

„startlearnING“ und die Ambivalenz eines domänenübergreifenden Unterrichtsangebots

Markus Reiser¹, Martin Binder² und Holger Weitzel²

¹ Pädagogische Hochschule Weingarten, Biologiedidaktik, ² Pädagogische Hochschule Weingarten, Technikdidaktik

OPEN ACCESS

Herausgeber:

Deutsche Gesellschaft für
Technische Bildung e. V.

Zitation:

Reiser, Markus; Binder, Martin;
Weitzel, Holger (2023): „start-
learnING“ und die Ambivalenz
eines domänenübergreifenden
Unterrichtsangebots.
PeerTec der DGTB.

Bereits die Arbeitsmarktsituation im Bereich der MINT-Berufe zeigt, wie wichtig die Förderung der MINT-Bildung in der Schule ist, in der Kinder und Jugendliche frühzeitig an technische und naturwissenschaftliche Themen herangeführt werden. Diesem Leitsatz folgend entwickelt das Projekt startlearnING problemorientierte Lernarrangements, die technische und naturwissenschaftliche Inhalte verbinden. Die Schülerinnen und Schüler werden jeweils mit einer Problemstellung konfrontiert, die durch die Entwicklung eines Produkts gelöst werden kann. Das Konstruieren als technisch/ingenieurspraktischer Prozess dient als Weg zur Lösungsumsetzung. Die Biologie fungiert als Ideengeber für die Konstruktion des Produkts. Obwohl Naturwissenschaften und Technik oft bildungspolitisch in einem Atemzug genannt werden, sind diese beiden Domänen grundlegend verschieden. Die Konzeption eines domänenübergreifenden Unterrichts ist daher vor die Herausforderung gestellt, inhaltliche und methodische Synergien der Bezugsdomänen hervorzuheben, ohne deren Spezifika zu übergehen. Daher wird in diesem Beitrag ein Modell präsentiert, das aufzeigt, wie domänenübergreifende Lernarrangements, die Kompetenzen aus beiden Bezugsdomänen gleichermaßen fördern, zusammengeführt werden können.

Schlüsselbegriffe: Domänenübergreifendes Lernen, MINT- Bildung, Konstruieren

The labour market situation in the field of STEM professions already shows how important it is to promote STEM education at school, where children and young people are introduced to technical and scientific topics at an early age. Following this guiding principle, the startlearnING project develops problem-based learning arrangements that combine technical and scientific content. The students get confronted with a problem that can be solved by developing a product. Designing as a technical/engineering process serves as a way to implement the solution. Biology works as a source of ideas for the construction of the product. Although science and engineering are often mentioned in the same breath in terms of educational policy, these two domains are fundamentally different. The conception of a cross-domain teaching is therefore confronted with the challenge of highlighting content-related and methodological synergies of the reference domains without ignoring their specifics. Therefore, this paper presents a model that shows how cross-domain learning arrangements that promote competences from both reference domains equally can be brought together.

Keywords: cross-domain learning, STEM education, engineering

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>).

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 bis 7 zu adaptieren.

Bis dato haben an dem Projekt 926 Schülerinnen und Schüler teilgenommen und 59 Lehrerinnen und Lehrer wurden in Fortbildungen für den Umgang mit den erstellten Materialien und den Tüftlerkisten geschult. Im Projekt sind 5 Unterrichtsreihen entstanden: Bau einer Schneckenbehaltung (GS), Bau einer Warmhaltungsmöglichkeit (GS), Bau einer Fütterungsmaschine

(Sek I), Bau einer Kalthaltungsmöglichkeit (Sek I) und Bau einer Wasserreinigungsapparatur (Sek I).

1 Problemaufriss

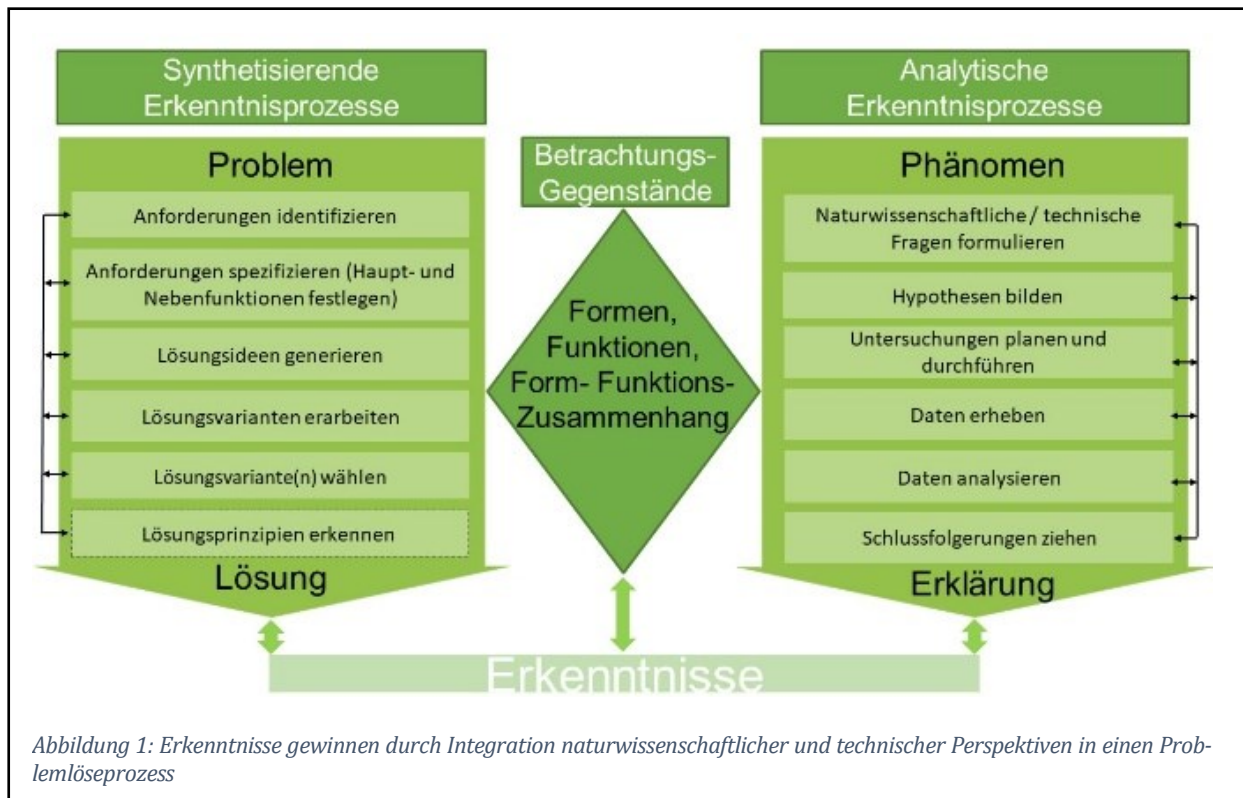
Die Entwicklung und Implementation interdisziplinärer bzw. domänenübergreifender Unterrichtsansätze ist aus mehreren Perspektiven herausfordernd:

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 technikkdidaktischer 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 (vgl. bspw. <https://www.master-bio.de/suchen>), ist zumindest zu überlegen, ob die fachdidaktische Diskussion der Realität ein Stück hinterherhinkt.



2 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.

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 Grundannahme 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.

Auf Grundlage dieser Gemeinsamkeiten wurde ein Modell erstellt, das domänenübergreifende Synergiepotentiale aufzeigt und als didaktische Legitimation für einen domänenübergreifenden Unterricht dient, der Technik 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 Erkenntnisprozesse, wie das Experimentieren, als auch synthetische Erkenntnisprozesse, wie das Konstruieren bzw. 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.

3 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 heruntergeladen werden.

3.1 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 Schülern die Problemstellung vorgestellt: „Es soll eine Maschine gebaut werden, die besser funktioniert als die Frühstücksmaschine aus dem Video“. Konkret

tisiert 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 Schülern nicht zur Verfügung stehen. Die gezeigte Maschine ist somit nicht als Lösungsidee replizierbar.

Obgleich 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.

3.2 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 Schülern eine Liste von Anforderungen entwickelt, die Checkliste (s. Tabelle 1). Diese Checkliste wird auch zur Bewertung der jeweiligen Konstruktionen verwendet.

Tabelle 1: Checkliste der Haupt- und Zusatzfunktionen beim Bau einer Fütterungsmaschine

Hauptfunktionen	Zusatzfunktionen
Die Maschine kann das Gewicht einer Gabel und einer Weintraube halten und heben.	Die Gabel kann zum Mund gedreht werden.
Die Maschine kann einen Höhenunterschied von mindestens 20 cm überwinden.	Es gibt eine Trinkmaschine.
Die Maschine ist transportabel.	Die Maschine kann von verschiedenen Seiten bewegt werden.
Die Konstruktion funktioniert mehrmals.	Die Maschine sieht cool aus.
	...

3.3 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.

3.4 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.

3.5 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 Reflexions-gesprächen 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.

3.6 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.

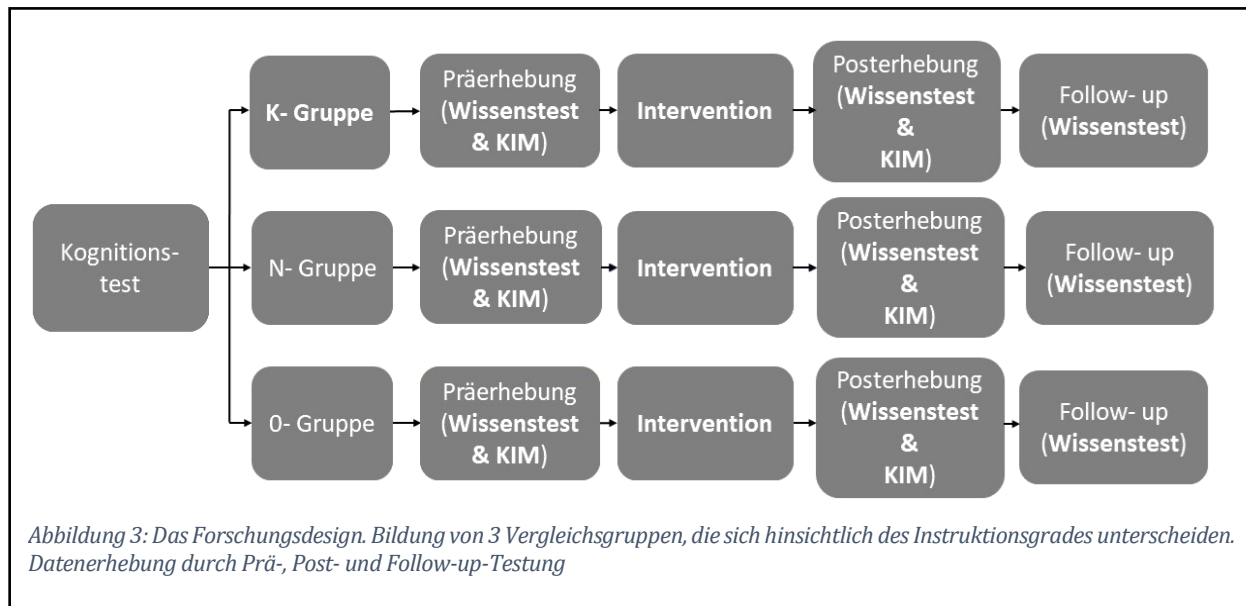
Hinsichtlich des Materials können etwa Erkenntnisse über dessen Stabilität, Dimensionierung oder Verarbeitungsmöglichkeiten gewonnen werden. Die Wahl und Fertigung von Verbindungsmöglichkeiten ermöglichen Erkenntnisse über deren Funktion, Fertigung, und Optimierung.

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 Schülern 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.



4 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.

5 Forschungsinteresse und -design (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 Domä-

nen 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 Schülern der 5. - 7. Klasse. Aufbauend auf dieser Forschung kann auch die technikdidaktische Perspektive des Forschungsdesiderats beforcht werden.

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. Die Datenerhebung beginnt vier bis sechs Wochen vor der Intervention (= Durchführung des Lernarrangements) mit der Durchführung eines Kognitionstests (CFT 20R von Weiß und 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 bis 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 O-Gruppe. Anstelle einer technischen Konstruktion wird die O-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.

6. 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 Technikwissenschaften – 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. Abgerufen unter: <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2022/> [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. Abgerufen unter: 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, & Ziemann, 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): *Domänenspezifisch und Interdisziplinär - 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.
- Verein Deutscher Ingenieure (2019). *Richtlinie VDI 2221 Blatt 1: Entwicklung technischer Produkte und Systemmodell der Produktentwicklung*. Düsseldorf: VDI-Verlag
- Weiß, R. H., & Weiß, B. (2006). *Cft 20-r. Grundintelligenztest Skala, 2*.
- Wilde, Matthias, Bätz, Katrin, Kovaleva, Anastassiya, & Urhahne, Detlef. (2009). Überprüfung einer Kurzskaala intrinsischer Motivation (KIM): Testing a short scale of intrinsic motivation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 15, 31–45.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Modell „Erkenntnisse gewinnen durch Integration naturwissenschaftlicher und technischer Perspektiven in einen Problemlöseprozess“, startlearnING

Abb. 2: Schematische Darstellung des Unterrichtsablaufs bei startlearnING- Unterrichtsangeboten. startlearnING

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

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Checkliste der Haupt- und Zusatzfunktionen beim Bau einer Fütterungsmaschine. startlearnING Abgerufen unter: <https://www.startlearning.info/fake-arm>