herausgegeben werden die Bände von Martin Binder, Christian Wiesmüller und der Abteilung Technische Bildung an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Sie sind vor etwas mehr als einem Jahr im Scheider Verlag Hohengehren erschienen, und damit genau 50 Jahre, nachdem Sachs seinen ersten Text veröffentlicht hat, einen Text, den man sicherlich als erste und

doch schon umfassende Skizze einer kritische Theorie Technischer Bildung bezeichnen darf. Wegen ihrer unterschiedlichen Seitenstärke unterscheiden sie sich die Einzelbände im Preis, der von 20 € bis 28 € reicht. Es ist aber neben den Herausgebern nicht zuletzt auch einem kontinuierlichen Impuls von Maja Jeretin-Kopf zu verdanken, dass eine Gesamtausgabe des wissenschaftlichen Werks von Burkhard Sachs nun besorgt worden ist.

Überdies ist es ein offenes Geheimnis, dass damit ein Wunsch all jener in Erfüllung geht, die sich im Studium der wissenschaftlichen Beiträge von Burkhard Sachs selbst um eine Struktur bemühen mussten, unter der sie sich dessen Denken und Argumentieren erschlossen haben. Erst nach und nach, und wegen der weitgestreuten Orte der Veröffentlichungen auch mit einer zum Teil erheblichen Mühe einhergehend, war damit auch immer die Frage verbunden, ob man womöglich einen weiteren wichtigen und als Lektüre unverzichtbaren Beitrag übersehen haben mochte. Diese Zeiten sind nun vorbei.

### 3 Zum Inhalt

Beinahe alle von Sachs veröffentlichten Texte konnten in diese Gesamtausgabe einfließen, und so finden sich insgesamt 40 von ihnen darin. All diese aber dürfen als Grundlagentexte Technischer Bildung gelten, weil sie deren zentrale Fragen und Probleme richtungsweisend aufgreifen. Es muss auch erwähnt werden, dass mit der vorliegenden Gesamtausgabe viele Texte Sachs vor dem Verlorengehen bewahrt werden, weil manche jener Quellen, in denen sie ursprünglich veröffentlicht worden waren, im Laufe der Zeit immer weniger verfügbar geworden sind.

Die 40 Texte werden in fünf Bereiche eingeteilt, die von den Herausgebern „Durchgänge“ genannt werden, weil die Reihenfolge der Texte in jedem Themenbereich fast chronologisch ist. Die fünf Durchgänge sind überschrieben: bildungstheoretische Grundlagen, Fragen der Lehrerbildung, Abgrenzungen und Präzisierungen, Intentionen und Inhaltes des Technikunterrichts sowie Organisation und Durchführung eines ‚guten‘ Technikunterrichts.

Angereichert werden viele Beiträge durch Grafiken, Tabellen und Skizzen. Abgerundet wird das Gesamtwerk durch eine vollständige Übersicht der

vorhandenen Texte, die chronologisch aufgebaut ist und von 1971 bis in das Jahr 2015 reicht. Die Literaturangaben aller Texte wurden zudem aus den jeweiligen Originalveröffentlichungen übernommen. Für einen historischen Rückblick auf ein halbes Jahrhundert Technischer Bildung ist das eine wertvolle Unterstützung.

Was ich in wenigen Sätzen schon gar nicht sagen kann, würde mir auch in vielen Sätzen niemals so gut gelingen, wie es die beiden Herausgeber Binder und Wiesmüller in ihrem Vorwort geschafft haben. Darin erläutern sie Aufbau und Inhalt der Bände, sie zeichnen Sachs' beruflichen Werdegang nach und zeigen eindrücklich die nachhaltige Bedeutung seines Werkes auf.

Professor Winfried Schmayl, der als langjähriger und kongenialer Wegbegleiter sowie einer der profiliertesten Kenner des Denkens und Wirkens von Burkhard Sachs die Technische Bildung im deutschsprachigen Raum wie jener prägte, kommt in seinem Geleitwort zu dieser Gesamtausgabe zu einer bedeutsamen Einsicht:

„Kurzum: Ohne nähere Kenntnis des wissenschaftlichen Werks von Sachs ist es nicht möglich, ein zutreffendes Bild der Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts, ihrer Genese und ihrer gegenwärtigen Verfassung zu gewinnen.“ (Schmayl 2021, S. 8)

#### **4 Zur Bedeutung der Werkausgabe für die Technische Bildung heute**

Wenn ich nun abschließend die Bedeutung der Werkausgabe für die Technische Bildung ansprechen werde, nehme ich damit zugleich eine Einladung der Veranstalter dieser Tagung hier an:

„Diejenigen“, so schreiben sie, „die das Tagungsthema als Infragestellung auffassen, sind eingeladen, das in den Vordergrund zu rücken, was noch zu tun ist.“

Die Arbeit Herrn Professor Sachs' war immer auch von deutlichen Hinweisen darauf geprägt, was noch zu tun ist. Endlich liegt eine würdige Gesamtausgabe der Sachsschen Texte vor! Das ist eine große Freude, weil sie mit Blick auf diese m. E. noch ungelösten Aufgaben und Herausforderungen Technischer Bildung eine große Hilfe darstellt.

Burkhard Sachs hat in all den 50 Jahren einen Leitgedanken in keinem seiner Beiträge aus den Augen verloren. Immer knüpft er, mal implizit, mal expressis verbis, an jenen Grundsatz an, der schon auf den ersten beiden werkpädagogischen Kongressen – 1966 in Weinheim und 1968 in Heidelberg – richtungsweisend zu wirken begann. Und dieser Grundsatz lautet, so wie ihn damals sinngemäß Gunter Otto formulierte:

Es geht um Technische Bildung, nicht um technische Schulung.  
(Otto 1970, S. 35)

Durch diese Überzeugung wurde Sachs zu Beginn seines technikdidaktischen Denkens geprägt, als die Technische Bildung aus der Kunsterziehung und dem Werkunterricht hervorging. In dieser Überzeugung prägte er danach und prägte er bis heute den technikdidaktischen Diskurs.

Weil die Zielperspektive „Bildung statt Schulung“ auch heute – und vielleicht sogar mehr denn je – noch nicht als erreicht gelten kann, ist diese Gesamtausgabe gerade auch für die Zukunft der Technischen Bildung ein unverzichtbares und bleibendes Referenzwerk.

Und so ist Sachs' Gesamtwerk heute nicht weniger als das, was es in seinen Einzelteilen immer schon war: ein Aufruf, eine Herausforderung, auch eine Provokation mit einer ungeheuren Dynamik!

Unter den vielen Beiträgen, die zur Technischen Bildung in all ihren Formen, Unformen und Scheinformen verfügbar sind, ist Sachs' Werk diesem Thema Bildung und damit dem Wohl des sich bildenden Menschen immer ganz nah geblieben. Die Nützlichkeit des Einzelnen für irgendwelche Berufsgruppen und die Verwertbarkeit von Bildung, wie sie heute in Form von Schulung überall in den Bildungsstätten stattfindet, waren für Sachs nicht leitend, wiewohl er diesen pragmatischen Aspekt von Bildung nie romantisierend ausgeblendet hat. Es ging ihm um das Ganze der Technik und das Ganze der Bildung zugleich. Der Wissenschaftler, der Pädagoge, der Mensch Burkhard Sachs wird durch diese drei Bände in seinen Grundüberzeugungen und seiner dynamischen Entwicklung gleichsam porträtiert.

Man könnte in einer Analogie zum Thema der DGTB-Tagung von 2021, diese Veröffentlichung des Lebenswerkes Sachs' daher als Anlass nutzen

für ein Resümee, ein Innehalten und Reflektieren der heutigen Technikdidaktik: „Verstehen wir, was wir da lesen!“ „Wollen wir das, was wir da lesen!“ „Machen wir Technische Bildung, statt technische Schulung!“

Die Herausgeber laden jeden von uns gemeinsam mit Burkhard Sachs dazu ein, meine so formulierten Aussagen entweder als Frage oder als Appell zu deuten. Ich freue mich über diese Veröffentlichung und sage vielen Dank dafür: vielen Dank an die Herausgeber und vielen Dank an Burkhard Sachs.

### **Literatur**

Otto, Gunter (1970): Werkerziehung in technischer Wirklichkeit. In: Sellin, Horst und Wessels, Bodo (Hrsg.): Beiträge zur Didaktik der technischen Bildung. Weinheim.

Schmayl, Winfried (2021). Geleitwort. In: Binder, Martin und Wiesmüller, Christian sowie die Abteilung Technische Bildung an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe (Hrsg.): Burkhard Sachs. Grundlinien einer kritischen Theorie technischer Bildung Texte zur Technikdidaktik aus 50 Jahren in fünf Durchgängen. Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren.

Christian Wiesmüller

## Auszeichnung von Lernorten Technischer Bildung

Der Vorstand der DGTB zeichnet auch 2022 zwei herausragende Lernorte Technischer Bildung aus

### 1 technicamps, Martin Fislake, Universität Koblenz Landau

Für ihren außerordentlichen Einsatz für eine Allgemeine Technische Bildung, verwirklicht durch eine überragende Vielfalt des Angebots und hohe Relevanz hinsichtlich der konkreten technischen Handlung, eingebunden in ein durchdachtes didaktisches Konzept spricht die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V. der Initiative

#### technicamps

höchste Anerkennung aus.

Stellvertretend für Projekt und Team gilt unsere Auszeichnung dem Gründer und Leiter Dr. Martin Fislake. Möchte man sich einen ersten Einblick verschaffen, kann man den verfilmten Besuch von Horst Lichter bei einem der technicamps ansehen (<http://www.technikcamps.de/medien/filme/horst-lichter-zu-gast-bei-uns/>).

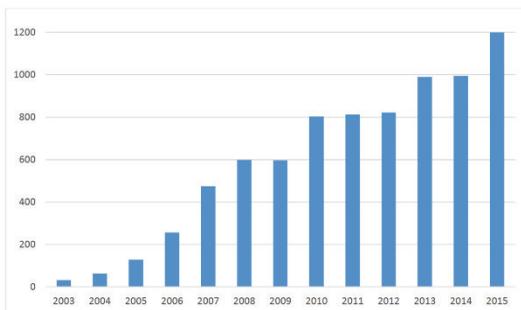


Abbildung 6  
Teilnehmerzahlen Standort  
Koblenz (eigene Darstellung)

Zu sehen ist eine große Bandbreite technischen Agierens, Kinder und Jugendliche werden abgeholt, niederschwellig oder auch auf anspruchsvoller Höhe des technischen Handelns. Fachkundige erkennen aber auch die pädagogisch-didaktische Kunst, mit der hier Kinder und Jugendliche zum Denken, zum Tun und zum Sprechen gebracht werden.

Aus meinem Vorgespräch mit unserem langjährigen Mitglied Martin Fislake weiß ich, dass es viele Herausforderungen gab und gibt, so ein Projekt am Leben zu halten. Dass es z. B. Corona überstanden hat, ist hoch zu veranschlagen und ohne seinen unermüdlichen Einsatz, und der des gesamten Projektteams, wäre das nicht möglich. Martin Fislake brennt für die Sache, für ein Projekt, das es Kindern und Jugendlichen ermöglicht, sich als technisch Interessierte oder auch Begabte zu entdecken. In den Projekten steht nicht die Technik, es stehen die Kinder und Jugendlichen im Mittelpunkt. Dafür gebührt der Initiative höchste Anerkennung und Dank der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung.

## **2 Zukunft durch Innovation – zdi.NRW, Magdalena Hein und Klaus Trimborn**

Für die Förderung Technischer Bildung bei der Vermittlung von MINT-Themen, für den Aufbau eines Landes-, die Mitwirkung beim Schaffen eines bundesdeutschen- und eines europäischen Netzwerks, für die Aktivierung interessierter Menschen und Institutionen, für diesen Bildungsbeitrag für die Allgemeinheit und die Innovationsdynamik der Gesellschaft, spricht die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V. der Initiative

### **Zukunft durch Innovation – zdi.NRW**

höchste Anerkennung aus.

Stellvertretend erwähnen wir Frau Hein und unser Mitglied Klaus Trimborn. Sie ermöglichen in besonderem Maße eine Technische Bildung im Allgemeinen. Die Initiative zdi.NRW schafft demokratisch-partizipativ orientierte Angebote für alle. Das Allgemeine ist identitätsbildend für eine Gesellschaft und von daher von überragender Bedeutung.

Zukunft durch Innovation als Lösung kann nur als eine gesamtgesellschaftlich getragene Anstrengung funktionieren. Die heute zu ehrende Gemeinschaftsoffensive stellt sich diesem Anspruch und wirkt in diesem Sinne. Und das Besondere, und für die DGTB Auszeichnungswürdige, ist die Berücksichtigung der Technik im Gesamtpaket.

Es ist ein Ziel von zdi.NRW, wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Spitzenforschung in die Öffentlichkeit zu tragen – und dazu gehört auch der Transfer aktueller technischer Entwicklungen.

zdi.NRW firmiert mit MINT. Was rückt zdi in die Wahrnehmung der DGTB? Diese Initiative erkennt das T in MINT, das T als einen Bereich eigener Theorie und Praxis, mit den der Technik eigenen Vorgehensweisen, Prinzipien, Grundlagen; hervorzuheben ihre Finalität: Mit der Technik werden die Ideen der Menschen konkret, werden manifest und verändern diese Welt – so geschieht Innovation.

Was zdi.NRW alles ins Werk gesetzt hat, kann in der Kürze der Laudatio nur umrissen werden. Das Engagement aus und in den Regionen, die 47 regionalen Netzwerke, die über 70 SchülerInnen-Labore, die kreative Szene, die Vernetzung von Schulen, Hochschulen, Unternehmen, Politik, Gesellschaft, von Orten und Initiativen, das Verknüpfen schulischer Arbeit mit Realkontexten, das Verknüpfen von Fächern (übrigens eben nicht nur der MINT-Fächer).

Ich muss das Ihrer Lektüre im Netz anheimstellen<sup>1</sup>. Das Aufrechterhalten der Unterstützung durch die Politik über die verschiedenen Regierungskonstellationen mag überdies ein Beleg für die Qualität der Arbeit der zdi.NRW sein.

## Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Martin **Binder**, Pädagogische Hochschule Weingarten. Leitung des Publikationsreferats der DGTB, Mitherausgeber von „tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht“. ✉ [binderm@ph-weingarten.de](mailto:binderm@ph-weingarten.de)

Marcus **Brändle**, Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik.

✉ [braendle@ife.uni-stuttgart.de](mailto:braendle@ife.uni-stuttgart.de)

Marietta **Campbell**, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Technische Bildung an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg und der Universität Potsdam. Forschungsschwerpunkte: sprachsensibler Technikunterricht, Inklusion im Technikunterricht.

✉ [marietta.campbell@uni-potsdam.de](mailto:marietta.campbell@uni-potsdam.de)

Prof. Dr. Engelbert **Fuchtmann**, Hochschule München.

Dani **Hamade**: Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand AG Technische Bildung der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Schwerpunkte: wassertechnische Infrastruktur, BNE, Automatisierungstechnik und Lehr-Lernlabore im Technikunterricht, Schülervorstellungen.

Prof. Dr. Stefan **Kruse**, Technikdidaktik und Ingenieurpädagogik, PH Weingarten. Forschungsschwerpunkte: Medien und Digitalisierung. Geschäftsführer der DGTB, Beirat der Zeitschrift MINT-Zirkel, Herausgeber der Genius- und DLR-Unterrichtsmedien. ✉ [kruse@ph-weingarten.de](mailto:kruse@ph-weingarten.de)

Dr. Jan **Landherr**: Wissenschaftlicher Mitarbeiter AG Technische Bildung der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Schwerpunkte: Technikphilosophie, Darstellung von Technik in Medien, Automatisierungstechnik im Technikunterricht.

Sascha **Müller**, akademischer Mitarbeiter Pädagogische Hochschule Weingarten im Projekt Artist, Bereich Technik und ihre Didaktik. Schwerpunkte: Digital Media, Medien- und Bildungsmanagement.

✉ sascha.mueller@ph-weingarten.de

Prof. Dr. Isabelle **Penning**, Juniorprofessorin für Didaktik der ökonomisch-technischen Bildung im inklusiven Kontext, kognitive Entwicklung (Sek I). Schwerpunkte: fachspezifische Lehr-Lernmethoden und Medieneinsatz, inklusive Gestaltung des Schulfaches Wirtschaft-Arbeit-Technik.

✉ isabelle.penning@uni-potsdam.de

Dr. Thomas **Rajh**, Seminarschulrat, Bereichsleiter Gesellschaftswissenschaften am Seminar für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte (GHWS) Rottweil. ✉ rajhthomas@t-online.de

Markus **Reiser**, Pädagogische Hochschule Weingarten, Fachbereich Biologie, ✉ markus.reiser@ph-weingarten.de

Dirk **Schade**, Studienleiter Technik am Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen in Schleswig-Holstein (IQSH), Fachaufsicht Technik im MBWFK.

Prof. Dr. Matthias **Schönbeck**, Zentrum für Lehrerbildung, Technische Universität Chemnitz. ✉ matthias.schoenbeck@zlb.tu-chemnitz.de

Maximilian **Seidler**, Universität Leipzig, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Didaktik und Pädagogik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken. ✉ maximilian.seidler@uni-leipzig.de

Dr. Andreas **Stettler**, Pädagogische Hochschule Bern, Inst. Sekundarstufe 1. Dozent mit Schwerpunkt Technisches Gestalten, fachdidaktische Entwicklungsforschung, quantitativ ausgerichtete Lehr-Lern-Forschung im Fach TTG mit Schwerpunkt im Bereich Unterricht und Aufgabenstellung.

Volker **Torgau**, Fachseminarleiter für Technik und Physik in Sachsen-Anhalt. ✉ volker.torgau@dgtb.de

Prof. Dr. Holger **Weitzel**, Pädagogische Hochschule Weingarten, Fachbereich Biologie. ✉ weitzel@ph-weingarten.de

Dr. Tobias **Wiemer**, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fakultät V, Institut für Physik, Arbeitsgruppe Technische Bildung. ✉ tobias.wiemer@uni-oldenburg.de

## **Die DGTB stellt sich vor**

Die DGTB ist ein eingetragener gemeinnütziger Verein, der seit 1996 tätig ist und dabei vier hauptsächliche Zwecke verfolgt:

### **Förderung der Technischen Bildung, insbesondere in allen Schularten und Schulstufen des allgemeinbildenden Schulwesens**

Allgemeinbildung leistet in einer sich ständig wandelnden Welt für junge Menschen einen lebenswichtigen Dienst: Sie bietet im Zuge von Kompetenzentwicklung als Ausstattung für Problemlösungen in der heutigen modernen Welt Orientierung.

Diese Welt tritt in privaten, beruflichen und öffentlichen Bereichen den Menschen als eine Welt entgegen, die von Technik maßgeblich geprägt ist. Die Menschen brauchen daher technische Sach-, Bewertungs- und Handlungskompetenz als Orientierungshilfen, um einerseits nicht der Faszination von Technik sowie eindimensionaler Fortschrittsgläubigkeit zu unterliegen und andererseits nicht die Technik in Bereiche von Negation und Dämonisierung abzuschieben. Genau in diesem Spannungsfeld findet eine allgemeine technische Bildung ihre wichtige Aufgabe innerhalb der Allgemeinbildung.

### **Erfahrungsaustausch über Ansätze, Probleme und Realisierungsformen Technischer Bildung im Unterricht**

Technische Bildung muss sich im Rahmen sachtechnischer Analyseprozesse bei der Gestaltung von Technik nicht nur auf den technischen Gegenstand und das technische Verfahren konzentrieren, sondern auch gleichzeitig die möglichen Technikfolgen im Blick haben und Fragen nach ihrer Nachhaltigkeit stellen. Die obigen Aussagen machen deutlich, welcher wichtiger Platz einer allgemeinen technischen Bildung bei Lernprozessen – von

der Grundschule bis zum Gymnasium – innerhalb der Allgemeinbildung zukommt.

### **Förderung von Forschung und Lehre im Rahmen der Aus- und Weiterbildung von Lehrern im Bereich Technischer Bildung**

Wir verstehen Technikdidaktik als eine fachbezogene Bildungswissenschaft. Sie wird gestaltet und entwickelt von Kolleginnen und Kollegen ...

- in den Hochschulen durch Forschung und Lehre zu Theorien und Modellen der Technischen Bildung,
- in den Lehrerseminaren und Fortbildungsinstitutionen durch Unterstützung der Lehrkräfte bei der Entwicklung, Evaluierung und Optimierung technikdidaktisch fundierter Lehrkonzepte,
- in den Schulen durch die tägliche Arbeit der Lehrkräfte mit ihren Schülerinnen und Schülern.

Ein wichtiges Element unserer Arbeit ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses: bei ihren Forschungsvorhaben, durch Diskussion und Austausch im Hinblick auf forschungsmethodische Fragen, durch Unterstützung und Beratung bei der Drittmittelakquise und durch das Nachwuchsforum DGTB *NEO* im Rahmen der Jahrestagungen.

### **Pflege der Beziehungen zu in- und ausländischen Organisationen, die ähnliche oder gleiche Ziele verfolgen**

Seit Beginn an arbeitet die DGTB mit anderen Organisationen zusammen, die sich für eine fundierte Technische Bildung einsetzen. So findet eine regelmäßige Zusammenarbeit mit Didaktikerinnen und Didaktikern im deutschsprachigen Ausland statt.



[www.dgtb.de](http://www.dgtb.de)

