

Verena Jannack (Pädagogische Hochschule Heidelberg)

Jens-Peter Knemeyer (Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium Mannheim)

Nicole Marmé (Pädagogische Hochschule Heidelberg)

**Kompetenzförderung im Naturwissenschaft- und
Technik-Unterricht durch den Bau von
Aufwindkraftwerksmodellen**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Daniel Pittich

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

Verena Jannack (Pädagogische Hochschule Heidelberg), Jens-Peter Knemeyer (Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium Mannheim) und Nicole Marmé (Pädagogische Hochschule Heidelberg)

Kompetenzförderung im Naturwissenschaft- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen

Zusammenfassung

Naturwissenschaftlich-technische Grundbildung und Kompetenzförderung sind zwei Ziele des Naturwissenschaft- und Technik-Unterrichts. Um diese zu erreichen, integriert das Unterrichtskonzept *Lucycity* Problembasiertes Lernen in den Unterricht. Neben dem Konzept wird eine Unterrichtseinheit vorgestellt, bei der die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe erhalten ein funktionierendes Modell eines Aufwindkraftwerks zu bauen, eine Versuchsreihe zur Optimierung durchzuführen und die Ergebnisse in einem Fachartikel darzustellen. Die Antworten einer begleitenden Befragung der Schülerinnen und Schüler stärken die Vermutung, dass das interdisziplinäre Projekt naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, Teamarbeit und die Arbeit mit wissenschaftlichen Texten – teilweise auch geschlechtsspezifisch – fördert.

Schlüsselwörter: NwT-Unterricht, Kompetenzförderung, naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen, Problembasiertes Lernen

Promoting student's competencies in science and technical education by the construction of solar updraft tower models

Abstract

Scientific and technical literacy as well as development of competencies are two goals of science and technical education. Problem-based learning is known as an appropriate method to address these issues. *Lucycity* is a teaching concept that integrates problem-based learning in classroom. In the presented lesson plan the students have to build a model of a solar updraft tower, test the efficiency and write an article about the findings. The project was tested and the students were asked for their experiences. They acquired team and inquiry competencies and learned to read and write scientific and technical texts.

Keywords: science education, development of competencies, science inquiries, problem-based learning

1 Naturwissenschaft- und Technik-Unterricht

Bereits im Jahr 1958 betonte Paul Hurd die Bedeutung der naturwissenschaftlichen Bildung für eine effektive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben (Hurd 1958). Allerdings reicht in Zeiten des schnellen Wandels eine fachliche Grundbildung nicht mehr aus, sondern es werden darüber hinaus vielfältige Kompetenzen benötigt, um den Anforderungen der Berufswelt und des Alltags gerecht werden zu können (Abbott 1996; Gatzke 2007; OECD 2005). Eine diesbezügliche Kompetenzförderung muss bereits im Jugendalter erfolgen und so definiert die Bund-Länder-Kommission (BLK 2004) das Aufgabenspektrum der Schulen wie folgt: Entwicklung von Fach-, Handlungs-, Lern- und Sozialkompetenz. Ein Fach, das diese Fähigkeiten besonders im naturwissenschaftlichen Bereich fördern soll, ist das Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) an Gymnasien in Baden-Württemberg. Im Bildungsplan (2004) werden zur Erreichung dieser Ziele zudem „Teamfähigkeit und Eigenverantwortlichkeit bei der Arbeit in Projekten“ sowie „fächerverbindendes naturwissenschaftlich-technisches Denken“ gefordert.

1.1 Gestaltung eines kompetenzorientierten Unterrichts

Ein Großteil der Literatur im Bildungsbereich und der Bildungspolitik stützt sich auf den Kompetenzbegriff nach Weinert. Er definiert Kompetenzen als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten“ zum Problemlösen „sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften“ zu deren variablen und erfolgreichen Einsatz (Weinert 2001). Vor diesem Hintergrund sollte sich ein kompetenzorientierter Unterricht zur Förderung einer naturwissenschaftlich-technischen Grundbildung an den einzelnen Lernenden und damit an den konstruktivistischen Lernvorstellungen orientieren. Dies ist der Fall, wenn sich die/der Lernende auf Grundlage des Vorwissens aktiv mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen kann und von der/dem Lehrenden in diesem Selbstlernprozess unterstützt wird (Anton 2005; Rocard et al. 2007). Dazu müssen Handlungsmöglichkeiten geboten, der Einsatz naturwissenschaftlich-technischer Arbeitsweisen zum Problemlösen gefördert (Labudde & Möller 2012) und die Reflexion der eigenen Arbeit angeregt (Anton 2005) werden. Außerdem sollte das Lernen in sinnvollen Kontexten erfolgen, die aus dem Interessengebiet der/des Lernenden stammen (Anton 2005; Labudde & Möller 2012). Zu einem erfolgreichen Lernen trägt auch das soziale Umfeld bei. So kann die Diskussion über naturwissenschaftlich-technische Themen in Gruppen zu tieferem Verständnis und einem positiven Selbstbild beitragen (Wellensiek 2005). Klieme und Rakoczy (2008) benennen zusammenfassend drei Kriterien für guten und motivierenden Unterricht: „strukturierte, klare und störungspräventive Unterrichtsführung; unterstützendes, schülerorientiertes Sozialklima und kognitive Aktivierung, zu der (...) generell ein diskursiver Umgang mit Fehlern gehören kann“.

Methodisch kann ein solcher kompetenzorientierter Unterricht auf verschiedenen Wegen umgesetzt werden. So werden das historisch-genetische Lernen (AAAS 1993) sowie kontextbasierte (Eurydice 2011), forschende (NRC 1996; Rocard et al. 2007) und problemorientierte Methoden (BMUKK 2001) als erfolgsversprechend genannt. Diese sind – nach Meinung einiger Autorinnen und Autoren – darüber hinaus in der Lage, einem möglichen

Interessensabfall im naturwissenschaftlichen Bereich vorzubeugen und durch ihre kommunikative und kooperative Gestaltung Mädchen in besonderem Maße zu fördern (Anton 2005; Labudde & Möller 2012; Rocard et al., 2007). Auch Unterricht in geschlechtshomogenen Gruppen soll eine spezielle Förderung der Mädchen begünstigen und deren Selbstbild stärken (acatech 2011).

Eine konkrete methodische Möglichkeit stellt das Problembasierte Lernen (PBL) nach McMaster dar, welches ursprünglich aus dem Bereich Medizin stammt. Dabei wird bei der Arbeit in Kleingruppen zur Lösung einer komplexen Aufgabe ein strukturierter Problemlöseprozess zyklisch durchlaufen (Neufeld & Barrows 1974). Die Struktur der Methode ermöglicht Eigentätigkeit der Lernenden sowie soziale Interaktion und bietet Handlungsmöglichkeiten im konkreten Kontext. Agnes Weber (2005) betont die Effektivität der Methode in Bezug auf die Generierung flexiblen Wissens, die Förderung von Schlüssel- und Handlungskompetenzen sowie den positiven Einfluss auf Selbstwahrnehmung und Motivation der Lernenden. In Abschnitt 2 wird aufgezeigt, wie diese Methode in den Schulunterricht integriert werden kann.

1.2 Das Fach Naturwissenschaft und Technik in Baden-Württemberg

Mit dem Bildungsplan von 2004 in Baden-Württemberg wurde für das naturwissenschaftliche Profil der allgemeinbildenden Gymnasien ein neues Kernfach „Naturwissenschaft und Technik (NwT)“ eingeführt, welches in den Klassen acht bis zehn mit vier Wochenstunden unterrichtet wird. Im Bildungsplan des auf interdisziplinäre Themen und praktische Arbeitsweisen ausgerichteten Faches wird die Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Bereich betont. Im Vordergrund stehen die Arbeit an Projekten im Team und die Einübung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (wie Hypothesenbildung, Experimentieren, Dokumentieren, Umgang mit Fachtexten etc.). Inhaltlich werden beispielsweise auch „Perspektiven für die Energieversorgung der Zukunft“ genannt. Weitere explizit aufgeführte Kompetenzen und Inhalte werden in Tabelle 2 (Abschnitt 2.2) aufgeführt (Bildungsplan 2004).

Erstmals wurde NwT im Schuljahr 2007/08 an den Gymnasien in Baden-Württemberg flächendeckend unterrichtet. Zunächst wurden dafür Fachlehrerinnen und Fachlehrer der Naturwissenschaften eingesetzt, da es keine ausgebildeten NwT-Lehrerkräfte gab. Während in den folgenden Jahren Anwärter des Lehrberufs wenigstens eine Zusatzausbildung machen konnten, gibt es heute an einigen Universitäten Studiengänge, die auf die Ausbildung von NwT-Lehrkräften ausgelegt sind. Die ersten Absolventinnen und Absolventen dieses Studiengangs beendeten im Sommer 2015 das Referendariat und stehen nun den Schulen zur Verfügung.

Zur Unterstützung der eingesetzten Fachlehrkräfte entwickelte der Arbeitskreis *didaktik aktuell* (www.didaktik-aktuell.de) interdisziplinäre Unterrichtsprojekte auf Grundlage des Problembasierten Lernens, um den fächerverbindenden Aspekt zu bedienen und eine Methode zur Förderung der genannten Kompetenzen vorzustellen. Dies war der Ausgangspunkt zur Entstehung des Lernkonzepts *Lucycity* und den entsprechenden Unterrichtsprojekten.

2 Problembasiertes Lernen im Schulunterricht

Es gibt bereits Erfahrungen zum Einsatz von Problembasiertem Lernen im Schulunterricht aus dem amerikanischen Raum. In der entsprechenden Literatur wird einheitlich von gewissen Herausforderungen bei der Arbeit in der Schule berichtet, die aus dem traditionellen Einsatz im tertiären Bildungssektor nicht bekannt sind. So müssen organisatorische Rahmenbedingungen beachtet, die Erarbeitung bestimmter Inhalte gewährleistet, die Betreuung großer Klassen verwirklicht und die Unterstützung der überwiegend unerfahrenen Lernenden bewältigt werden (Delisle 1997; Duch 2001; Torp & Sage 1998).

2.1 Das Unterrichtskonzept *Lucycity*

Ein mögliches Unterrichtskonzept, das diese Herausforderungen aufgreift, ist die virtuelle Lernstadt *Lucycity* (Marmé et al., 2011; Marmé, Kneißl & Knemeyer 2011). Das Problembasierte Lernen wird in fiktiven Lernfirmen umgesetzt, die alle in der virtuellen Stadt *Lucycity* (www.lucycity.de) angesiedelt sind. Zu Beginn erhalten die Schülerinnen und Schüler einen interdisziplinären Forschungsauftrag, den sie in Gruppen (sog. Abteilungen) bearbeiten. In jeder Gruppe fungiert eine Schülerin/ ein Schüler als Abteilungsleiterin bzw. Abteilungsleiter, die/der als Bindeglied zwischen Gruppe und Lehrkraft fungiert und für das Funktionieren der Arbeit innerhalb der Gruppe verantwortlich ist. So kann die Betreuung großer Lerngruppen mit sogenannten Peer-Tutorinnen bzw. -Tutoren erfolgreich gestaltet werden und die Lehrperson kann den Fokus auf individuelle Unterstützungen legen. Die Gruppenarbeitsphasen können durch klassische Unterrichtssequenzen (sog. Mitarbeiterseminare) ergänzt werden. Dadurch können im Bildungsplan geforderte Lehrinhalte oder Hilfestellungen zur Bewältigung des Auftrags erarbeitet werden. Der Lernprozess wird durch den Einsatz von Portfolios dokumentiert und reflektiert. Außerdem werden am Ende die Ergebnisse präsentiert und teilweise auch in wissenschaftlich gestalteten Fachartikeln dargelegt. Die Organisationsform der Abteilungen und Mitarbeiterseminare (Marmé, Kneißl & Knemeyer 2011) ermöglicht die Betreuung großer Klassen und gewährleistet die Erarbeitung geforderter Bildungsplaninhalte. Ergänzend wird auch das Training von Schlüsselkompetenzen, wie Präsentationstechniken, Einsatz und Verwendung von Medien und Technik sowie Teamarbeit angestrebt. Die Authentizität der Lernumgebung wird durch firmeneigene Homepages unterstützt und steigert damit die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Als Unterstützungsmaßnahmen für den Schulunterricht wurden der Problemlöseprozess angepasst und Protokollbögen eingeführt, welche die Dokumentation der einzelnen Problemlöseschritte garantieren sollen (Jannack et al. 2015). Ziel ist es den Schülerinnen und Schülern eine Möglichkeit zur Problemlösung an die Hand zu geben, auf die sie später bei komplexen Problemen in Beruf und Alltag zurückgreifen können.

2.2 Bau von Aufwindkraftwerk-Modellen mit der *Windhösel-Kraftwerke AG*

Eine Firma in *Lucycity* ist die *Windhösel-Kraftwerke AG* (Jannack et al. 2011). Die Schülerinnen und Schüler bekommen als Mitglieder eines Forschungsteams die Aufgabe ein funktionierendes Modell eines Aufwindkraftwerks zu bauen und eine Messreihe zu dessen Optimierung durchzuführen. Die Forschungsarbeit soll in einem Portfolio dokumentiert und

reflektiert werden. Die Ergebnisse sollen in einem Fachartikel dargestellt und/oder einer Jury (bspw. einem Team aus Lehrpersonen) präsentiert werden. Als Ausgangspunkt für die Recherche kann die Firmenhomepage (www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.de) mit Originalliteratur und weiteren Informationen dienen. Das interdisziplinäre Projekt verbindet inhaltlich verschiedene Fachdisziplinen wie Technik, Physik, Geografie und Chemie.

Das Projekt kann an das Alter der Schülerinnen und Schüler sowie die schulischen Rahmenbedingungen angepasst und zeitlich flexibel gestaltet werden. Die bisherigen Unterrichtsversuche fanden in den Klassen acht bis zehn statt und wurden meist als Unterrichtseinheit mit bis zu 44 Schulstunden (à 45 Minuten) durchgeführt. Die vier Wochenstunden waren in eine Doppelstunde und zwei Einzelstunden aufgeteilt. Als Hinführung zum Themengebiet der regenerativen Energien bietet es sich an, der Unterrichtseinheit einen Themenblock zu fossilen Energieträgern und den damit verbundenen Problemen voranzustellen. Daraufhin kann ausgehend von der Energiethematik, der Bedarf erneuerbarer Energien thematisiert werden. Als Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Firma *Windhösel-Kraftwerke* werden die Schülerinnen und Schüler dann in das Problembasierte Lernen und die Portfolioarbeit eingeführt. Die Bildung der einzelnen Abteilungen (Gruppen) erfolgt durch die von der Lehrkraft ausgewählten Führungskräfte, so dass in der Regel sozial verträgliche Gruppenkonstellationen entstehen. Anschließend erhalten die Abteilungen ihren Auftrag und starten ihre Arbeit bspw. mit einer Internetrecherche. Jede Gruppensitzung (Schulstunde) soll mittels Protokollbogen dokumentiert werden, um Entscheidungen innerhalb der Gruppe gemeinsam zu treffen und damit im Laufe des Arbeitsprozesses keine Ideen verloren gehen. Die Arbeit in den Gruppen kann regelmäßig durch Mitarbeiterseminare unterbrochen werden, um zusätzliche Informationen und Strategien für den Arbeitsauftrag zu vermitteln (z.B. Seminar zum wissenschaftlichen Schreiben) oder um fachliche Inhalte aus dem Themenbereich Energie (z.B. Energiespeicher oder weitere erneuerbare Energieformen) zu erarbeiten. Bei der oben genannten Stundenaufteilung bieten sich die Doppelstunden jeweils für die selbstständige Arbeit in den Abteilungen und die Einzelstunden für die Mitarbeiterseminare an. Tabelle 1 zeigt exemplarisch einen Überblick über eine mögliche zeitliche Gestaltung der Unterrichtseinheit.

Projektbezogene Mitarbeiterseminare (Einführung, Portfolio, wissenschaftliches Schreiben, auch Kamin- und Treibhauseffekt)	8 Unterrichtsstunden
Eigenständige Arbeit der Schüler/innen am Projekt (Planung und Modellbau, Forschung, Schreiben)	20 Unterrichtsstunden
Theoretische Mitarbeiterseminare zu erneuerbaren Energien (z.B. Solarenergie, Wasser-/Windkraft, Geothermie, Biomasse, Brennstoffzelle)	10 Unterrichtsstunden
Präsentation der Ergebnisse, Klassenarbeit	6 Unterrichtsstunden

Tabelle 1: Zeitliche Umsetzung des Projekts der *Windhösel-Kraftwerke* im Unterricht

Im NwT-Unterricht geforderte Inhalte (I) und Kompetenzen (K) (linke Spalte) und ihre Umsetzung im Unterrichtsprojekt <i>Windhösel-Kraftwerke</i> (rechts)		
I	<ul style="list-style-type: none"> • Energieträger, Energiespeicher, Energiestrom • Energieumwandlung, Wirkungsgrad • Möglichkeiten der Energienutzung analysieren und bewerten • Perspektiven der Energieversorgung der Zukunft nachvollziehen und bewerten • Analogien zwischen technischen und natürlichen Systemen erkennen und beschreiben 	<p>Diese Inhalte können in den Mitarbeiterseminaren behandelt werden.</p> <p><i>Für den letzten Punkt eignet sich bspw. ein Mitarbeiterseminar zum Thema ‚Hangwinde und thermische Aufwinde für den Segelflug nutzen‘.</i></p>
K	<p><u>Individuelle und soziale Kompetenzen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fächerverbindendes naturwissenschaftlich-technisches Denken • Verständnis für die Rolle der Basiswissenschaften und deren Bedeutung in Alltag und Technik • Durchhaltevermögen und Frustrationstoleranz bei der Lösung komplexer Aufgaben • Teamfähigkeit und Eigenverantwortlichkeit bei der Arbeit in Projekten 	<p>In den interdisziplinären Projekten muss Wissen aus verschiedenen Fachdisziplinen eingebracht werden (<i>bspw. Physik: Funktion von Generator u. Transformator</i>).</p> <p>Die komplexen Aufgaben werden selbstorganisiert in Kleingruppen bearbeitet.</p>
	<p><u>Handlungskompetenzen</u></p> <p>Dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen sie naturwissenschaftlich-technische Projekte im Team; • wenden sie fachspezifische naturwissenschaftliche Sicht- und Analyseweisen an; • erwerben sie die Fähigkeit, Hypothesen und Prognosen aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich verbal auszudrücken und argumentativ zu untermauern; • verstehen sie naturwissenschaftlich-technische, auch englischsprachige, Texte; • verfassen sie naturwissenschaftlich-technische Texte; • lernen die Schülerinnen und Schüler exemplarisch Vorgehensweisen und Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung (...) kennen und üben diese ein. • Dazu gehört auch die Verwendung des Computers als Werkzeug und die kritische Nutzung des Internets. <p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messungen planen, durchführen und die Ergebnisse grafisch darstellen; • Messungen mit einem selbst hergestellten Instrument durchführen; • Diagramme erstellen, auswerten und interpretieren. 	<p>Das Aufwindkraftwerkmodell muss im Team geplant werden. Dabei soll die Arbeit in einem Portfolio dokumentiert und reflektiert werden. Bei der anschließenden Forschung, muss eine Frage aufgeworfen, ein passendes Experiment geplant und ausgewertet werden. Die Veränderung nur eines Parameters spielt eine entscheidende Rolle. Die Forschung wird in einem wissenschaftlichen Artikel (mit englischer Zusammenfassung) dargestellt. Auf der Homepage steht Originalliteratur (auch englischsprachig) zur Verfügung. Die Ergebnisse müssen zusätzlich einer Jury präsentiert werden.</p>

Tabelle 2: Im Bildungsplan (2004) geforderte Kompetenzen, Inhalte und Arbeitsweisen und ihre Umsetzung im Unterrichtsprojekt *Windhösel-Kraftwerke*

Durch die naturwissenschaftlich-technische Ausrichtung und das Unterrichtskonzept werden viele Aspekte aus dem Bildungsplan für das Fach Naturwissenschaft und Technik umgesetzt, womit sowohl Fach-, Handlungs-, Lern- als auch Sozialkompetenzen gefördert werden sollen (siehe Tab. 2). Im Bildungsplan heißt es außerdem: „Zur Leistungsbeurteilung gehört neben schriftlichen Arbeiten und der mündlichen Mitarbeit auch die Bewertung von praktischen Fähigkeiten, Referaten, Präsentationen, Facharbeiten und gegebenenfalls Portfolios. Auch Einzelleistungen im und für das Team sind zu berücksichtigen.“ (Bildungsplan 2004) Mit dem Unterrichtskonzept *Lucycity* können alle diese Bewertungskriterien bedient werden.

Als reines Bauprojekt kann der Modellbau innerhalb von drei Tagen (ganztägig, bspw. an Projekttagen) realisiert werden, wobei dann kaum zusätzliche Inhalte bearbeitet werden können. Die Materialien können teilweise vorgegeben werden (in der Projekt-Variante) oder dürfen von den Schülerinnen und Schülern frei gewählt werden (in der ausführlichen Unterrichtseinheit). Bei den von uns durchgeführten Unterrichtsprojekten entstanden so Low-Cost-Modelle aus Papier und Folie oder stabilere Modelle aus Holz, Metall und Plexiglas (vgl. Abb.1). (Jannack et al. 2011)

Auch bei der Optimierung der Modelle wurden in den Abteilungen verschiedene Ideen entwickelt und deren Umsetzung beim Bau eingeplant. So untersuchten Schülerinnen und Schüler von zehnten Klassen beispielsweise den Einfluss von Rotorblattanzahl, Höhe des Kamins, Kollektormaterial oder Kollektorabstand zum Boden auf die Effektivität des Modells. Als Maß für die Effektivität wurde die Anzahl der Turbinenumdrehungen bei einer Bestrahlung des Modells durch einen 500W-Strahler verwendet.



Abbildung 1: Aufwindkraftwerkmodelle von Schülerinnen und Schülern; a) Low-Cost-Modell aus Papier und Folie, b+c) Verarbeitung von Holz, Metall und Plexiglas in den Modellen bei freier Materialwahl

3 Erfahrungen und Ergebnisse

Die Unterrichtseinheit eignet sich für den NwT-Unterricht (Gymnasium) und Technik-Unterricht (Realschule, Werkrealschule) der Sekundarstufe 1. Zur Evaluation wurde das

Projekt in zehnten Klassen im NwT-Unterricht an Gymnasien in Baden-Württemberg durchgeführt. Dabei wurde das Projekt wie oben beschrieben (ausführliche Projektvariante) gestaltet. Die Schülerinnen und Schüler wurden vor und nach der Unterrichtseinheit zum Projekt und der Arbeit in der Gruppe befragt ($N = 97$). Ein Teil der Klassen wurde zusätzlich gebeten die eigenen Kompetenzen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich auf einer fünfer Likert-Skala einzuschätzen ($N_{1v(orher)} = 53$, $N_{1n(achher)} = 49$). Die Schülerinnen und Schüler der anderen Klassen wurden teilweise in gleichgeschlechtliche Gruppen eingeteilt und dazu befragt ($N_2 = 30$).

Die begleitende Forschung verfolgte das Ziel, die gestaltete Unterrichtseinheit aus Perspektive der Schülerinnen und Schüler zu evaluieren, um gegebenenfalls Optimierungen vornehmen zu können. Gleichzeitig sollte erhoben werden, wie die Schülerinnen und Schüler ihren Kompetenzzuwachs einschätzten. Einige der verfolgten Hypothesen bezogen sich auf naturwissenschaftlich-technische Arbeitsweisen, individuelle Kompetenzen, die Nutzung von Computer und Internet sowie die Gruppenarbeit:

H1a: Das Projekt fördert Planungs- und Dokumentationskompetenz sowie

H1b: den Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten.

H2a: Das Projekt fördert die Nutzung des Computers als Werkzeug und

H2b: die kritische Nutzung des Internets.

H3a: Das Projekt fördert Frustrationstoleranz und

H3b: Reflexionsvermögen.

H4a: Das Projekt fördert Teamkompetenzen.

H4b: Mädchen bevorzugen geschlechtshomogene Gruppen.

3.1 Stärkung naturwissenschaftlich-technischer Arbeitsweisen

Im Rahmen der Selbsteinschätzung ihrer naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen vor und nach dem Projekt wurden den Schülerinnen und Schülern vier Kompetenzen vorgegeben, die sich mit der Planung und Durchführung wissenschaftlicher Forschung beschäftigen. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen: ‚Formulierung und Untersuchung von Hypothesen und Prognosen‘ sowie ‚Struktur und Dokumentation des Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage‘.

Betrachtet man die Gesamtzahlen (N_{1n}) wurden nach dem Projekt deutlich positivere Einschätzungen vorgenommen. Vergleicht man die Angaben vor und nach der Unterrichtseinheit haben sich im Bereich ‚Hypothesen und Prognosen‘ 48% besser und 16% schwächer eingeschätzt. Auffällig ist, dass sich die Jungen hier einen überdurchschnittlichen Kompetenzzuwachs (56%) bescheinigten. Im Bereich ‚Struktur und Dokumentation‘ lagen die Durchschnittswerte bei 38% Zuwachs und 19% Verringerung. Hier schienen die Mädchen besondere Fortschritte gemacht zu haben (46%), während die Jungen sich nach der Einheit häufig schlechter einschätzten. Insgesamt gab es bei den Mädchen keine und bei den Jungen nur noch vereinzelt negative Einschätzungen.

Diese Werte lassen zwei mögliche Interpretationen zu, die sicher auf unterschiedliche Gruppen von Schülerinnen und Schülern zutreffen. Entweder konnten die Kompetenzen im Bereich

dieser naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen gefördert werden oder es trat im Laufe des Projekts eine Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler ein, so dass sie nun eher wissen worauf es ankommt bzw. sich realistischer einschätzen können.

Die berichteten Beobachtungen der Lehrkräfte weisen darauf hin, dass Mädchen ihre Dokumentations- und Strukturierungskompetenzen verbesserten und im Bereich der Bildung und Überprüfung von Hypothesen auf ihre teilweise vorhandenen Defizite aufmerksam wurden. Bei den Jungen konnte dagegen eine Verbesserung der Kompetenz im Bereich der Prognosebildung und -überprüfung beobachtet werden, wohingegen die Defizite im Bereich der Dokumentation und Organisation deutlich aufgezeigt und Alternativen vorgestellt werden konnten. Demnach kann Hypothese H1a nur bedingt bestätigt werden.

Auch beim Umgang mit naturwissenschaftlichen Texten war eine Kompetenzentwicklung zu beobachten. So schätzte sich ein Drittel der Schülerinnen und Schüler (N_{1n}) nach dem Projekt im Verstehen von naturwissenschaftlich-technischen Texten besser ein. Nach dem Projekt gaben 60% der Schülerinnen und Schüler an, solche Texte verstehen zu können, 30% fühlten sich unsicher und 10% gaben an, dies noch nicht zu können. Beim Verstehen englischsprachiger Texte waren die Werte insgesamt geringer (24%; 43%; 33%), wobei an dieser Stelle betont werden muss, dass im Unterrichtsverlauf kein Schwerpunkt auf die Arbeit mit englischsprachigen Texten gelegt wurde (ein Text wurde gemeinsam bezüglich seiner Struktur analysiert, eine Originalquelle stand zur Verfügung). Dennoch schätzten sich auch hier ein Drittel der Schülerinnen und Schüler nach dem Projekt besser ein als vorher.

Beim Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte gaben 50% der Schülerinnen und Schüler einen Kompetenzzuwachs an. Dabei gab niemand an, nicht verstanden zu haben, auf was es ankommt und 8% kreuzten an, noch Erfahrung sammeln zu müssen. Dieser Wert erscheint insofern realistisch, da ein Mitarbeiterseminar mit vielfältigen Informationen zum Aufbau und Verfassen eines Fachartikels durchgeführt wurde. Zum Abschluss des Projekts musste jede Abteilung einen entsprechenden Artikel verfassen, der auch in die Bewertung einging, so konnten alle Schülerinnen und Schüler Erfahrungen in diesem Bereich sammeln und ihre Kompetenz in diesem Bereich ausbauen. Somit kann Hypothese H1b bestätigt werden.

3.2 Sensibilisierung bei der Medienförderung

Neben dem Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten, werden im Bildungsplan (2004) für das Fach NwT die Nutzung des Computers als Werkzeug und die kritische Nutzung des Internets gefordert. Diese Fähigkeiten sind in einer von Technologie geprägten Welt besonders wichtig.

In diesem Bereich schätzten sich die Schülerinnen und Schüler insgesamt besonders gut ein. Vorher (N_{1v}) gaben insgesamt 96% an den Computer als Werkzeug nutzen zu können (davon 56% gut). Bei der kritischen Nutzung des Internets lagen die Werte etwas tiefer, bei einer Gesamtzahl von 89% Könnern und 11% unsicheren Nutzern. Es gab nur positive Antworten, wenn auch teilweise mit Unsicherheit.

Nach der Durchführung des *Windhösel*-Projekts (N_{1n}) waren die Werte für eine positive Einschätzung etwas geringer. So gaben noch 88% an die Computernutzung zu beherrschen und 92% das Internet kritisch nutzen zu können. Für die Internetnutzung kreuzte ein Schüler an,

diese Fertigkeit nicht verstanden zu haben. Im Vergleich änderte sich die Einschätzung von zwei Dritteln bei der Computer- und der Hälfte der Schülerinnen und Schüler bei der Internetnutzung nicht. Bezüglich der besseren und schlechteren Einschätzung bei der zweiten Befragung zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen (vgl. Tab. 3). Während sich bei der Computernutzung die Mädchen je 17% besser bzw. schlechter einschätzten, waren es bei den Jungen 31% schlechter und 0% besser. Bei der kritischen Internetnutzung waren die Einschätzungen von 39% der Mädchen und 12% der Jungen besser und 9% bzw. 34% schlechter.

Selbsteinschätzung der Medienkompetenzen				
Kompetenz		Vergleich		
		+	0	-
Verwendung des Computers als Werkzeug	Mädchen (N=23)	17%	66%	17%
	Jungen (N=26)		69%	31%
	Gesamt (N=49)	8%	67%	25%
Kritische Nutzung des Internets	Mädchen (N=23)	39%	52%	9%
	Jungen (N=26)	12%	54%	34%
	Gesamt (N=49)	24%	53%	23%

Tabelle 3: Entwicklung der Selbsteinschätzungen durch das Projekt. Die Selbsteinschätzungen vor und nach dem Projekt waren gleich (0), wurden besser (+) oder wurden schlechter (-).

Die geringen Veränderungen lassen sich durch die bereits zu Beginn hohen Werte erklären. Gerade im Bereich der Computernutzung kann von einer Sensibilisierung ausgegangen werden. So kam es bei der Verfassung und Formatierung des geforderten Fachartikels bei einigen Gruppen zu unerwarteten Problemen. Einen möglichen Kompetenzzuwachs bei den Mädchen könnte man auf Grund der Tatsache vermuten, dass die Mädchen dem eher kreativen schriftlichen Teil aufgeschlossener gegenüberstanden und damit auch offener für Lernzuwachs waren. Die Jungen beklagten sich im abschließenden Statement über den hohen Schreibaufwand. Hypothese H2 kann also eher nicht bestätigt werden, wobei in jedem Fall der Blick für das Wesentliche geschärft wurde und von einer Sensibilisierung in diesem Bereich gesprochen werden kann.

3.3 Unterschiede bei der Förderung individueller Kompetenzen

Persönliche Kompetenzen, wie Problemlösekompetenz, Frustrationstoleranz und das Reflexionsvermögen bezüglich der eigenen Arbeit sowie des Lernfortschrittes sind wichtige Fähigkeiten im Hinblick auf lebenslanges Lernen und erfolgreiches naturwissenschaftlich-technisches Arbeiten.

Auch bei der Bewertung dieser Kompetenzen durch die Schülerinnen und Schüler (N_{1v} bzw. N_{1n}) ergaben sich grundsätzlich hohe Einschätzungen, die sich bei der zweiten Befragung noch leicht verbesserten. Bei der Einschätzung des Durchhaltevermögens bei der Lösung komplexer Aufgaben ändern sich die Zahlen von 62% ‚Können‘ auf 67%, 38% ‚Unsicherheit‘ auf 29% und von 0% ‚nicht Können‘ auf 4% (vgl. Abb. 2, erstes Paar gestapelter Säulen). Es fällt auf, dass 60% der Schülerinnen und Schüler sich vorher und nachher gleich einschätzten. Dabei

schätzten sich bei den Mädchen 13% besser und 26% schlechter ein, wohingegen sich bei den Jungen 31% besser und 11% schlechter einschätzten (vgl. Abb. 3, erstes Säulentrio).

Es lässt sich vermuten, dass sich die Jungen durch das erfolgreiche Abschneiden beim Bau des Aufwindkraftwerkmodells in ihrer Frustrationstoleranz bestätigt fühlen, während die Mädchen eventuell die Vielfalt und den Umfang der Aufgabe sowie die damit verbundene Arbeitsbelastung vor dem Projekt unterschätzten. Damit wurde bei dieser Befragung Hypothese H3a nur von den Jungen bestätigt.

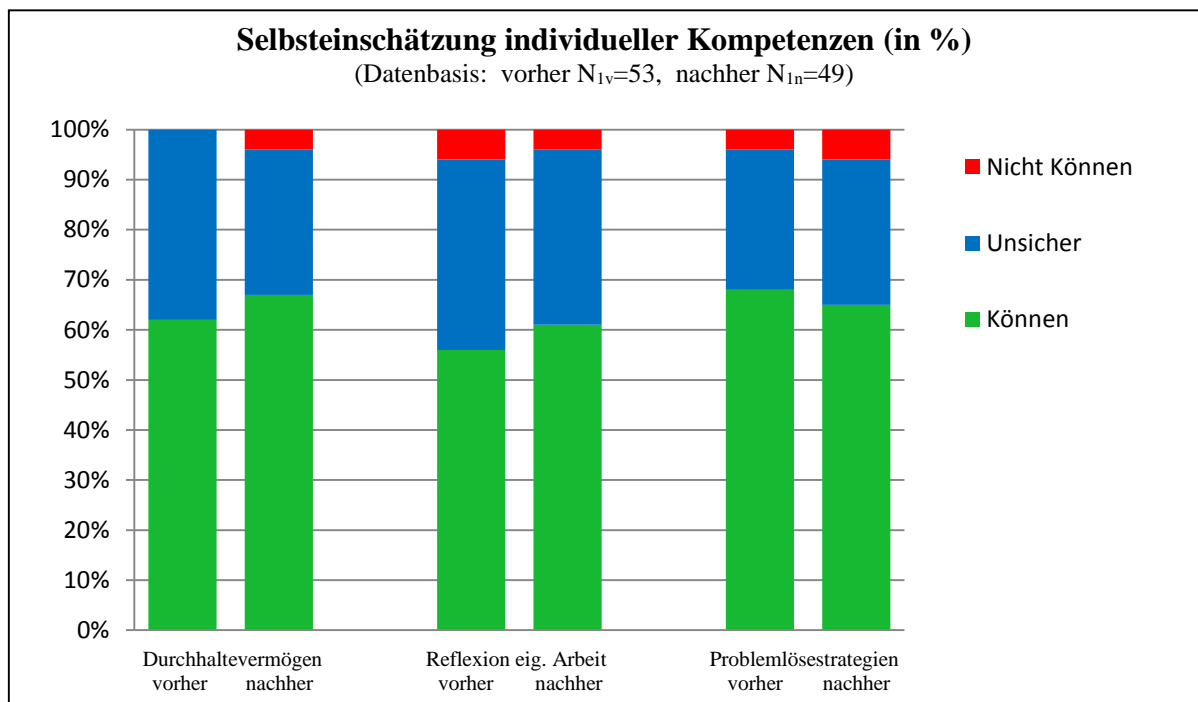


Abbildung 2: Vorher-Nachher-Vergleich der Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schülern zu „Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben“, „Reflektieren meiner Arbeit“ und „Entwicklung von Strategien zur Problemlösung“

Etwas anders gestaltet sich das Bild bei der Einschätzung der Reflexionsfähigkeit bezüglich der eigenen Arbeit und des Lernprozesses (N_{1v} bzw. N_{1n}). Die Gesamtzahlen verbesserten sich leicht von 56% auf 61% ‚Können‘, von 38% auf 35% ‚Unsicherheit‘ und von 6% auf 4% ‚nicht Können‘ (vgl. Abb. 2, zweites Paar gestapelten Säulen). Hier beträgt der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die sich vor und nach dem Projekt gleich einschätzten 47%. Dabei schätzen sich 30% der Mädchen besser und 22% schlechter ein. Bei den Jungen beträgt der Anteil der Verbesserung 19% und 35% Verschlechterung. (Vgl. Abb. 3, zweites Säulentrio.) Diese Werte lassen sich ähnlich erklären, wie die Einschätzungen die Ergebnisse zur Dokumentation als naturwissenschaftlicher Arbeitsweise und der Mediennutzung. So sahen die Mädchen das Portfolio als Möglichkeit ihre eigenen Fähigkeiten weiterzuentwickeln, während die Jungen diese Arbeit eher als Last empfanden. Damit kann Hypothese (H3b) eher für die Mädchen bestätigt werden.

In allen Werten sehr unterschiedlich gestaltet sich das Bild bei der Frage nach der Entwicklung von Strategien zur Problemlösung (N_{1v} bzw. N_{1n}). Die Gesamtzahlen haben sich zwischen

vorher und nachher kaum verändert (vgl. Abb.2, drittes Paar gestapelter Säulen). Allerdings schätzten sich bei den Mädchen 43% besser, 26% gleich und 31% schlechter ein, wohingegen sich bei den Jungen 23% besser, 62% gleich und 15% schlechter einschätzten (vgl. Abb. 3, drittes Säulentrio).

Die geringe Zahl der gleichen Einschätzungen bei den Mädchen könnte darin begründet liegen, dass sie sich vor dem Kennenlernen der Problemlöseschritte nichts Genaueres unter ‚Problemlösestrategien‘ vorstellen konnten. Mit dem neuen Wissen erfolgt die zweite Einschätzung realistischer und zeigt bei den unterschiedlichen Teilgruppen die Kompetenzförderung bzw. den Förderungsbedarf. Auch bei einem Teil der Jungen liegt die Vermutung nahe, dass Kompetenzen gefördert werden konnten oder zumindest durch das Vorstellen des Kreisprozesses, als mögliche Strategie bei der Lösung von Problemen, auf bisher fehlende Strategien hingewiesen werden konnte.

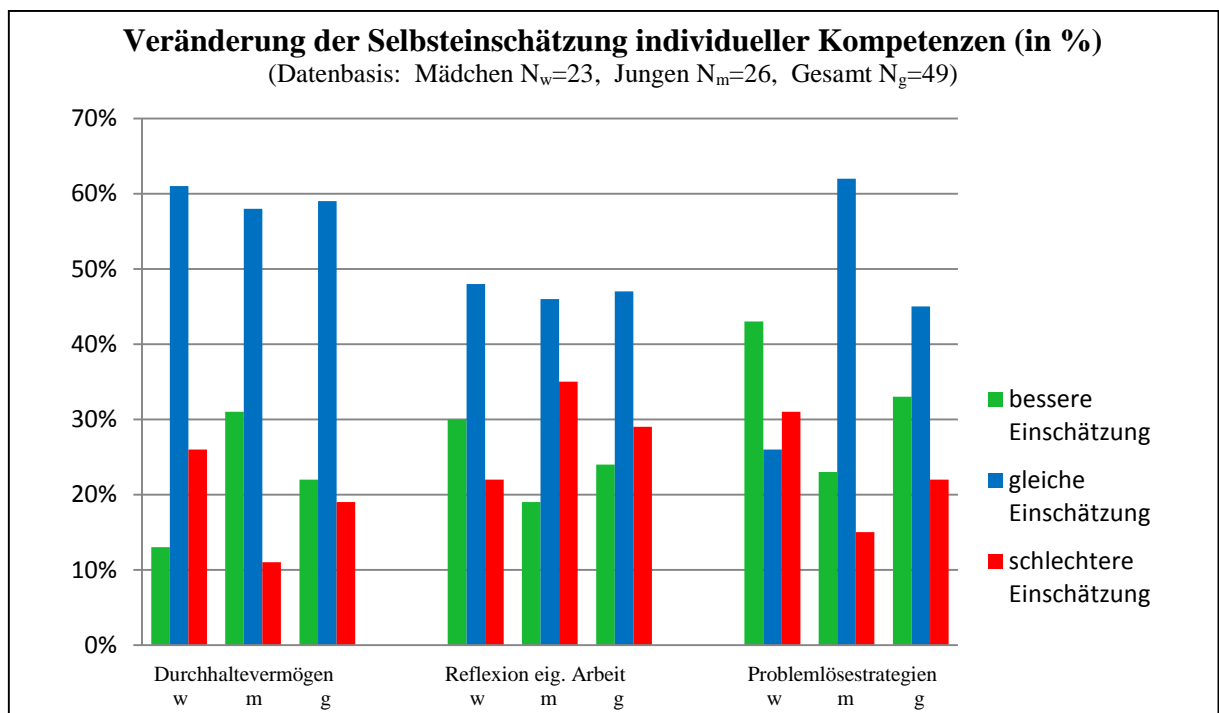


Abbildung 3: Geschlechterspezifische Veränderungen der Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schüler zu „Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben“, „Reflektieren meiner Arbeit“ und „Entwicklung von Strategien zur Problemlösung“

3.4 Erfolgreiche Teamarbeit in gemischten Gruppen

Das umfangreiche Projekt kann besonders erfolgreich gestaltet werden, wenn die Gruppen als Team zusammenarbeiten. So kann jeder seine individuellen Stärken einbringen und verschiedene Aufgaben in der Gruppe übernehmen.

3.4.1 Optimierung der Teamarbeit erfolgreich

Der Selbsteinschätzungsbogen, erfragte die Einschätzung von Teamkompetenzen. Obwohl ein sehr hoher Anteil der Schülerinnen und Schüler (N_{IV}) bereits vor dem Projekt angab

naturwissenschaftliche Projekte im Team planen (84%) und Aufgaben im Team übernehmen (92%) zu können, schätzten sich etwa 30% nach dem Projekt (N_{1n}) besser ein als zuvor. Auffällig ist auch, dass keine Schülerin und kein Schüler nach dem Projekt mehr angab, dies nicht zu können.

Von den Befragten der zweiten Kohorte (N_2) gaben etwa 90% an, der Gruppe eine Hilfe gewesen zu sein und diese nicht aufgehoben zu haben.

Eine Alternative zur Gruppenarbeit würde die Einzelarbeit darstellen. Während vor dem Projekt noch jeder Fünfte angab, am liebsten alleine zu arbeiten, ist es nach dem Projekt nur noch jeder Fünfundzwanzigste (jeder siebte ist unentschlossen). Diese Zahlen lassen vermuten, dass den Schülerinnen und Schülern die Vorteile der Gruppenarbeit (Potenzial jedes Einzelnen, Arbeitsteilung) positiv aufgefallen sind. Damit wird Hypothese H4a bestätigt.

3.4.2 *Gemischte Gruppen erwünscht*

Die zweite Kohorte (N_2) wurde in gleichgeschlechtliche Gruppen eingeteilt, um zu überprüfen, ob Mädchen sich in geschlechtshomogenen Gruppen wohler fühlen (H4b). Dies konnte jedoch nicht bestätigt werden. Es gibt leicht negativere Einschätzungen bezüglich des Arbeitsklimas und der Wohlfühlatmosphäre im Vergleich zu den gemischten Gruppen. Dabei empfanden 55% der Mädchen das Arbeitsklima in der homogenen Gruppe angenehm (60% in gemischten Gruppen) und 82% fühlten sich in ihrer Gruppe wohl (100% in gemischten Gruppen). Die leichten Abweichungen, lassen sich durch eine Gruppe erklären, bei der das Auftreten von Gruppenproblemen beobachtet werden konnte. Abgesehen davon berichteten alle Gruppen von einem angenehmen, engagierten und produktiven Arbeitsklima.

Dennoch gaben sowohl die Mädchen als auch die Jungen (N_2) an, dass sie das Projekt lieber in gemischten Gruppen durchgeführt hätten. Der Anteil der Mädchen fiel über das Projekt leicht (von 91% auf 82%), wobei die Aussage ‚ich arbeite lieber in gemischten Gruppen‘ immer positiv beantwortet wurde. Bei den Jungen blieb der Wert bei etwa 42%, bei 11% negativen Antworten. Auch in der ersten Kohorte (N_1) die in gemischten Gruppen arbeitete, stieg der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die diese Gruppenzusammensetzung bevorzugten, von 40% auf 60%.

Eine Ursache für die Ablehnung der getrennten Gruppen kann vielleicht das Zitat eines Schülers liefern, der als Erwartung an den getrennten Unterricht angab „Mädchen sind kreativer und Jungen technisch begabter“. Da für den Bau des Modells und das Verfassen des Forschungsberichts beide Bereiche gefordert waren, liegt die Vermutung nahe, dass in gemischten Gruppen die Jungen und Mädchen jeweils ihre Stärken ausspielen. Was im ersten Moment nach gegenseitiger Ergänzung und guter Teamarbeit aussieht, kann mit einem zweiten Blick darauf hindeuten, dass eigene Schwächen bei der Arbeitsteilung bewusst umgangen werden. Vor diesem Hintergrund muss überlegt werden, wie mögliche Schwächen von Schülerinnen oder Schülern gegebenenfalls im Anschluss an das Projekt gefördert werden können, wenn nicht mehr der Erfolg des Teams im Vordergrund steht. Auf eine mögliche Arbeitsteilung rückblickend, gaben allerdings in der Kohorte (N_1), die in gemischten Gruppen arbeitete, bis auf eine Ausnahme alle Jungen an, sich sowohl am Bau des Kraftwerks als auch beim Schreiben und der Gestaltung des Vortrags beteiligt zu haben. Bei den Mädchen haben sich auch alle am

Bau beteiligt, aber nur 56% brachten ihre Ideen in den eher kreativen Teil des Projektauftrags ein. Eine Arbeitsteilung nach Praxis und Kreativität erschien den Schülerinnen und Schülern anscheinend nicht sinnvoll und wurde nach eigenen Angaben auch nicht umgesetzt. Eine solche Aufteilung konnte in den gemischten Gruppen auch von der Lehrkraft nicht beobachtet werden.

4 Diskussion und Ausblick

Die virtuelle Lernstadt *Lucycity* (www.lucycity.de) beinhaltet viele weitere interdisziplinäre Projekte für den NwT-Unterricht, inklusive eines Lehrerbereichs, indem interessierte Lehrkräfte Unterstützung und Materialien erhalten können.

Es konnte bereits gezeigt werden, dass Projekte aus *Lucycity* das Interesse von Schülerinnen und Schülern an naturwissenschaftlich-technischen Themen (bspw. der erneuerbaren Energien) wecken und sogar steigern können und dass die Schülerinnen und Schüler Spaß bei der Umsetzung der Projekte haben (Jannack et al. 2015).

Man kann sagen, dass das Projekt zum Bau von Aufwindkraftwerken nach Einschätzung der Schülerinnen und Schüler in der Lage ist, Teamkompetenzen (H4a) und den Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten (H1b) zu fördern. Dabei war die Arbeit in den Gruppen produktiv und engagiert, aber mit den Bereichen Organisation und Dokumentation zeigten sich auch Entwicklungsfelder (H1a). Diese Ergebnisse können direkt mit dem Einsatz und der Akzeptanz des Problemlöseprozesses in Verbindung gebracht werden. Dieser wird von den Schülerinnen und Schülern nur schwer umgesetzt und akzeptiert, so dass an dieser Stelle Unterstützungsmaßnahmen ergriffen werden müssen oder der Prozess im Vorfeld eingeübt werden sollte (vgl. auch Jannack et al. 2015). Dennoch war es gut, dass die Schülerinnen und Schüler eine mögliche Strategie zum Lösen von komplexen Aufgaben kennen gelernt haben.

Eine geschlechterspezifische Kompetenzförderung erfolgt scheinbar vor allem in Bereichen, die mit dem Selbstbewusstsein und dem Reflexionsvermögen in Verbindung stehen. So schätzten Jungen ihre Frustrationstoleranz (H3a) besser ein, während Mädchen eine bessere Reflexionsfähigkeit (H3b) angaben. Dies kann auch allgemein auf die besseren Reflexionsfähigkeiten von Mädchen in diesem Alter zurückgeführt werden (Schallies, Wellensiek & Lembens 2002). Auch die Nutzung des Computers als Werkzeug und die kritische Nutzung des Internets (H2) werden bei Mädchen eher gefördert, wohingegen Jungen in diesem Bereich sensibilisiert werden.

Bei der speziellen Förderung der Mädchen durch geschlechtshomogene Gruppen (H4b) haben sich nicht die erwarteten Vorteile gezeigt. Zwar fühlten sich die Schülerinnen und Schüler in den gleichgeschlechtlichen Gruppen überwiegend wohl, bevorzugten aber dennoch die gemischten Arbeitsgruppen. Dies lässt sich eventuell damit erklären, dass die befragten Klassen bereits seit drei Jahren im NwT-Unterricht in Baden-Württemberg naturwissenschaftliche Projekte gemeinsam bearbeiten. So konnten sie in den vorangegangenen Schuljahren bereits Erfahrungen im Umgang mit den Arbeitsweisen und der Zusammenarbeit mit ihren Mitschülerinnen und Mitschülern sammeln. Eine Pilotdurchführung des Aufwindkraftwerk-Projekts in zwei achten Klassen ergab, dass die Mädchen bezüglich ihres Selbstbewusstseins durchaus von getrenntem Unterricht profitierten, obwohl auch hier der gemischte Unterricht

bevorzugt wurde. So äußerten sich die Mädchen im Gespräch sehr stolz, dass sie es ohne die Jungen geschafft haben, ein funktionierendes Modell entwickelt zu haben. Demnach kann die geschlechtshomogene Form des Unterrichts wahrscheinlich vor allem im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht ihre Stärken entfalten.

Die Unterrichtseinheit wurde von den Schülerinnen und Schülern sehr gut angenommen und vielfältig gelobt, bezüglich der Inhalte und der Gestaltung. Besonders die geforderte Selbstständigkeit und die damit verbundenen Freiheiten empfanden die Schülerinnen und Schüler als gewinnbringend. Zur Festigung der Ergebnisse der Begleitforschung müssen sicher weitere Erhebungen stattfinden. So wäre eine quantitative Erhebung der Kompetenzentwicklung durch Kompetenzraster ebenso sinnvoll, wie weitere Erprobungen in geschlechtshomogenen Gruppen verschiedener Altersstufen.

5 Literaturverzeichnis

AAAS: American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.

Abbott, J. (1996). Interview between Ted Marchese and John Abbott. In *The American Association of Higher Education Bulletin*. (Abrufbar unter: <http://www.21learn.org/archive/interview-between-ted-marchese-and-john-abbott>, Stand vom 30. September 2015).

acatech: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2011). *Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs (MoMoTech)*. acatech berichtet und empfiehlt – Nr. 5. München: acatech.

Anton, MA. (2005). „Guter Chemieunterricht in schlechten Zeiten?“ In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis? (168-182)*. Berlin: Logos.

Bildungsplan (2004). *Bildungsplan Gymnasium*. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). Ditzingen: Reclam.

BLK: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (2004). *Strategie für Lebenslanges Lernen in der Bundesrepublik Deutschland (Heft 115)*. Bonn: BLK.

BMUKK: Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (Hrsg.) (2011). *Kompetenzorientiertes Unterrichten – Grundlagenpapier*. Wien: BMUKK.

Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development. Virginia: ASCD.

Duch, BJ. (2001). *Models for problem-based instructions in undergraduate courses*. In BJ. Duch, SE. Groh & DE. Allen (Hrsg.), *The power of Problem-based Learning, A Practical “How To” for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*. Sterling, VA: Stylus Publishing LLC.

- Eurydice (2011). *Naturwissenschaftlicher Unterricht in Europa: Politische Maßnahmen, Praktiken und Forschung. Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur (EACEA P9 Eurydice)* (Hrsg.). Brüssel: EACEA.
- Gatzke, N. (2007). *Lebenslanges Lernen in einer alternden Gesellschaft*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Hurd, PD. (1958). *Science Literacy: Its Meaning for American Schools*. *Educational Leadership*, 16, 13-16.
- Jannack, V., Seeberg, S., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2011). *Windhösel Kraftwerke – ein Projekt zu regenerativen Energien unter Nutzung der virtuellen Lernumgebung Lucycity*. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (312-314). Münster: LIT-Verlag.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P., Schallies, M. & Marmé, N. (2015). *Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. *MNU*, 68(6), 363-369.
- Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). *Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 222-237.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). *Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht*. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, 11-36.
- Marmé, N., Kneiβl, I. & Knemeyer, J.-P. (2011). *Die virtuelle Lernstadt Lucycity im naturwissenschaftlichen Unterricht*. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (303-305). Münster: LIT-Verlag.
- Marmé, N., Knemeyer, J.-P., Jannack, V., Kneiβl, I., Keller, C. & Seeberg, S. (2011). *Lucycity – eine virtuelle Lernstadt*. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (300-302). Münster: LIT-Verlag.
- Neufeld, VR. & Barrows, HS. (1974). *The 'McMaster Philosophy': An Approach to Medical Education*. *Journal of Medical Education*, 49, 1040-1050.
- NRC: National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- OECD (2005). *Definition und Auswahl von Schlüsselkompetenzen*. (Deutsche Zusammenfassung von: D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.), *Defining and selecting key competencies*. Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.) Abrufbar unter: www.oecd.org/pisa/35693281.pdf, Stand vom 04. Juni 2015.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung JETZT: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Schallies, M., Wellensiek, A. & Lembens, A. (2002). *The Development of Mature Capabilities for Understanding and Valuing in Technology through School Project Work: Individual and*

Structural Preconditions. *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 41-58.

Torp, L. & Sage, S. (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*. Association for Supervision & Curriculum Development, 2. Auflage.

Weber, A. (2005). Problem-Based Learning – Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1), 94-104.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: FE. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen (17-31)*. Weinheim - Basel: Beltz Verlag.

Wellensiek, A. (2005). Lernsinn im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Pädagogische Hochschule Heidelberg, Institut für Weiterbildung (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht – quo vadis? Informationsschrift 68 (24-31)*. Nördlingen: Steinmeier.

Autoren

Verena Jannack

PH Heidelberg, Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Fachbereich Physik

Im Neuenheimer Feld 561, 69120 Heidelberg

team@didaktik-aktuell.de

Dr. Jens-Peter Knemeyer

Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium

Luisenstr. 27, 68199 Mannheim

team@didaktik-aktuell.de

Prof. apl. Dr. Nicole Marmé

PH Heidelberg, Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Fachbereich Physik

Im Neuenheimer Feld 561, 69120 Heidelberg

marme@didaktik-aktuell.de

Zitieren dieses Beitrages:

Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2016): Kompetenzförderung im Naturwissenschaft- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 4 (Heft 1), S. 64-80.