

FORSCHENDES LERNEN

IMST

IMST NEWSLETTER

2 Theorie

20 Unterrichts- und Schulpraxis

32 Begleitung und Betreuung

Liebe Leserinnen und Leser!

Dieser IMST-Newsletter widmet sich dem Forschenden Lernen. Es ist dies bereits der zweite IMST-Newsletter zu diesem innovativen Thema. Das Potential von Forschendem Lernen als konstruktivistisches fachdidaktisches Konzept ist gerade in den Naturwissenschaften für Unterricht und Schule sehr hoch und vielfältig. Es reicht von der Ermöglichung kompetenzbasierten Lernens bis hin zur Entwicklung von Forschungsverständnis bei den Schülerinnen und Schülern, und das von der Grundschule bis zur Sekundarstufe.

Der fachdidaktische Einsatz dieser innovativen Methode erfordert adäquate Unterstützung der Lernenden, was wiederum des entsprechenden Know hows bei den Lehrkräften bedarf. Und gerade dazu möchte dieser Newsletter für die Schulpraxis einen Beitrag leisten. Es wird der aktuelle Forschungsstand mit wichtigen Begriffsklärungen und der Darlegung des methodischen Zugangs vorgestellt. Ebenso wird erörtert, wie die Lernenden bestmöglich bei der Umsetzung Forschenden Lernens unterstützt werden können. Beides wird mit konkreten Anwendungsbeispielen guter Praxis zum Forschendem Lernen aus den IMST-Unterstützungsprogrammen „Kompetent durch praktische Arbeit“ und „MINTee“ verzahnt.

Lassen Sie sich durch die Praxisbeispiele inspirieren. Nützen Sie Angebote in der Fortbildung, um bei der Begleitung von Forschendem Lernen sicherer zu werden. Eine anregende Lektüre und viel Freude bei der Umsetzung!

Brigitte Koliander & Heimo Senger

EDITORIAL



Mit Forschendem Lernen Erkenntnisse gewinnen

von **Brigitte Koliander**



©Adobe Stock

Wie werden neue Erkenntnisse gewonnen? Was machen Forscherinnen und Forscher, wenn sie noch unbeantworteten Fragen nachgehen? Können Schülerinnen und Schüler das auch?

Wenn Lernumgebungen so konstruiert werden, dass Schülerinnen und Schüler einzelne Schritte, die Forscherinnen und Forscher während des Forschungsprozesses durchführen, mehr oder weniger angeleitet, selbstständig durchführen können, dann sprechen wir von „Forschendem Lernen“. Die englische Bezeichnung „Inquiry Based Learning“ (IBL) zeigt nochmals deutlicher als der deutsche Begriff auf, dass damit nicht unbedingt Forschen auf dem Niveau einer Universität gemeint ist. Denn selten gelingt im Unterricht eine Forschungsarbeit mit Kenntnis der aktuellen Literatur, dem Vordringen in Bereiche, die noch nicht erforscht sind, der Veröffentlichung der Ergebnisse in wissenschaftlichen Zeitschriften.

Aber es sind durchaus einzelne Schritte der Erkenntnisgewinnung für Schülerinnen und Schüler möglich: Sie können auf dem ihnen zugänglichen, vorhandenen Wissen aufbauen, mittels der ihnen zur Verfügung stehenden Methoden eine Fragestellung untersuchen, dabei für sie neue Erkenntnisse gewinnen (Schmidkunz & Lindemann, 1992; Abrams, Southerland & Evans, 2008). Spätestens bei den vorwissenschaftlichen Arbeiten (AHS) oder den Diplomarbeiten (BHS) wird solch ein Vorgehen erwartet.

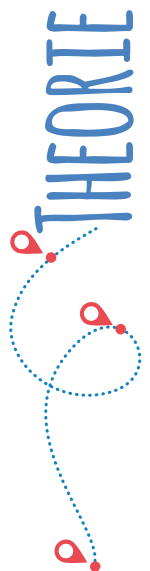
Im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik gibt es seit über einem Jahrhundert immer wieder die Forderung, den Schülerinnen und Schülern Gelegenheiten zu geben, selbst aus Daten Erkenntnisse logisch abzuleiten (Dewey,

2010; Schwab, 1960). Dies wird von Dewey oder Schwab sogar als wichtiger erachtet als das Präsentieren des bereits erforschten und bewährten Wissensgebäudes durch die Lehrperson. Begründet werden kann dies einerseits durch die Kompetenzen, die SchülerInnen dabei erlernen können (vgl. Abrams et al., 2008):

1. SchülerInnen können erklären, wie Menschen mittels naturwissenschaftlicher Forschungen zu Erkenntnissen kommen (Begriffe wie Theorie, Hypothese, Daten, Evidenz).
2. SchülerInnen können Schritte der Erkenntnisgewinnung gehen (z.B. selbst Untersuchungen planen, Beobachtungen und Datenerhebungen durchführen und dokumentieren, Daten interpretieren, alternative Dateninterpretationen gegeneinander abwägen und Interpretation präsentieren und verteidigen).
3. SchülerInnen können anhand eigener Untersuchungen fachliche Konzepte erarbeiten, anwenden, vertiefen.

Bei bloßer Darlegung des fertigen Wissensgebäudes durch die Lehrperson und der Reproduktion von fachlichem Wissen durch die SchülerInnen können diese Kompetenzen nicht erworben werden.

Ein zweiter Strang von Begründungen kann aus Sicht der Lehrpersonen gegeben werden. Etwas platt, aber doch offensichtlich ist die Begründung über die Erfüllung des Lehrplanes und der Orientierung an den Kompetenzmodellen. In diesen Dokumenten werden einerseits Schritte der Erkenntnisgewinnung als Kompetenzen formuliert,





die SchülerInnen erwerben sollen, wie die Planung von Versuchen oder die Interpretation von Daten (bifie, 2011):

- zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
- zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
- zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren
- Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren

Andererseits werden in den Lehrplänen didaktische Grundsätze formuliert, die klar den Ansatz Forschenden Lernens gegenüber einem frontalen deduktiven Präsentieren fertiger Erkenntnisse empfehlen:

„Prinzipiell ist der induktive Weg zum Erkenntnisgewinn anzustreben. Dies bedeutet, dass vom Lehrereperiment und vor allem auch vom Schülerexperiment auszugehen ist. Dabei ist den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit

zu möglichst selbstständigem Suchen, Forschen und Entdecken zu geben.“ (Lehrpläne für die Mittelschulen, 2020, Chemie, Didaktische Grundsätze)

Ein weiterer Aspekt ist, dass Forschendes Lernen ein geeigneter Ansatz für das Lehren und Lernen in heterogenen SchülerInnengruppen sein kann. Vor allem die offeneren Formen ermöglichen es den Lehrpersonen, auf die unterschiedlichen Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern einzugehen. Damit kann vielen unterschiedlichen Lernenden die Teilhabe am naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglicht werden. Dies soll hier nicht weiter ausgebreitet werden, im Artikel von Abels, Brauns und Egger in diesem Newsletter wird darauf ausführlich eingegangen.

Zu den Schritten der Erkenntnisgewinnung, die SchülerInnen erlernen sollen, gibt es mehrere Modelle. Eines davon ist in Abbildung 1 zusammengefasst. Erkenntnisgewinnung im Verlauf Forschenden Lernens wird hier in einem Netzwerk von Schritten dargestellt. Wie in realen Forschungsprozessen gehen die Wege hin und zurück. Schritte vor und nach der Datenerhebung sind mindestens ebenso wichtig wie die Datenerhebung selbst.

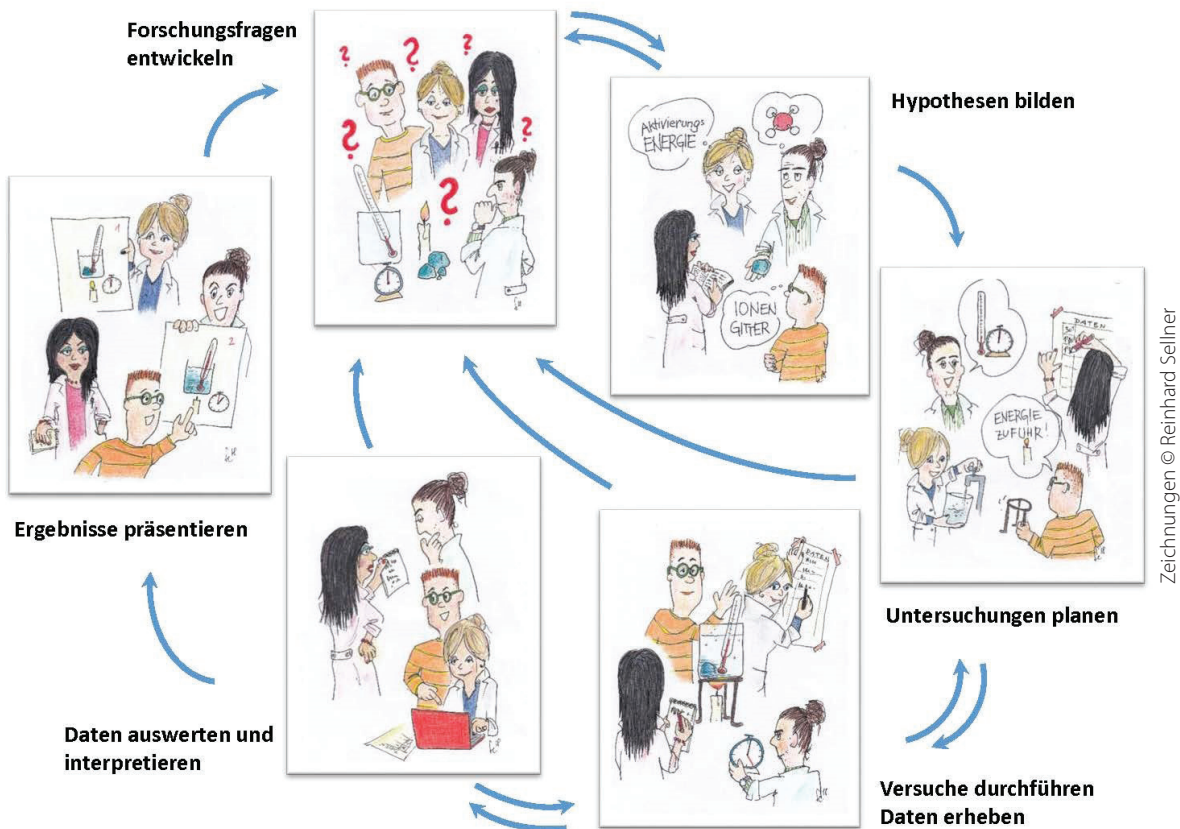


Abb. 1: Forschungsnetz (Steinger & Koliander, 2018, S. 21)



Als Unterstützung für die Planung von Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen werden aus diesem komplexen Netz folgende drei Schritte herausgenommen. Diese dienen dann als Grundlage für ein didaktisches Modell (Level Forschenden Lernens):

- eine Frage entwickeln, der durch eine naturwissenschaftliche Untersuchung nachgegangen werden kann
- zu einer Fragestellung eine geeignete Untersuchungsmethode planen
- eine begründete Erklärung für erhobene Daten/beobachtete Phänomene geben

Je nachdem, wie viele dieser Schritte von der Lehrperson vorgegeben werden, können auf Basis dieser Schritte für die Umsetzung im Unterricht vier Level unterschieden werden (vgl. Blanchard et al., 2010):

Im Bestätigungsexperiment (Level 0) gibt die Lehrperson alle drei Schritte vor und führt die SchülerInnen strikt geleitet durch den Prozess der Erkenntnisgewinnung. Dies kann einerseits dazu dienen, dass SchülerInnen Methoden der Datenerhebung im jeweiligen Fachbereich erlernen, aber auch dazu, dass sie insgesamt die Schritte kennenlernen: Wie kann eine Frage gut formuliert werden? Wie ergibt sich aus der Fragestellung die Art der Datenerhebung? Was ist der Unterschied zwischen Daten und daraus abgeleiteter Evidenz?

Als erster Schritt, der für SchülerInnen geöffnet wird, bietet sich meist die Dateninterpretation an. Die Lehrperson gibt die Fragestellung vor, auch die Methoden der Datenerhebung („Versuchsanleitung“), überlässt aber

den SchülerInnen die Aufgabe, die Daten im Hinblick auf die Fragestellung zu interpretieren (Level 1, Strukturiertes Forschendes Lernen). Diese Form ähnelt den oft im praktischen Unterricht durchgeführten Versuchen, allerdings ist beim Forschenden Lernen wichtig, dass den SchülerInnen zu Beginn die Fragestellung klar ist und die erhobenen Daten eine Beantwortung der Fragestellung ermöglichen, indem Belege für oder gegen die formulierten Hypothesen erbracht werden.

Als Level 2 werden Untersuchungen klassifiziert, bei denen von der Lehrperson nur die Fragestellung vorgegeben wird. Schülerinnen und Schüler planen dazu eine Datenerhebung, führen diese durch, dokumentieren die Daten und interpretieren sie. Die schwierige Aufgabe für die Lehrperson ist hier das Entwickeln einer Fragestellung, die offen genug ist, dass die SchülerInnen unterschiedliche Wege gehen können, und die mit den Vorkenntnissen der SchülerInnen im Bereich der Fachtheorie und der fachlichen Methoden bearbeitet werden kann.

Beim Offenen Forschenden Lernen (Level 3) entwickeln die SchülerInnen eigene Fragestellungen, suchen geeignete Methoden für die Erhebung von Daten, interpretieren die Daten eigenständig. Hier ist die Bereitschaft der Lehrperson wichtig, den SchülerInnen Zeit für die Formulierung der Fragestellung zu geben. Vorwissen sollte erhoben und diskutiert werden, offene Fragen sollten von den Schülerinnen und Schülern formuliert werden.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über diese vier Level.

	Fragestellung entwickeln, Hypothesen formulieren	Datenerhebung planen und durchführen	Daten auswerten, Ergebnisse interpretieren und diskutieren
Level 0 Bestätigendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor
Level 1 Strukturiertes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor	Lernende bestimmen
Level 2 Begleitendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen
Level 3 Offenes Forschendes Lernen	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen

Abb. 2: Level des Forschenden Lernens (übersetzt und adaptiert nach Blanchard et al., 2010, S. 581)



Es kann in allen diesen Fällen von Forschendem Lernen gesprochen werden, selbst bei den stark angeleiteten Leveln. Voraussetzungen sind das Vorliegen einer Fragestellung bzw. Problemstellung, und ein Vorgehen, das mit logischen Argumenten aus Daten eine Antwort zu dieser Fragestellung entwickelt.

Forschendes Lernen wird im naturwissenschaftlichen Unterricht noch immer nicht oft eingesetzt, obwohl in den letzten zehn Jahren in europaweiten Projekten Materialien und didaktische Settings für diesen Unterrichtsansatz entwickelt wurden. Selbst die Formulierung von Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung in den österreichischen Kompetenzmodellen für die Naturwissenschaften und in Folge in den Lehrplänen hat hier noch nicht viel in Bewegung gesetzt. Es ist ungewohnt und nicht leicht für Lehrpersonen, Forschendes Lernen für ihre Schülerinnen und Schüler gut vorzubereiten und sie beim Forschenden Lernen gut zu begleiten.

Mit dem vorliegenden Newsletter soll in Erinnerung gerufen werden, wie wichtig Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht ist. Schwierigkeiten bei der Umsetzung Forschenden Lernens sollen dabei nicht verschwiegen werden. Wie allerdings an den in den Schulen umgesetzten Praxisbeispielen sichtbar wird, ist Forschendes Lernen in der Praxis umsetzbar und kann Lernenden wie Lehrenden viel Freude machen und neue Erkenntnisse bringen.

■ **Brigitte Koliander** arbeitet am Zentrum für Berufspädagogik der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich und ist organisatorische Leiterin des IMST-Themenprogrammes „Kompetent durch praktische Arbeit“.

Literatur:

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2008). Introduction. Inquiry in the classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & S. Peggy (Eds.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities* (pp. xi-xlii). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.
- Bifie (2011). Kompetenzmodell für die Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Online unter https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf [02.09.2020].
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Dewey, J. (1910). Science as Subject-Matter and as Method. *Science, New Series*, 31(787), 121-127.
- Lehrpläne der Mittelschulen (Fassung vom 08.09.2020). Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne der Mittelschulen, BGBl. II Nr. 185/2012. Online unter <https://www.ris.bka.gv.at> [08.09.2020].
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Essen: Westarp.
- Schwab, J. J. (1960). Inquiry, the Science Teacher, and the Educator. *The School Review*, 68(2), 176-195.
- Steininger, R. & Koliander, B. (2018). Forschendes Lernen auf Level 2: Schülerinnen und Schüler planen selbstständig die Durchführung von Versuchen. *Chemie & Schule* 33, 2018/1, 21-22.



MINT.

Und die Zukunft gehört Dir!



Forschendes Lernen

Primarschulkinder generieren eigenaktiv experimentell überprüfbare Hypothesen

von **Eva Freytag**

Beim Forschenden Lernen konstruieren Schülerinnen und Schüler für sie neue Erkenntnisse, idealerweise individuell und eigenverantwortlich. Sie nehmen wesentliche Schritte eines zyklischen Forschungsprozesses auf und setzen diese zu einem fachlichen Inhalt um (Reinmann & Mandl, 2006, S. 638). Wesentliche Teilprozesse und konstituierende Kognitionen des Forschungszyklus (Abb. 1) sind, auf die Wahrnehmung und die fachliche Auseinandersetzung mit dem Phänomen folgend, das Generieren von Fragestellung und Hypothese, die Planung der Untersuchung, die Durchführung der Untersuchung und das Auswerten und Interpretieren von Daten (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Bei korrekter Ausführung führt die Summe der Teilprozesse des Forschungszyklus zu aussagefähigen Daten. Diese sind Grundlage belastbarer, argumentierbarer neuer Erkenntnisse (Aufschnaiter & Pechtl, 2018), welche einem am Thema interessierten Öffentlichkeit berichtet werden.

Wie in der wissenschaftlichen Forschungspraxis können auch im Sachunterricht, beim Forschenden Lernen aussagefähige Daten mittels verschiedener Untersuchungsmethoden wie Beobachten, schriftliches Befragen, mündliches Befragen, Analysieren von Inhalten, Experimentieren uvm. gewonnen werden. Diese können Kinder durch Schlussfolgerungen zu für sie neuen Erkenntnissen führen. Ausgangspunkt der gewählten Untersuchungsmethode ist jeweils eine Fragestellung und die Bildung einer überprüfbaren Hypothese.

Fokus Untersuchungsmethode: Das Experiment

Fällt die Wahl auf das Experiment, ist dieses Untersuchungsmethode und Untersuchungsgegenstand zugleich. Zudem inkludiert Experimentieren die Methode der Beobachtung als unentbehrliches Element der Datenerfassung (Wellnitz & Mayer, 2013). Mit dem Experiment eröffnen sich beachtliche Möglichkeiten der Schwerpunktsetzung beim Forschenden Lernen. Einzelne experimentelle Fähigkeiten der Teilprozesse des Forschungszyklus können fokussiert und trainiert werden. Ebenso kann das Experiment als wiederholbares, regelbasiertes Verfahren für Lernende die Notwendigkeit der Teilprozesse des Forschungszyklus für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung verdeutlichen. In seiner Funktion als Instrument zur Erschließung kausaler Zusammenhänge kann das Experiment Lernenden als eine Methode zur Gewinnung sowie zur Überprüfung von Hypothesen begreifbar gemacht werden.

Berücksichtigt die unterrichtliche Auseinandersetzung mit

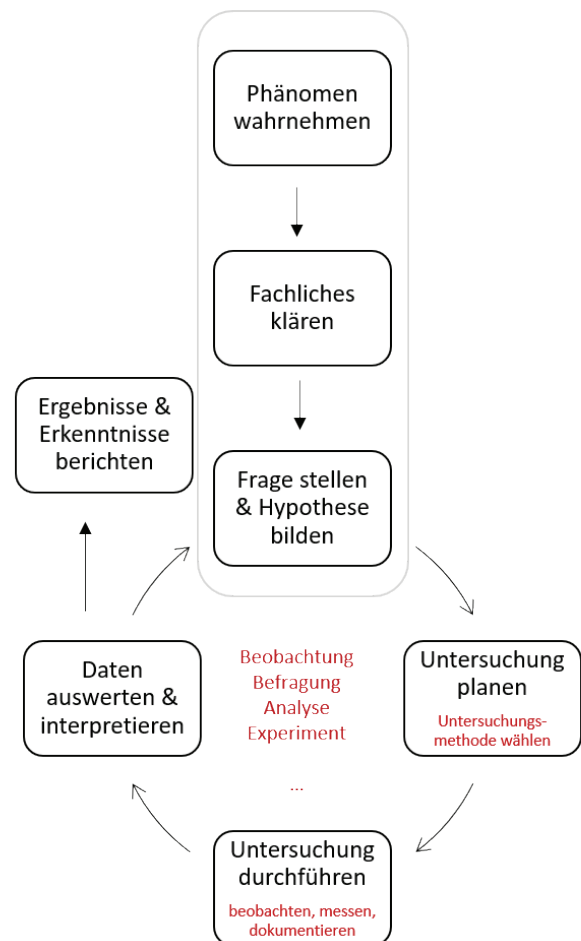


Abb. 1: Teilprozesse und Kognitionen des wissenschaftlichen Forschungszyklus



experimentellen Fähigkeiten, Methode und Weg der Erkenntnisgewinnung, kann diese über einen naturwissenschaftlichen Sachunterricht hinaus in Reflexions- und Bewertungsprozesse des zunehmend naturwissenschaftlich geprägten Alltags hineinwirken. In diesem Kontext liefern Experimente bedeutsame Bausteine für eine reflexive naturwissenschaftliche Grundbildung.

Experimentelle Fähigkeiten im Sachunterricht zu entwickeln, ist für Primarschulkinder und begleitende Lehrkräfte herausfordernd. Aktuell sind für den Primarschulbereich in der Literatur kaum evidenzbasiert entwickelte und praxiserprobte Unterrichtsmaterialien für den Aneignungsprozess experimenteller Teilkompetenzen aufzufinden. Ein gelingender Transfer bekannter Theorie in konkretes Unterrichtshandeln braucht umso mehr die fachliche Zielklarheit der Lehrperson, die fachliche Kompetenz zur Elementarisierung fokussierter komplexer Inhalte sowie adäquate fachdidaktische Umsetzungsideen (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Für das Vorankommen der Lernenden sind im Sinne des moderaten Konstruktivismus kognitive Auseinandersetzungsaktivitäten mit konkreten Inhalten in Verbindung mit Operatoren für Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (wie Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Argumentieren ...) bedeutsam. Kognitive Auseinandersetzungsaktivitäten vermögen idealerweise, im Prozess der Verständnisentwicklung für betrachtete Inhalte, bei Lernenden Einsichtsmomente hervorzubringen. Gelegenheiten für kognitive Auseinandersetzungsaktivitäten können in aufbereiteten Lernumgebungen geschaffen werden. Diese verlangen von Lernenden ein hohes Maß an Selbstständigkeit. Strukturierende Unterstützung, zielgeleitete Aufgabenstellungen und die Bereitstellung elementarisierter fachlicher Inhalte sind Erfolg versprechende Elemente entsprechender Lernumgebungen.

Fokus Lernumgebung: Überprüfbare Hypothesen bilden

Der in Abbildung 1 dargestellte Bereich des Forschungs-

zyklus „Phänomene wahrnehmen; Fachliches klären; Frage stellen & Hypothesen bilden“ (graue Umrahmung) ist Inhalt der folgend beschriebenen Lernumgebung. Diese fokussiert die experimentelle Teilkompetenz „Hypothese bilden“ und korreliert mit den experimentellen Fähigkeiten und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen „Beobachten und Vergleichen“. Entsprechende Aufgabenstellungen und Aufgaben für kognitive Auseinandersetzungsaktivitäten (Abb. 2) sind Teilergebnisse einer Pilotstudie (Stichprobe (N), 28 Schülerinnen und Schüler der 4. Schulstufe) zur theorie- und empiriegeleiteten Entwicklung eines Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung ausgewählter experimenteller Teilkompetenzen bei Primarschulkindern. Im Rahmen fachdidaktischer Entwicklungsforschung wurden in der Pilotstudie entwickelte und evidenzbasiert weiterentwickelte Aufgaben und Aufgabenstellungen des Lehr-Lern-Arrangements in einem iterativen Verfahren in Kleingruppen im Laborsetting erprobt. Die Datenerhebung erfolgte mittels videobasierter Beobachtungen, Artefakten der Stichproben, durch Lernprozessstudien mittels Akzeptanzbefragungen (Haagen-Schützenhöfer, 2016) und Pre-Post-Testungen zur Wirksamkeitsüberprüfung entwickelter Materialien. Die Pilotstudie befindet sich aktuell in der Phase der Auswertung. Ihr folgt im Herbst 2020 eine Hauptstudie im Laborsetting ($N_{\text{Labor}} \geq 36$) sowie eine erste Erprobung im Klassensetting ($N_{\text{Klasse}} = 24$, 4. Schulstufe).

Ein wesentliches Ziel der Hauptstudie ist die Bereitstellung erprobter, praxistauglicher Materialien für zielgeleitet aufbereitete Lernumgebungen zur Entwicklung experimenteller Teilkompetenzen bei Primarschulkindern.

Ausgangspunkt für die kognitiven Auseinandersetzungsaktivitäten der Lernenden zur experimentellen Teilkompetenz „Überprüfbare Hypothesen bilden“, sind drei theorie- und evidenzbasiert entwickelte Gestaltungselemente: (1) Die Möglichkeit, ein Experiment mehrfach zu erproben und dessen Phänomene umfassend zu beobachten. (2) Die Bereitstellung kindgemäß aufbereiteter fachlicher Informationen zum Hintergrund des Phäno-

mens. Diese sollen Bausteine für eigene Denkvorgänge liefern. (3) Gelegenheiten schaffen, aus den Erfahrungen, Ideen für Veränderungen des Experiments zu entwickeln und diese zu dokumentieren.

Praktische Umsetzungen zu den drei Gestaltungselementen sind in Abbildung 2 exemplarisch dargestellt.

Fokus Unterrichtsvorbereitung: Forschendes Lernen mit Schwerpunkt Hypothesenbildung

Für die Entwicklung und das Feintuning der dargestellten Aufgabenstellungen und Aufgaben (Abb. 2) wurden fachliche Überlegungen, fachdidaktische Theorien und Befunde zur Hypothesenbildung sowie Teilergebnisse der Pilotstudie der laufenden fachdidaktischen Entwicklungsforschung herangezogen. Darauf bezugnehmend werden für die Vorbereitung auf eine gelingende unterrichtliche Umsetzung der vorgestellten Lernumgebung im Folgenden relevantes Basiswissen und fachdidaktische Inhalte skizziert.

Als Hypothese bezeichnet man eine begründbare Voraussage darüber, welches Phänomen erwartet wird, wenn ein Merkmal eines Experiments verändert wird (Arnold, Kremer & Mayer, 2012). Dabei stützen sich Vermutungen über kausale Zusammenhänge von Phänomenen und Merkmalen auf Vorwissen, das individuell als verlässlich eingestuft wird (Mannel, Walpuski & Sumfleth, 2015). Ist das Vorwissen von Primarschulkindern zu einem Inhalt bescheiden oder fachlich unangemessen, können eine eigenaktive Auseinandersetzung und kindgemäßer fachlicher Input ausgleichend wirken und Bausteine zur Hypothesenkonstruktion liefern (Hammann, 2007; Jonen, Möller & Hardy, 2003).

Eine einfache und wissenschaftlich korrekt formulierte Hypothese folgt in ihrer Struktur dem Konstruktionsprinzip von Konditionalsätzen. Diese bestehen aus einem Hauptsatz und einem Nebensatz und werden auch als Bedingungssätze bezeichnet. Im Kontext der Hypothesenbildung wird im Wenn-Teil des Satzes eine Verände-





Aufgabenstellung	Kognitive Auseinandersetzungsaktivität																		
<p>(1)</p> <p>Forscherin <i>Hermine</i> und Forscher <i>Alfred</i> forschen mit Experimenten.</p>  <p>Überprüfe die Beobachtungen von Hermine und Alfred.</p> <p>Mach das Experiment so oft, bis du alle Beobachtungen überprüft hast.</p> <p>Kreuze deine Beobachtungen an und ergänze was du noch entdeckst!</p> <p><i>So mache ich das Experiment:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ich stelle die Kerze auf die Unterlage. ➤ Ich entzünde die Kerze mit dem Feuerzeug. ➤ Ich stelle das kleine Glas über die Kerze. 	<p><input checked="" type="checkbox"/> </p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Die Flamme erlischt nach einiger Zeit.</td> <td><input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas warm an.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Die Flamme brennt immer weiter.</td> <td><input type="checkbox"/> Nach dem Erlöschen entsteht weißer Rauch im Glas.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Die Flamme zittert.</td> <td><input type="checkbox"/> Zuerst wird die Flamme kleiner.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas kühl an.</td> <td><input type="checkbox"/> Die Flamme bleibt gleich groß.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas warm an.</td> <td><input type="checkbox"/> Das Glas ist innen nass.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas kühl an.</td> <td><input type="checkbox"/> Das Glas ist innen feucht.</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Das Glas bleibt innen trocken.</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> _____</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> _____</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Die Flamme erlischt nach einiger Zeit.	<input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas warm an.	<input type="checkbox"/> Die Flamme brennt immer weiter.	<input type="checkbox"/> Nach dem Erlöschen entsteht weißer Rauch im Glas.	<input type="checkbox"/> Die Flamme zittert.	<input type="checkbox"/> Zuerst wird die Flamme kleiner.	<input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas kühl an.	<input type="checkbox"/> Die Flamme bleibt gleich groß.	<input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas warm an.	<input type="checkbox"/> Das Glas ist innen nass.	<input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas kühl an.	<input type="checkbox"/> Das Glas ist innen feucht.		<input type="checkbox"/> Das Glas bleibt innen trocken.		<input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Die Flamme erlischt nach einiger Zeit.	<input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas warm an.																		
<input type="checkbox"/> Die Flamme brennt immer weiter.	<input type="checkbox"/> Nach dem Erlöschen entsteht weißer Rauch im Glas.																		
<input type="checkbox"/> Die Flamme zittert.	<input type="checkbox"/> Zuerst wird die Flamme kleiner.																		
<input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas kühl an.	<input type="checkbox"/> Die Flamme bleibt gleich groß.																		
<input type="checkbox"/> Außen fühlt sich das Glas warm an.	<input type="checkbox"/> Das Glas ist innen nass.																		
<input type="checkbox"/> Oben fühlt sich das Glas kühl an.	<input type="checkbox"/> Das Glas ist innen feucht.																		
	<input type="checkbox"/> Das Glas bleibt innen trocken.																		
	<input type="checkbox"/> _____																		
	<input type="checkbox"/> _____																		
<p>(2)</p> <p>Lies die Informationen zum Experiment.</p> <p>Erkläre im Team:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Warum die Kerze ausgeht. <input type="checkbox"/> Warum die Glaswand innen feucht wird. <input type="checkbox"/> Warum sich das Glas oben warm anfühlt. <input type="checkbox"/> Warum der weiße Rauch nach dem Erlöschen der Flamme entsteht. <p>Kreuze an, worüber du noch mehr wissen möchtest.</p> <p>→ Plenum</p>	<p></p> <p>Die Flamme brennt, weil das Kerzenwachs durch das Entzünden des Dochtes warm wird und schmilzt. Es wird schließlich zu Kerzenwachsdampf und reagiert mit dem Sauerstoff der Luft. So entstehen zwei unsichtbare Gase. Das Gas Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Das Kerzenwachs der Kerze und der Sauerstoff der Luft unter dem Glas werden weniger. Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf werden mehr. Der Wasserdampf wird an der kühlen Glaswand zu feinen Wassertröpfchen. Das zuerst warme Kohlenstoffdioxid sammelt sich oben im Glas und sinkt als abgekühltes Gas nach unten. Es nimmt den Platz der Luft ein. So drängt es schließlich die Luft weg von der Flamme. Weil der Sauerstoff in der Luft weniger wird und das Gas Kohlenstoffdioxid die Luft von der Flamme wegdrängt, bekommt die Flamme der Kerze zu wenig Sauerstoff und erlischt.</p>																		
<p>(3)</p> <p>Kreuze an, welche Veränderungen du beim Experiment machen möchtest.</p> <p>Überlege, was du beobachten wirst, wenn du die Veränderung machst.</p> <p>Schreibe Wenn – dann – Sätze dazu:</p> <p>Wenn ich ein <u>größeres Glas</u> nehme, dann wird die <u>Glaswand feuchter</u>.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> </p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> größeres Glas</td> <td><input type="checkbox"/> andere Farbe der Kerze</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> kleinere Kerze</td> <td><input type="checkbox"/> sehr warmes Glas</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> längere Kerze</td> <td><input type="checkbox"/> hohes Glas</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> sehr kaltes Glas</td> <td><input type="checkbox"/> Hölzchen unter den Glasrand</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> _____</td> <td><input type="checkbox"/> _____</td> </tr> </table> <p>TIPP: Wenn (was ich mache), dann (was ich beobachten werde).</p>	<input type="checkbox"/> größeres Glas	<input type="checkbox"/> andere Farbe der Kerze	<input type="checkbox"/> kleinere Kerze	<input type="checkbox"/> sehr warmes Glas	<input type="checkbox"/> längere Kerze	<input type="checkbox"/> hohes Glas	<input type="checkbox"/> sehr kaltes Glas	<input type="checkbox"/> Hölzchen unter den Glasrand	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____								
<input type="checkbox"/> größeres Glas	<input type="checkbox"/> andere Farbe der Kerze																		
<input type="checkbox"/> kleinere Kerze	<input type="checkbox"/> sehr warmes Glas																		
<input type="checkbox"/> längere Kerze	<input type="checkbox"/> hohes Glas																		
<input type="checkbox"/> sehr kaltes Glas	<input type="checkbox"/> Hölzchen unter den Glasrand																		
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____																		

Abb. 2: Elemente der Lernumgebung „Hypothese bilden“



nung, die durch eine Aktivität der Kinder hervorgerufen wird, angegeben. Im Dann-Teil der Satzkonstruktion der Hypothese wird das erwartete Phänomen, das, was Kinder meinen, beobachten zu werden, beschrieben (Abb. 2 (3)).

Erste Einblicke in Ergebnisse der Pilotstudie weisen auf die Lernmöglichkeiten bei der Umsetzung der Aufgabenstellungen der vorgestellten Lernumgebung hin. Gewonnene Daten lassen darauf schließen, dass die Einbindung von Wenn-dann-Sätzen beim Forschenden Lernen im Sachunterricht zu einem Grundverständnis der Hypothesenbildung beiträgt. Die Beobachtung der Lernenden zeigt, dass für sie vorerst nicht wesentlich ist, ob die formulierte Hypothese bei der experimentellen Überprüfung bestätigt wird oder nicht. Lernende zeigen sich sowohl bei der Erfüllung ihrer Erwartung als auch bei einer Widerlegung der Hypothese im Experiment motiviert entsprechend der Aufgabenstellungen der Lernumgebung (Abb. 2 (3)), neue Hypothesen zu formulieren und diese experimentell zu überprüfen. Vielmehr ist das Bemühen, bei der Experimentierhandlung hypothesenbezogen vorzugehen, bei den Lernenden zu beobachten. Weiters weisen erste Ergebnisse der Pilotstudie darauf hin, dass Lernende bereits experimentell gewonnene Informationen über Phänomene und verursachende Bedingungen bei der Bildung einer neuen Hypothese im Wenn-dann-Stil domänenspezifisch berücksichtigen können. Die Aufgabenstellung der Lernumgebung, Beobachtungen experimentell zu bestätigen oder zu entkräften (Abb. 2 (1)) eröffnet Lernenden zudem den Weg, auch bedeutsame Nebenphänomene bei der Hypothesenbildung miteinzubeziehen (z.B. Hauptphänomen: Kerze geht aus; Nebenphänomen: Innenwand wird feucht). Reflexive Gespräche über die Korrektheit der Hypothesenbildung und der darauf aufbauenden experimentellen Untersuchungen sowie die Einbeziehung von Sachtexten zu Phänomenen (Abb. 2 (2)), tragen dazu bei, dass Lernende Schlüsse ziehen, die sie zu teils neuen, begründbaren Erkenntnissen über wissenschaftliches Denken und Arbeiten und fachliche Inhalte führen.

Fazit: Forschendes Lernen lernen

Forschendes Lernen muss erlernt werden. Dahinterstehende Prozesse, sind komplex und bedürfen einer isolierten Auseinandersetzung mit einzelnen Teilprozessen des Forschungszyklus (Abb. 1) sowie der stetigen Einbettung in das große Ganze durch reflexive Gespräche. Gut aufbereitete, strukturgebende Lernumgebungen mit kognitiven Auseinandersetzungsaktivitäten für die einzelnen Teilprozesse, tragen dazu bei, dass Kinder eigenverantwortlich und individuell für sie neues Wissen zu fachlichen Inhalten und wissenschaftlichem Vorgehen konstruieren können. Insgesamt sind Kompetenzerweiterungen durch Forschendes Lernen bedeutsame Grundlage für eine reflexive Auseinandersetzung mit aktuellen, zunehmend naturwissenschaftlich geprägten Problemlagen des Alltags und der Gesellschaft.

Literatur:

- Arnold, J.; Kremer, K. & Mayer, J. (2012). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11(11), 7-20.
- Aufschnaiter, C. v. & Prechtel, H. (2018). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, H. Schecker & I. Parchmann (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 87-104). Berlin: Springer.
- Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenzen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 112-140). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). Lehr- und Lernprozesse im Anfangsophtikunterricht der Sekundarstufe I. *Kumulative Habilitationsschrift*. Universität Wien. Online unter https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Physik/Physikdidaktik/Mitarbeiter/Habil_Haagen.pdf [26.06.2020].
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden (S. 187-197). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech, D., Schwier, H.-J. (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts*. (S. 93-108). Bad Heilbrunn, Obb.: Klinkhardt.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Mannel, S., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2015). Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 99-110.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Ein Lehrbuch (S. 613-658). Weinheim: Beltz PVU.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie - Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315-345.

■ **Eva Freytag** ist Professorin im Fachbereich Sachunterricht, Naturwissenschaftliche und Technische Bildung am Institut für Elementar- und Primarpädagogik an der Pädagogischen Hochschule Steiermark.



Forschendes Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht

von **Simone Abels, Sarah Brauns** und **Daniela Egger**

„Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“ (Menthe et al., 2017, S. 801). Diesem Konsens aus dem Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)¹ liegt ein weites Inklusionsverständnis zu Grunde (Werning, 2014). So wird nicht dem Ansatz gefolgt, wie der naturwissenschaftliche Unterricht regulär und für einzelne „besondere“ Schüler*innen zusätzlich anders gestaltet werden kann, sondern es wird danach gefragt, wie der naturwissenschaftliche Unterricht Partizipation so ermöglichen kann, dass alle Schüler*innen selbstbestimmt lernen können (Florian & Black-Hawkins, 2011). Bei Partizipation geht es dann um mehr als ein bloßes Dabeisein von Lernenden. Es geht um Kollaboration im gemeinsamen Unterricht (Booth, 2003, S. 2) und Ko-Konstruktion eines gemeinsamen naturwissenschaftlichen Lerngegenstands (Simon & Gebauer, 2014), woran alle Schüler*innen mit ihren individuellen Potentialen lernen. Diese Ko-Konstruktionen werden z.B. durch mehrperspektivische Zugänge sowie das Lernen auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen mit unterschiedlichen Abstraktionsniveaus unterstützt (Simon & Gebauer, 2014).

Die Umsetzung von Inklusion bzw. Partizipation aller im Unterricht stellt jedoch (angehende) Lehrpersonen vor große Herausforderungen, da die Vorgaben zur Leistungsmessung den Ansprüchen an Individualisierung meist zuwiderlaufen (Frohn, 2019). Um allen Schüler*innen eine naturwissenschaftliche Grundbildung im gemeinsamen Fachunterricht zu ermöglichen und den aktuellen Curricula zu entsprechen, haben sich u.a. Ansätze wie Forschendes Lernen (siehe Artikel B. Koliander in diesem

Newsletter) bewährt (Abels, 2015a). Neben konzeptuellem Verstehen entlang der Basiskonzepte der naturwissenschaftlichen Fächer ermöglicht Forschendes Lernen vor allem den Erwerb von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation (Abels & Koliander, 2017). Diese Kompetenzen haben in den letzten 15 Jahren Eingang in die Lehrpläne gefunden, so dass die Umsetzung Forschenden Lernens für Lehrpersonen legitimierbar ist.

Forschendes Lernen inklusiv gestaltet

Forschendes Lernen ist ein sehr flexibler Ansatz, der entsprechend der Voraussetzungen, Erfahrungen und Interessen der Lerngruppe angepasst werden kann. Dabei kommen grundlegende naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zum Einsatz wie Fragen stellen, Hypothesen formulieren, planen, durchführen, beobachten, protokollieren, analysieren, Zusammenhänge herstellen etc., die auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus mit variierbarer Intensität der Lernbegleitung durch die Lehrperson umgesetzt werden können (Abels & Koliander, 2017). Damit diese Schritte des Forschenden Lernens als Kompetenzen von den Lernenden sukzessive erworben werden können, eignet sich insbesondere der levelbasierte Ansatz des Forschenden Lernens (vgl. Hofer, Abels & Lembens, 2016). Dabei ist es je nach Erfahrung und Vorwissen der Lerngruppe möglich, unterschiedlich stark strukturierte Angebote zu machen. Während Level 0 eine komplette Vorgabe der Schritte des Forschenden Lernens (FL) durch die Lehrperson bedeutet, können auf Level 3 die Lernenden über alle Schritte selbst bestimmen und entscheiden (Abb. 1).

Dass die Lernenden selbst über bestimmte Schritte bestimmen und entscheiden, heißt jedoch nicht, dass sie



	Fragestellung entwickeln, Hypothesen formulieren	Datenerhebung planen und durchführen	Daten auswerten, Ergebnisse interpretieren und diskutieren
Level 0 Bestätigendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor
Level 1 Strukturiertes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor	Lernende bestimmen
Level 2 Begleitendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen
Level 3 Offenes Forschendes Lernen	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen

Abb. 1: Level des Forschenden Lernens (übersetzt und adaptiert nach Blanchard et al., 2010, S. 581)

völlig allein gelassen werden. Auf jedem Level ist die Lehrperson gefragt, als Lernbegleitung zu agieren und den Schüler*innen *Scaffolding* anzubieten, d.h. ein Gerüst aus Lernbegleitungsstrategien (Beispiele s.u.), das den Schüler*innen ermöglicht, die Untersuchung erfolgreich umzusetzen (Abels, 2014). Dabei muss eine Untersuchung jedoch nicht zwangsläufig die vorher aufgestellten Hypothesen bestätigen oder fehlerfrei ablaufen – auch in der Wissenschaft ist die Widerlegung von Hypothesen als wichtiges Ergebnis zu werten, aus dem weiter gelernt werden kann, indem Folgefragen und -untersuchungen aufgestellt werden. Eine produktive Lern- und Fehlerkultur, in der Fehler wertgeschätzt werden, hilft hierbei ebenfalls: Forschendes Lernen in einer positiven Lernatmosphäre zu ermöglichen, ist für die Partizipation im naturwissenschaftlichen Unterricht von Bedeutung (Maroney, Finson, Beaver & Jensen, 2003). Auch das Wertschätzen verschiedener Hypothesen ist im inklusiven Kontext eine Voraussetzung dafür, dass die hypothesenprüfende und -generierende Forschung – die ein zusätzlich wichtiger Ansatz ist – den Blick für vielfältige Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Herangehensweisen öffnet. Dies explizit mit den Schüler*innen zu reflektieren, hilft dabei, das Wesen der Naturwissenschaften zu verstehen und über die Naturwissenschaften zu lernen, was im Sinne epistemischen Wissens Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist (Hodson, 2014) und dafür sorgt, dass Schüler*innen sich besser mit dem Wesen der Naturwissenschaften identifizieren können (Miller, Nolla, Eagly & Uttal, 2018). Weiterhin sind die Level nicht mit Schwierigkeitsgraden zu verwechseln. Level 0 kann eine hochkomplexe Fragestellung zugrunde liegen, die mit herausfordernden Methoden bearbeitet wird, während auf Level 3 einer ein-

fachen Frage nachgegangen werden kann, wie es auch Primarstufenschüler*innen bewältigen können (Sodian, Jonek, Thoermer & Kircher, 2006). Besonderes Potential entfaltet der levelbasierte Ansatz in Lerngruppen, wenn in Einzel-, Partner*innen- oder Gruppenarbeit auf unterschiedlichen Leveln gearbeitet wird. Die Sozialform kann frei gewählt oder produktiv arbeitende, heterogene Gruppenzusammensetzungen von der Lehrperson organisiert werden. Als Ausgangsbasis wäre ein Untersuchungsdesign auf Level 1 oder 2 denkbar, also eine gemeinsame Fragestellung für alle Schüler*innen (Abb. 2, rot umrandet). Die Untersuchung kann dann im Prozess adaptiert werden. Für manche Schüler*innen können strukturierte Unterstützungsmaßnahmen parat gehalten werden, z.B. eine Versuchsanleitung oder ein vorstrukturiertes Protokoll (wird dadurch Level 1), während sich bei anderen Gruppen spannende Folgefragen ergeben könnten, die nach einer Gefährdungsbeurteilung durch die Lehrperson weiter untersucht werden können (wird dadurch Level 3, Abb. 2). Außerdem können auf jedem Level verschiedene offene Differenzierungsangebote für einzelne Gruppen gemacht werden, die den Schüler*innen ein weiteres „Gerüst“ bieten (Beispiele s.u.). Es ist zu beachten, dass eine Untersuchung nicht innerhalb einer Schulstunde abgeschlossen sein muss, sondern bestimmte Schritte auch gut vertagt werden können. Der Vorteil ist, dass die Schüler*innen oder die Lehrperson weiteres Material organisieren, recherchieren, Risiken abwägen können u.v.m. Auch die Dokumentation des Forschungsprozesses und der Ergebnisse bekommt so eine größere Relevanz. Die Dokumentation könnte in Form von klassischen Protokollen, Forschungstagebüchern, Video- und/oder Audioaufzeichnungen, Fotostories, Zeich-

	Fragestellung	Planung und Durchführung	Interpretation der Ergebnisse
Level 0 Bestätigendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt vor
Level 1 Strukturiertes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt einzelne Versuchsschritte oder die ganze Versuchsanleitung vor	Lehrperson gibt Input abgestimmt auf die einzelnen Gruppen, Lehrperson gibt vorstrukturierte Dokumentation vor mit Hilfwörtern, Leitfragen oder vorstrukturierten Recherchemöglichkeiten, z.B. Sachtexten, Linksammlungen etc., mit deren Unterstützung Lernende die Interpretation der Ergebnisse bewältigen
Level 2 Begleitendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen
bleibt Level 2 Begleitendes Forschendes Lernen	Lehrperson gibt vor	Lehrperson gibt (Satzanfänge für Hypothesen oder Materialauswahl vor, z.B. in Form von Tippkarten oder eines Materialtisches, mit deren Unterstützung Lernende die Planung und Durchführung selbstbestimmt bewältigen	siehe Level 1
wird Level 3 Offenes Forschendes Lernen	Lernende bearbeiten zum Oberthema eigene weiterführende Fragestellungen	Lernende bestimmen	Lernende bestimmen

Abb. 2: Am gemeinsamen Lerngegenstand auf unterschiedlichen Leveln lernen (adaptiert nach Abels, 2017, S. 327)

nungen etc. gestaltet werden (Groß & Reiners, 2012). Die Präsentation der Ergebnisse erweist sich als deutlich relevanter und spannender, wenn die Gruppen unterschiedlich geforscht haben und neben dem Produkt auch den Prozess kreativ darstellen. Die Diversität, die eine Lerngruppe mit sich bringt und die sich auf die Vielfalt der Vorgehensweisen und Ergebnisse beim Forschenden Lernen auswirkt, hat folglich einen positiven Effekt auf den Ausgang (Outcome) der Einheit zum Forschenden Lernen. Natürlich erfordert dieses Vorgehen Zeit, die aber aufgrund des förderlichen Potentials Forschenden Lernens bezüglich Wissen, prozeduralen Kompetenzen und Interesse (Blanchard et al., 2010) gut investiert ist und sich über die Möglichkeit des kompetenzorientierten Lehrens und Lernens auch legitimieren lässt. Bei der Wissensfülle, die mittlerweile und nach wie vor im Curriculum herrscht, können Lehrpersonen zu den einzelnen Basiskonzepten bzw. Inhaltsbereichen nur exemplarisch arbeiten.

Was macht Forschendes Lernen inklusiv? Hinweise aus einem Literaturreview

Die Implikationen aus der inklusiven Gestaltung des For-

schenden Lernens durch z.B. den levelbasierten Ansatz werden in einem von Brauns und Abels (in Vorbereitung) durchgeführten systematischen Literaturreview (SLR) bestätigt sowie durch weitere Charakteristika des inklusiven Forschenden Lernens systematisch ergänzt. Das SLR wurde im BMBWF Projekt „Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten“ (Nawi-In) durchgeführt, um die Frage zu beantworten, anhand welcher Charakteristika sich inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht erkennen lässt.

Aus der Literatur ließen sich folgende Möglichkeiten, Forschendes Lernen inklusiv zu gestalten, ableiten und zusammenfassen (Brauns & Abels, in Vorbereitung):

1. Forschendes Lernen durch verschiedene Offenheitsgrade ermöglichen
2. Forschendes Lernen auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus gestalten
3. Forschendes Lernen materialgeleitet unterstützen
4. Forschendes Lernen lernstrategisch unterstützen
5. Forschendes Lernen kommunikativ unterstützen
6. Forschendes Lernen reflektierend ermöglichen



7. Forschendes Lernen an verschiedenen Lernorten ermöglichen
8. Forschendes Lernen in positiver Lernatmosphäre ermöglichen

Der im vorherigen Abschnitt thematisierte levelbasierte Ansatz des Forschenden Lernens wird unter der ersten Möglichkeit aufgeführt (verschiedene Offenheitsgrade ermöglichen). Um weitere Möglichkeiten der inklusiven Umsetzung Forschenden Lernens aufzuzeigen, werden hier Aspekte aus der Literatur² zum (3.) materialgeleiteten, (4.) lernstrategischen und (5.) kommunikativen Unterstützen detaillierter dargestellt.

Zu 3. Forschendes Lernen materialgeleitet unterstützen

Beim materialgeleiteten Unterstützen werden Unterrichtsmaterialien in jeglicher Form, also Gegenstände, Medien, Modelle etc. eingesetzt, um den Schüler*innen Partizipation am Forschenden Lernen, vor allem bei auftretenden Schwierigkeiten, zu ermöglichen. Materialien können durch eine unterschiedlich starke Strukturierung, z.B. der Arbeitsblätter, gezielt entlang der Bedürfnisse der Schüler*innen eingesetzt werden. Materialien können die Schritte des Forschenden Lernens auch sprachlich unterstützen, indem z.B. Wortspeicher eingesetzt werden. Zu den Wortspeichern zählen u.a. Glossare, die die Schüler*innen im Forschungsprozess nutzen können. Es können des Weiteren Karten eingesetzt werden, die als Tipps oder abgestufte Lernhilfen gestaltet werden. Auf den Tippkarten können beispielsweise Hinweise zu möglichen Fragestellungen, Hypothesen, Versuchsaufbauten mit Bildern, zu verwendbaren Materialien oder zu allen anderen Umsetzungsmöglichkeiten des Forschenden Lernens zur Verfügung gestellt werden. So wie die Karten visuelle Komponenten beinhalten können, können weitere ergänzende Angebote als Visualisierungen zur Verfügung gestellt werden. Der Forschungskreislauf, der zentrale Verknüpfungspunkte zum Vorgehen beim Forschenden Lernen bietet, kann beispielsweise als visuelle Unterstützung dienen, wenn er bildlich bzw. grafisch dargestellt wird. Nicht nur auf den Tippkarten, sondern auch auf anderen Medien, wie auf der Tafel oder auf Arbeitsblättern, können Zeichnungen oder Fotos vom Versuchsaufbau beim Forschenden Lernen visuell unterstützen. Zudem unterstützen Materialtische als offenes Angebot, wobei die Schüler*innen durch die bereitgestellten Materialien Ideen generieren können und die Materialtische an sich durch die (Anzahl der) bereitgestellten Materialien nochmals diverse Optionen und unterschiedliche Komplexitätsgrade bieten. Die Materialtische sind dynamisch einsetzbar und können auch durch sukzessives Ergänzen von Materialien die Ideen der Schüler*innen begleiten.

Zu 4. Forschendes Lernen lernstrategisch unterstützen

Das lernstrategische Unterstützen bezieht sich auf Methoden und Strategien, die mit den Schüler*innen durchgeführt werden oder die den Schüler*innen an die Hand gegeben werden. Der Forschungszyklus beim Forschenden Lernen kann nicht nur materialistisch eingesetzt werden, sondern

die Tatsache, dass er ein idealisiertes wissenschaftliches Vorgehen darstellt, kann die Schüler*innen darin unterstützen, dass ihr Fokus auf der Aufgabe bleibt und sie von dem systematischen Forschenden Lernen nicht zu einem willkürlichen Ausprobieren abweichen. Wenngleich ein Forschungszyklus dynamisch zu verstehen ist, kann er den Schüler*innen als Orientierung für das methodische Vorgehen beim Forschenden Lernen dienen. Beim lernstrategischen Unterstützen können wiederholte Thematisierungen des Forschungszyklus dazu beitragen, dass die Schüler*innen methodische Anhaltspunkte erkennen und reflektieren. Der Forschungszyklus kann beispielsweise zu Beginn einer Unterrichtsstunde oder vor und nach dem Forschungsprozess wiederholt sowie thematisiert werden. Lernstrategien können auch in Form von Sprachstrategien gestaltet werden, die sich z.B. auf Textverbesserungen oder Fachbegriffslernen beziehen.

Zu 5. Forschendes Lernen kommunikativ unterstützen

Hier geht es um Kommunikationsprozesse, Kooperation und Kollaboration sowie um verschiedene Sozialformen der Zusammenarbeit. Heterogene Gruppen können für das Forschende Lernen gebildet werden, in denen die Schüler*innen sich gegenseitig unterstützen. Dabei sollten sich stärker kognitive und eher handlungsorientierte Aufgaben in den Gruppen die Waage halten sowie unterschiedliche Verantwortungsübernahmen ermöglicht werden. Unterstützt werden können die Prozesse innerhalb der Gruppe durch strukturierende Elemente, die die Partner*innen- oder Gruppenarbeit lenken. Zwischen den Gruppen oder innerhalb der Klasse kann zudem ein kollaboratives Hilfesystem etabliert werden. Das bedeutet, dass z.B. Joker zum Spionieren bei den anderen Gruppen vergeben werden können oder die Schüler*innen sich in einem „peer-tutoring“-Programm gegenseitig beraten können. Bezogen auf die Kommunikation zwischen der Lehrkraft und den Schüler*innen können Lehrpersonen Schüler*innen beim Forschenden Lernen als Lernbegleitung beispielsweise durch den „reflective toss“³ unterstützen, wobei die Lehrkräfte den Schüler*innen die Möglichkeit zum eigenständigen Denken geben und tiefgreifenderes Denken durch gezieltes Nachfragen fördern. Das gezielte Fragen können Lehrkräfte ebenfalls anwenden, um die Aufmerksamkeit der Schüler*innen auf der gestellten Aufgabe bzw. auf dem Fokus ihrer Forschungsfrage und -ziele zu halten. Gleiches ist auch nützlich, um die Schüler*innen beim Verstehen der Aufgabe zu unterstützen. Die Fragen sind auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus formulierbar, sodass beispielsweise zum Fordern der Schüler*innen offenere und komplexere Fragen gestellt werden können. Außerdem kann die Lehrkraft in Kommunikation mit anderen Lehrkräften oder Fachkräften treten. Zusammen können die verschiedenen Expert*innen die Schüler*innen beim Forschenden Lernen als multiprofessionelle Teams unterstützen. Sie können entweder im Unterricht gemeinsam im „Co-Teaching“ auftreten oder den Unterricht gemeinsam vor- und nachbereiten. Naturwissenschaftslehrkräfte können im Team mit Inklusionslehrpersonen auf Basis gemeinsamer Expertise die Fachinhalte inklusiver gestalten.

² Die im Literaturreview berücksichtigten Quellen können bei Sarah Brauns angefragt werden.

³ Gemeint ist ein Zurückwerfen oder Spiegeln von Gedanken, Ideen, Fragen etc.

Fazit

In diesem Beitrag konnten wir einige praktisch und teilweise empirisch erprobte Möglichkeiten aufzeigen, um Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv zu gestalten. Die Umsetzung ist nicht von heute auf morgen leistbar, aber eine entsprechende Lernkultur kann schrittweise in den heterogenen Lerngruppen eingeführt werden, um die Partizipation aller Schüler*innen am naturwissenschaftlichen Lernprozess zu ermöglichen. Bewährt hat sich dafür der levelbasierte Ansatz aufgrund seiner Flexibilität, der adaptiven Gestaltung bezüglich Strukturierung und Offenheit und der damit verknüpfbaren Unterstützungsmöglichkeiten.

■ **Simone Abels** ist Professorin für Didaktik der Naturwissenschaften am Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie der Leuphana Universität Lüneburg.

■ **Sarah Brauns** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Didaktik der Naturwissenschaften an der Leuphana Universität Lüneburg und ist in dem Projekt Nawi-In tätig.

■ **Daniela Egger** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Didaktik der Naturwissenschaften an der Leuphana Universität Lüneburg und ist in dem Projekt Nawi-In tätig.

Literatur:

- Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Ed.), *New developments in science education research* (pp. 77-96). New York City: Nova.
- Abels, S. (2014). Inquiry-Based Science Education and Special Needs – Teachers' Reflections on an Inclusive Setting. *Sisyphus – Journal of Education*, 2(2), 124–154.
- Abels, S. & Koliander, B. (2017). Forschendes Lernen als Beispiel eines inklusiven Ansatzes für den Fachunterricht. In B. Schörkhuber, M. Rabl & H. Svehla (Hrsg.), *Vielfalt als Chance. Vom Kern der Sache* (S. 53-60). Münster: LIT.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Booth, T. (2003). Inclusion and exclusion in the city: concepts and contexts. In P. Potts (Ed.), *Inclusion in the City: Selection, schooling and community* (pp. 1-14). London: Routledge Falmer.
- Florian, L. & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal*, 37(5), 813-828.
- Frohn, J. (2019). Kompetenzorientierung und Inklusion – eine Zusammenführung auf Unterrichtsebene. *HLZ*, 2(1), 15-38.
- Groß, K. & Reiners, C. (2012). Experimente alternativ dokumentieren. Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht. *Chemkon*, 19(1), 13-20.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2016). Forschendes Lernen und das 5E-Modell. *Plus Lucis*, 1, 4. Online unter http://pluslucis.univie.ac.at/Plus-Lucis/161/index_pl_161.html [08.06.2017].
- Maroney, S. A., Finson, K. D., Beaver, J. B. & Jensen, M. M. (2003). Preparing for Successful Inquiry in Inclusive Science Classrooms. *Teaching Exceptional Children*, 36(1), 18-25.
- Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A. & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 800-803). Universität Regensburg.
- Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H. & Uttal, D. H. (2018). The Development of Children's Gender-Science Stereotypes: A Meta-analysis of 5 Decades of U.S. Draw-A-Scientist Studies. *Child Development*, 89(6), 1943-1955.
- Simon, T. & Gebauer, M. (2014). Das Science Camp der Kinderuniversität Halle. Beispiel für einen inklusionsorientierten Sachunterricht. *Sache, Wort, Zahl*, 42(139), 44-50.
- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C. & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen: Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 147-160). Münster: Waxmann.
- Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17, 601-623.



Scaffolding im Rahmen von Inquiry-based Learning

Unterstützung der Lernenden auf ihrem Weg zur Erkenntnisgewinnung

von **Elisabeth Hofer**



Inquiry-based Learning (IBL) stellt einen Unterrichtsansatz dar, bei dem die Lernenden den Weg der Erkenntnisgewinnung erfahren sollen, indem sie Aktivitäten, wie beispielsweise das Formulieren von Fragen, das Bilden von Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen, das Erheben, Auswerten und Interpretieren von Daten sowie das Präsentieren von Untersuchungsergebnissen, kennenlernen bzw. selbst durchführen (National Research Council, 2000; NGSS Lead States, 2013; Artikel B. Koliander in diesem Newsletter). Diese Aktivitäten erfordern von den Lernenden nicht nur Wissen und Kompetenzen aus dem konzeptuellen, sondern auch aus dem prozeduralen und epistemischen Bereich (Abrams, Southerland & Evans, 2008; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Durch die Notwendigkeit, auf Wissen und Kompetenzen aus dem konzeptuellen, prozeduralen und epistemischen Bereich parallel zugreifen zu müssen, kommt es zu einer gesteigerten kognitiven Belastung (cognitive load) der Lernenden. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen und einer möglichen Überforderung der Lernenden vorzubeugen, bedarf es einer feinmaschigen und umfangreichen Unterstützung durch die Lehrperson (Blanchard et al., 2010; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Lederman, 2008). In diesem Zusammenhang stellt neben der schrittweisen Öffnung von IBL entlang verschiedener Stufen (Blanchard et al., 2010; Lederman, 2008; Artikel B. Koliander in diesem Newsletter) die Anwendung sogenannter Scaffolding-Maßnahmen eine wesentliche Möglichkeit dar, um die Anforderungen im Rahmen von IBL an die Bedarfe der Lernenden anzupassen (Hmelo-Silver et al., 2007; Jiang & McComas, 2015; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

Die Zone der nächsten Entwicklung

Als Scaffolding (engl. für (Arbeits-)Gerüst, Grundgerüst, Grundlage) werden Maßnahmen bezeichnet, welche mit dem Ziel eingesetzt werden, die Arbeits-

Denk- und/oder Lernprozesse zu organisieren, zu strukturieren und schließlich zu vereinfachen. Zielgerichtet eingesetztes Scaffolding ermöglicht es den Lernenden, Aufgabenstellungen zu bearbeiten, die ohne die entsprechenden Unterstützungsmaßnahmen außerhalb der eigenen Reichweite liegen würden (Hammond & Gibbons, 2005; Quintana et al., 2004; Reiser, 2004; Saye & Brush, 2002). Das Ziel von Scaffolding ist es also, eine Lernumgebung zur Verfügung zu stellen, in der die Lernenden in ihrer „Zone der nächsten Entwicklung“ (zone of proximal development) arbeiten können. Diese Zone stellt jenen Anforderungsbereich dar, welcher zwischen zu niedriger kognitiver Beanspruchung (Unterforderung) und zu hoher kognitiver Beanspruchung (Überforderung) angesiedelt ist und als besonders motivierend und lernförderlich angesehen wird (Vygotsky, 1978; siehe Abb. 1).

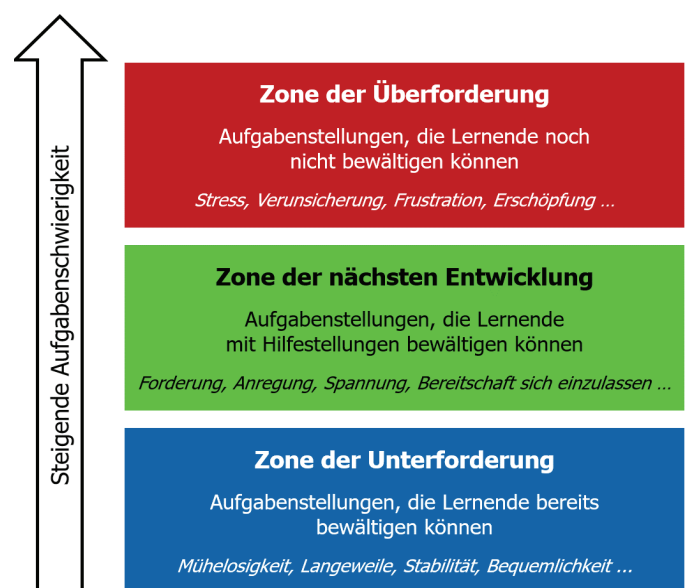


Abb. 1: Die Zone der nächsten Entwicklung (Vygotsky, 1978) als Bereich zwischen Unterforderung und Überforderung

Um eine Lernumgebung für IBL in der Zone der nächsten Entwicklung anzusiedeln, gilt es, Aufgabenstellungen einerseits an die vorherrschenden Rahmenbedingungen und andererseits an die Lernenden, deren Wissen, Erfahrungen, Kompetenzen und Bedarfe anzupassen (Jiang & McComas, 2015). Um der Diversität der Lernenden Rechnung zu tragen, bedarf es auch bei der Auswahl und dem Einsatz von Scaffolding-Maßnahmen einer individualisierten und differenzierten Vorgehensweise (Abels, 2015). Zu diesem Zweck müssen die Unterstützungsmaßnahmen stufenweise eingesetzt und wieder zurückgenommen sowie kontinuierlich adaptiert und modifiziert werden – stets mit dem langfristigen Ziel, die Scaffolding-Maßnahmen irgendwann wegfallen lassen zu können (Sawyer, 2006).

Makro-Scaffolding und Mikro-Scaffolding

Für die passgenaue Unterstützung der Lernenden steht eine Vielzahl verschiedenster Scaffolding-Maßnahmen zur Verfügung. Hammond und Gibbons (2005) unterscheiden grundlegend zwischen zwei Kategorien: Makro-Scaffolding und Mikro-Scaffolding. Als Makro-Scaffolding bezeichnen sie Maßnahmen und Strategien, welche im Rahmen der Unterrichtsplanung – also im Vorhinein – von der Lehrperson antizipiert, erstellt und vorbereitet werden. Unter Mikro-Scaffolding fassen sie jene Unterstützungsmaßnahmen zusammen, deren Notwendigkeit sich aus dem Unterrichtsgeschehen heraus ergibt und die anschließend von der Lehrperson in der jeweiligen Unterrichtssituation ad hoc umgesetzt werden (Hammond & Gibbons, 2005). Eine ähnliche Einteilung nehmen auch Saye und Brush (2002) vor, die in diesem Zusammenhang von hard scaffolds (Makro-Scaffolding) und soft scaffolds (Mikro-Scaffolding) sprechen. Zur Gestaltung einer adaptiven Lernumgebung wird die Kombination von Maßnahmen und Strategien auf beiden Ebenen (Makro-Scaffolding und Mikro-Scaffolding) empfohlen.

Auf der Makro-Ebene kann die Lehrperson u.a. Hinweise zum Vorgehen, ergänzende Informationen oder exemplarische Lösungen zur Verfügung stellen (z.B. Affeldt, Maric & Eilks, 2019; Arnold, Kremer & Mayer, 2017; Bruckermann & Schlüter, 2017; Leisen



Abb. 2: Exemplarische Beispiele für Scaffolding-Maßnahmen auf der Makro-Ebene für Inquiry-based Learning in eher geschlossenen Settings



& Bennung, 1999). Diese Unterstützungsmaßnahmen können nicht nur in analoger, sondern auch in digitaler Weise angeboten werden. So können Lernende ihre Untersuchungen beispielsweise in Form von Fotos oder Videos dokumentieren bzw. Erklärungen und zusätzliche Informationen aus Audio- oder Videodateien entnehmen (Leisen, 2013; Wu & Pedersen, 2011). Eine besondere Form des Makro-Scaffoldings stellt der Einsatz sogenannter gestufter Hilfen dar. Diese bestehen aus aufeinander aufbauenden Hinweisen, Anleitungen oder Fragen und sollen die Lernenden in inhaltlichen, methodischen oder sprachlichen Aspekten unterstützen (Leisen, 2010). Als Möglichkeiten des Mikro-Scaffoldings werden u.a. das Paraphrasieren und Umformulieren von Lernendenaussagen, das Stellen von offenen Fragen, das Einbetten von Lernendenaussagen in Kontexte sowie das aktive Zuhören angesehen (Furtak, 2008; siehe Abb. 3).

Scaffolding für Inquiry-based Learning

Im Rahmen von IBL stellt speziell der Prozess der Erkenntnisgewinnung eine entscheidende Herausforderung für Lernende dar. Ein für IBL typischer Untersuchungsprozess orientiert sich an folgenden fünf charakteristischen Schritten:

- Fragen entwickeln
- Hypothesen bilden
- Untersuchungen durchführen & Daten erheben
- Daten auswerten & interpretieren
- Ergebnisse präsentieren

Es ist Aufgabe der Lehrpersonen, die Lernenden bei der Durchführung dieser fünf Schritte mit entsprechenden Unterstützungsmaßnahmen zu begleiten. Abbildung 3

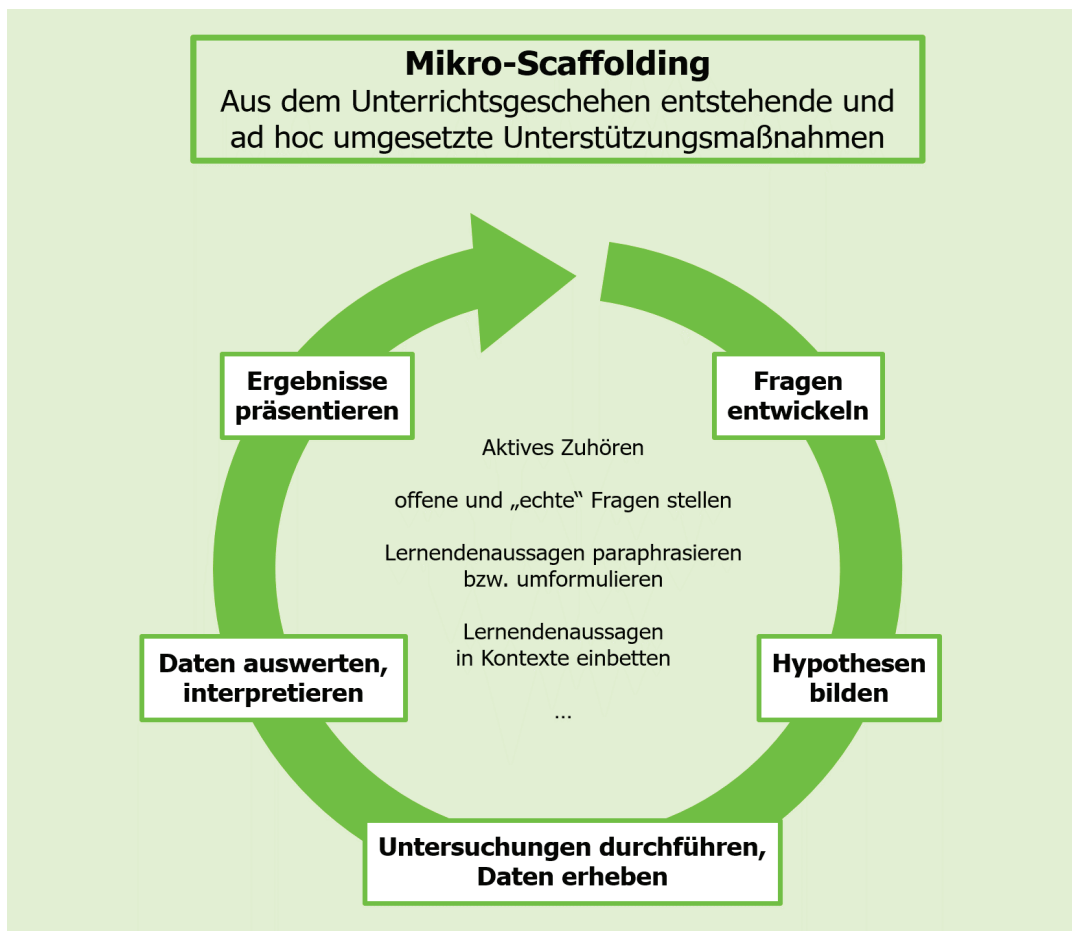


Abb. 3: Maßnahmen des Mikro-Scaffoldings, die über alle Schritte eines Untersuchungsprozesses hinweg von der Lehrperson bedarfsgerecht angewendet werden können



gibt einen Überblick über Unterstützungsmaßnahmen auf der Makro-Ebene, indem für jeden der fünf Schritte im Untersuchungsprozess zwei exemplarische Beispiele angegeben werden. Die Auswahl der Beispiele bezieht sich hier auf IBL in eher geschlossenen Settings, d.h., dass zumindest die zu untersuchende Fragestellung von der Lehrperson vorgegeben ist (siehe Abschnitt Praxis in diesem Newsletter). Für Aufgabenstellungen auf Level 2 oder Level 3 (Blanchard et al., 2010) müssten jedenfalls zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen für die Auswahl von Geräten und Materialien sowie die Planung und Durchführung von Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden.

Zusätzlich zu den Maßnahmen des Makro-Scaffoldings kann die Lehrperson noch zahlreiche Varianten auf der Mikro-Ebene zur Begleitung und Unterstützung der Lernenden auf dem Weg der Erkenntnisgewinnung anwenden. Abbildung 3 führt Maßnahmen des Mikro-Scaffoldings an, die über alle fünf Schritte hinweg von der Lehrperson eingesetzt werden können. Für offenere Aufgabenstellungen (IBL auf höheren Levels) sollen die Lernenden zudem in der eigenen Ideenfindung und -bearbeitung ermutigt werden, indem deren Vorschlägen Beachtung geschenkt sowie entsprechende weiterführende Informationen und Materialien zur Verfügung gestellt werden (Baur & Emden, 2020; Duck-

worth, 2009).

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass Scaffolding nicht nur das Ziel verfolgt, die Passung zwischen einer Aufgabenstellung und den Voraussetzungen der Lernenden zu verbessern, sondern auch in sich eine Lerngelegenheit darstellt (Hmelo-Silver et al., 2007; Quintana et al., 2004). In Kombination mit der passenden Auswahl des Levels einer Aufgabenstellung und der stufenweisen Entwicklung von prozeduralen und epistemischen Kompetenzen der Lernenden trägt Scaffolding dazu bei, einer kognitiven Überlastung der Lernenden vorzubeugen, und ermöglicht somit eine erfolgreiche Implementierung von IBL in den Unterricht (Abrams, Southerland & Evans, 2008; Blanchard et al., 2010; Hmelo-Silver et al., 2007).



EINE NEUE ARBEITSWELT IST IM ENTSTEHEN – DAZU BRAUCHEN WIR INNOVATIVE KÖPFE!



Die Digitalisierung schafft neue Berufsbilder und verändert rasant die Arbeitswelt. Besonders stark wird die Anzahl der Jobs im MINT-Bereich steigen und die Nachfrage der Industrie nach hochqualifizierten, technischen Fachkräften ist ungebrochen.

Der Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie (FEI) vertritt einen der erfolgreichsten und innovativsten Industriezweige Österreichs und setzt sich seit Jahren für das Thema Bildung ein.

WIR ...

- › ... bilden mit unserem Netzwerkpartner FH Technikum Wien die technischen Fachkräfte von morgen aus
- › ... unterstützen Initiativen wie IMST
- › ... fördern mit unserem Netzwerk „Frauen in der Technik“ herangehende Technikerinnen und zeichnen mit dem Stipendium „1.000 Euro statt Blumen“ hervorragende Studentinnen aus

ÜBER DEN FEI

Der Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie vertritt die Interessen des zweitgrößten Industriezweigs in Österreich mit rund 300 Unternehmen, über 65.000 Beschäftigten und einem Produktionswert von 17,4 Milliarden Euro (Stand 2017). Das oberste Ziel des FEI ist die Stärkung der österreichischen Elektro- und Elektronikindustrie im weltweit geführten Standortwettbewerb.

www.feei.at

**Literatur:**

- Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Ed.), *New Developments in Science Education Research* (pp. 77-96). New York: Nova Science Publishers.
- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2008). Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. C. Silva (Eds.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities* (pp. xi-xlii). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing, Inc.
- Affeldt, F., Markic, S. & Eilks, I. (2019). Über die Nutzung abgestufter Lernhilfen beim forschenden Lernen. *Chemie & Schule*, 34(4), 17-21.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21-37. doi:10.1007/s40573-016-0053-0
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International* (published online ahead-of-print). doi:10.1515/cti-2019-0013
- Bruckermann, T. & Schlüter, K. (Hrsg.) (2017). *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie. Eine praktische Anleitung für die Lehramtsausbildung*. Berlin – Heidelberg: Springer.
- Duckworth, E. (2009). Helping Students Get to Where Ideas Can Find Them. *The New Educator*, 5, 185-188.
- Furtak, E. M. (2008). The Dilemma of Guidance. An Exploration of Scientific Inquiry Teaching. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching a meta-analysis. *Review of educational research*, 82(3), 300-329.
- Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect*, 20(1), 6-30.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Jiang, F. & McComas, W. F. (2015). The effects of inquiry teaching on student science achievement and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. *International Journal of Science Education*, 37(3), 554-576.
- Lederman, N. G. (2008). What did you do in science today? In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom. Realities and opportunities* (pp. 25-35). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren: Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. *Unterricht Physik*, 117/118, 101-105.
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach: sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach : [1]: Grundlagenteil (1. Aufl.)*. Stuttgart: Klett Sprachen.
- Leisen, J. & Bennung, R. (1999). *Methoden-Handbuch deutschsprachiger Fachunterricht (DFU)*. (Loseblattsammlung). Bonn: Varus.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: National Academy Press*.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington: National Academies Press.
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., . . . Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337-386.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197.
- Sawyer, K. (2006). Introduction. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 1-18). Cambridge: Cambridge University Press.
- Saye, J. W. & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational technology research and development*, 50(3), 77-96. doi:10.1007/BF02505026
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562-1577. doi:10.1080/09500693.2019.1616124
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Soubberman Eds.). Cambridge: Harvard University Press.
- Wu, H.-L. & Pedersen, S. (2011). Integrating computer-and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57(4), 2352-2363. doi:10.1016/j.compedu.2011.05.011

■ **Elisabeth Hofer** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Wien, AECC Chemie, und mitverwendete Lehrperson im Rahmen des Projekts IMST an der PH Niederösterreich.



UNTERRICHTS- UND SCHULPRAXIS

Forschen in der Volksschule Papier als Jahresthema in der 1. Klasse Volksschule

von **Ingeborg Tontur** und **Sandra Puddu**

Wie kann in der Volksschule forschend gelernt werden? Wie kann das Thema Papier ein ganzes Schuljahr lang spannend bleiben? Mit diesen Fragen hat sich die Volksschule Wienerstraße in Brunn am Gebirge im Rahmen von IMST auseinandergesetzt. Um einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt in der Volksschule zu etablieren, wurden Jahresthemen eingeführt. In der ersten Klasse wurde nun mit dem Thema Papier begonnen.

Wie wurde Forschendes Lernen an der Schule implementiert?

In der Volksschule Wienerstraße in Brunn am Gebirge wird auf spezifische Interessen und Stärken der Schüler und Schülerinnen eingegangen. Dazu stand Forschendes Lernen in der Klasse 1a im Mittelpunkt. Um in kleineren Gruppen forschen zu können, wurde die Klasse geteilt. Jede Gruppe konnte vier Wochen lang ein Thema bearbeiten, dann wurde gewechselt. Die Themen waren Beschaffenheit von Papier, Bewegung mit Papier und Herstellung von Papier. Zu den einzelnen Themen wurden jeweils vier Stunden gearbeitet. Eine Übersicht über die Themen gibt Abbildung 1. Im Zentrum stand jeweils die Frage, der die Kinder zuerst in der Gruppe im Klassenraum und anschließend im Werkraum nachgehen konnten.

Wie werden die Einheiten Forschenden Lernens durchgeführt?

Beispiel 1: Wie saugfähig sind unterschiedliche Papiersorten?

Zuerst durften die SchülerInnen Papiersorten durch Angreifen kennenlernen und so die Papierstärke sowie die Oberfläche erkunden. Dabei wurde auch besprochen, wozu welches Papier verwendet wird. Im Anschluss daran wurden Vermutungen angestellt, welche Papiersorten besonders gut Wasser aufsaugen, welche dies weniger tun und welche Papiersorten vielleicht gar nicht saugfähig sind. Dazu fand ein Gedankenaustausch zwischen den SchülerInnen statt. Die Vermutungen wurden durch Skizzen, die von den SchülerInnen angefertigt wurden, festgehalten. Diese Vermutungen mussten nun überprüft werden.

Dazu wurden Versuche durchgeführt. So wurde auf jede Papiersorte ein Löffel gefärbtes Wasser gegeben (Abb. 2).

Diese Versuche wurden ausgewertet und die Vermutungen bestätigt oder widerlegt. Dabei entstanden auch Protokolle,

Thema 1 Beschaffenheit von Papier	Wie saugfähig ist Papier? Wie tragfähig ist Papier? Wie sind TetraPak® aufgebaut? Womit kann man worauf schreiben?
Thema 2 Bewegung mit Papier	Wie baue ich einen Papierflieger? Wie baue ich ein Auto, das besonders schnell ist? Wie baue ich ein Schiff?
Thema 3 Herstellung von Papier	Welche Rohstoffe werden benötigt? Wie wird Papier geschöpft? Recycling von Papier – Mein Beitrag?

Abb 1: Themenübersicht



Abb. 2: Versuch zur Saugfähigkeit



die auf unterschiedlichste Weise geführt wurden und in denen die Papiersorten hinsichtlich der Saugfähigkeit bewertet wurden. Damit wurde auch die Forschungsfrage beantwortet. Ein Beispiel dafür, wie ein Protokoll aussehen kann, zeigt Abbildung 3.

Um dieses Thema abzurunden, wurde noch ein Film mit zusätzlichen Informationen gezeigt.

Beispiel 2: Warum sind TetraPak® besonders und was macht sie so besonders?

Um dieser Frage nachzugehen, brachten die SchülerInnen TetraPak® mit. Auf einem Schautisch wurden auch andere Verpackungen mit unterschiedlichen Verwendungszwecken gezeigt. Nun sollten die SchülerInnen Vermutungen anstellen, warum TetraPak® besondere Verpackungen sind und Vergleiche mit den Verpackungen auf dem Schautisch anstellen. Als Kriterien wurden hier z.B. die Stärke oder die Saugfähigkeit diskutiert. Außerdem wurden die Verwendung und das Vorkommen dieser Kartons und Verpackungen in einem Gedankenaustausch zwischen den SchülerInnen besprochen. Danach wurden die TetraPaks® aufgeschnitten und versucht, diese in die Schichten zu zerlegen, um dem Aufbau auf den Grund zu gehen. Hier wurde erkannt, dass die Innenseite beschichtet ist. Es wurde auch ausprobiert, ob TetraPak® schwimmt.

Als Ergänzung zu dieser Erkundung wurde ein Film zur Herstellung von TetraPak® angesehen.

In der angeschlossenen Werkstunde wurde ein schwimmendes Fortbewegungsmittel hergestellt und besprochen, was ein Schwimmkörper braucht (Abb. 4).

Zusammenfassung und Ausblick

Bei jedem der besprochenen Themen wurde von einer Fragestellung ausgegangen und die SchülerInnen wurden bei der Erforschung dieser Fragen auf Level 0 und Level 1 des Forschenden Lernens durch die Lehrperson (siehe Artikel B. Koliander in diesem Newsletter) begleitet. Die Freude der SchülerInnen am Erforschen war spürbar, und diese Art von Unterricht wurde gut angenommen. Situationsbedingt wurde am Ende des Schuljahres keine Evaluation vorgenommen.

Im kommenden Schuljahr werden die SchülerInnen am Thema Holz weiterarbeiten und weitere Schritte der Forschung übernehmen.

- **Ingeborg Tontur** ist Lehrerin an der Volksschule Wienerstraße in Brunn am Gebirge.
- **Sandra Puddu** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Wien, AECC Chemie, und mitverwendete Lehrerin im Rahmen des Projekts IMST an der PH Niederösterreich.

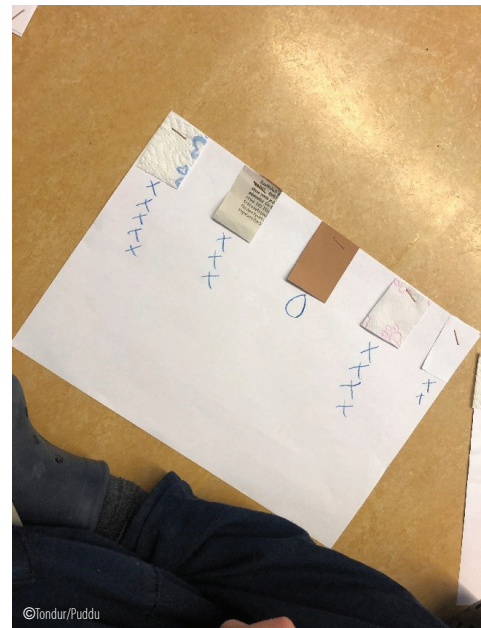


Abb. 3: Protokoll zum Thema Saugfähigkeit von verschiedenen Papiersorten



Abb. 4: Schiff aus TetraPak®

Forschendes Lernen in einem Theoriefach an einer HTL

von **Herbert Kuttelwascher, Christian Zacherl, Niklas Hack** und **Brigitte Koliander**

Geht es an einer HTL immer nur um fachliches Lernen? Nein, HTL-Absolventinnen und Absolventen sollen darüber hinaus auch Probleme identifizieren und eingrenzen können, aus Daten Schlüsse ziehen, ihre Erkenntnisse kommunizieren können. Aber ja, ganz ohne fachliches Lernen geht es an einer HTL nicht. Das Fachwissen ist meist Grundlage, um überhaupt die Probleme verstehen und analysieren zu können. Auch das in diesem Artikel vorgestellte Projekt ist prallvoll mit fachlichem Wissen, das für das Verständnis dieser Unterrichtseinheit wichtig ist.

Als Hinführung ein Bezug zum Alltag: Wenn Sie einen Wasserkocher, eine Kochplatte, einen Föhn oder einen Lötkolben (Abb. 1) verwenden, so nutzen Sie elektrischen Strom zum Erhitzen. Auch in der Industrie werden Heizelemente benötigt, z.B. um Kunststoffe für die Verarbeitung zu erwärmen.



Abb. 1: Lötkolben mit Steuergerät zur Einstellung der Temperatur

Oft ist es notwendig, dass die Heizleistung reguliert werden kann. So ist es bei einer Kochplatte nicht ausreichend, wenn man sie nur auf maximale Leistung stellen kann – dann geht es viel zu rasch, das Wasser verdampft zu schnell, der Reis brennt an. Das bedeutet, dass es irgendwie gelingen muss, die zugeführte elektrische Energie zu reduzieren – damit die Platte weniger heiß wird und die Geschwindigkeit des Kochens optimiert werden kann. Die Spannung aus dem Netz bleibt aber gleich hoch, daher wird es irgendeine zusätzliche Einrichtung geben müssen, die die Spannung am Heizelement reduziert. Der/Die BenutzerIn der Kochplatte verstellt nur den Einstellknopf, aber was passiert tatsächlich im elektrischen Schaltkreis?

Und schon sind wir bei der Forschungsfrage angelangt, mit der sich die Schülerinnen und Schüler des zweiten Jahrgangs, Fachrichtung Elektronik und Technische Informatik an der HTL Mödling, einen Vormittag lang beschäftigen sollten.

Wie kann die Temperatur eines Heizwiderstands ver­stellt werden? Mit dem Zusatz: Ohne dabei in der zusätzlichen Stelleinrichtung Wärme zu erzeugen und damit Energie zu vergeuden.

Die erste Möglichkeit, die man beim Kennenlernen elektrischer Stromkreise erfährt, ist der Einsatz eines Vorwiderstands (in Serie geschaltet), wodurch sich die Energie der Quelle auf Vorwiderstand und Heizwiderstand aufteilt, und damit letzterer weniger Energie erhält. Wenn dieser Vorwiderstand elektrisch verstellbar sein soll, kommt am besten ein Transistor zum Einsatz (Abb. 2). Diese Strategie bewirkt aber, dass infolge der Energieaufteilung nun auch das Stellglied (Transistor) warm wird – eine unerwünschte, störende Begleiterscheinung.

Um die Energiebilanz zu verbessern, muss man an der Schaltung gar nichts verändern, man muss nur den Transistor



anders ansteuern. Er soll nicht einen verstellbaren Vorwiderstand darstellen, sondern einen Schalter, der ein- bzw. ausgeschaltet werden kann. Jetzt tritt in beiden Schaltzuständen keine Leistung am Transistor auf. Im eingeschalteten Zustand liegt an ihm keine Spannung, im ausgeschalteten Zustand fließt kein Strom. Wie erfolgt nun aber die Dosierung der gewünschten Heizleistung am Heizwiderstand? Dies kann mit dem Verhältnis von Einschaltdauer und Ausschaltdauer verstellt werden (genannt Pulsweitenmodulation). Durch den Einsatz des Transistors kann das Schalten sehr rasch erfolgen, wodurch sich infolge der Trägheit des Heizwiderstands die gewünschte, konstante mittlere Temperatur entsprechend dem Verhältnis der Einschaltdauer ergibt.

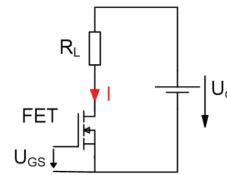
Vorbereitung der Einheit

In der Vorbereitung wurde überlegt, welche Schritte und Fragen von den Schülerinnen und Schülern selbst geplant oder untersucht werden könnten und welche Schritte vorgegeben werden, damit die kognitive Belastung der Schülerinnen nicht zu hoch ist und sie durch ihre Untersuchungen mit dem vorhandenen Vorwissen und in der vorgegebenen Zeit Antworten finden können. Aufgrund der fachlich inhaltlichen Herausforderungen wurde Level 1 von Forschendem Lernen gewählt. Die Auseinandersetzung mit den eigenen Präkonzepten und die Interpretation der erhobenen Daten, die manchmal im Widerspruch zu den vorher von den Schülerinnen und Schülern aufgestellten Hypothesen standen, waren die Schwerpunkte dieser Einheit Forschenden Lernens.

Die komplexe Forschungsaufgabe wurde in drei Subaufgaben unterteilt, damit wurde den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, auf drei unterschiedlichen Niveaus und mit steigendem Anspruch die Verstellung der Temperatur und die Reaktion des Heizwiderstands untersuchen zu können.

1. Wie ändert ein Heizwiderstand seine Temperatur, wenn die Versorgungsspannung eingeschaltet bzw. wieder ausgeschaltet wird?
2. Wenn ein Heizwiderstand mit einem Feldeffekttransistors (FET) in seiner Heizleistung kontinuierlich verstellt wird, was bedeutet das für die Leistung und die Temperatur am FET?
3. Wenn ein Heizwiderstand mit einem FET im Schaltbetrieb in seiner Heizleistung verstellt wird, was bedeutet das für die Leistung und die Temperatur am FET?

Für jede dieser Aufgaben wurde in der Vorbereitung der Einheit ein schriftlicher Arbeitsauftrag erstellt. Dieser enthielt als ersten Schritt die Aufforderung zur Formulierung von Hypothesen vor den Versuchen, so z.B. zur Reaktion eines Heizwiderstands auf das Einschalten der Versorgungsspan-



FET...Feldeffekttransistor

Mit der Spannung U_{GS} kann der Strom verstellt werden

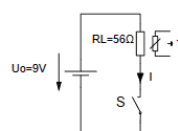
U_{GS} kann leicht von einer Einrichtung (von der Ferne) geliefert und verstellt werden.

Die Leistungsverhältnisse sind wie bei einem Stellwiderstand.

Abb. 2: Einsatz eines Feldeffekttransistors als Stellwiderstand, R_L ist der Heizwiderstand

nung (siehe Abb. 3), eine Anleitung zur Umsetzung der Untersuchung mit den nötigen Sicherheitshinweisen und eine Protokollvorlage mit den Punkten, die dokumentiert und diskutiert werden sollten. Für einzelne Schritte der Durchführung wurden Videos erstellt, um Schülerinnen und Schülern mit sprachlichen Schwierigkeiten eine Hilfestellung bei der Umsetzung zu geben (<https://h5p.org/user/325438/mycontent>).

Aufgabe 1: Manuelles Schalten des Lastwiderstandes Fragestellungen, Erwartungen, Vorüberlegungen



Der Heizwiderstand wird mit einem manuellen Schalter ein- bzw. ausgeschaltet, und seine Temperatur gemessen.

Fragestellung:

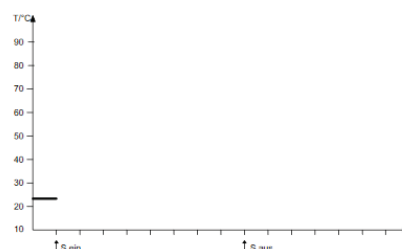
Welcher Temperaturverlauf wird bei R_L entstehen?

Beantwortet:

- A. Welche elektrische Leistung wird dem R_L im eingeschalteten Zustand zugeführt und welcher Strom entsteht (beides sind die maximalen Werte für die gewählten U_o und R_L)?
 $I_{max} = \dots\dots\dots$
 $P_{max} = \dots\dots\dots$

- B. Was wird die zugeführte elektrische Leistung im Lastwiderstand bewirken?

- C. Welcher Temperaturverlauf wird an R_L erwartet? (Start bei Umgebungstemperatur)



- D. Begründung für den erwarteten Temperaturverlauf:

Abb. 3: Arbeitsauftrag zur Hypothesenbildung betreffend der ersten Fragestellung

Zusätzlich zu diesen schriftlichen Unterlagen wurden von den Lehrpersonen die Materialien (Platine mit Heizwiderstand und FET, Steuerelement mit Temperaturanzeige und Taktgeber) für alle Gruppen vorbereitet.

Materialien für die Untersuchungen

Alle Untersuchungen werden an einer von der Lehrperson vorgefertigten Übungsplatine durchgeführt. Diese besteht im Wesentlichen aus dem Heizwiderstand, dessen Temperatur gemessen wird, einem manuellen Schalter und einem Feldeffekttransistor, dessen Temperatur auch mit einem Sensor gemessen wird (Abb. 4). Die Sensorsignale werden von einem Arduino-Uno-Board verarbeitet und als Temperaturen auf einem Display angezeigt. Die Versorgung des Heizkreises erfolgt mit einer konstanten Spannung U_0 von 9V aus einem Steckernetzgerät.

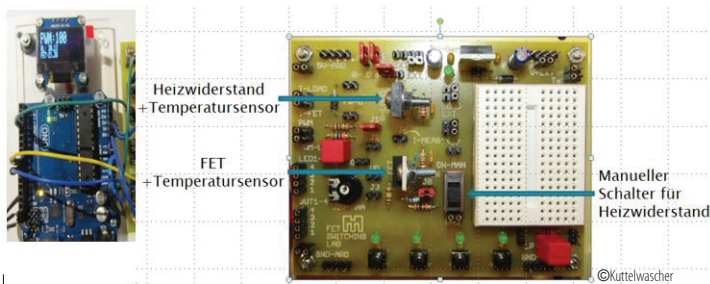


Abb. 4: Arduino-Uno-Board mit der Anzeige der Temperaturen und Übungsplatine mit dem Heizwiderstand, einem manuellen Schalter und dem FET

Für Messungen können in den Schaltkreis an geeigneten Stellen Amperemeter oder Voltmeter eingebunden werden

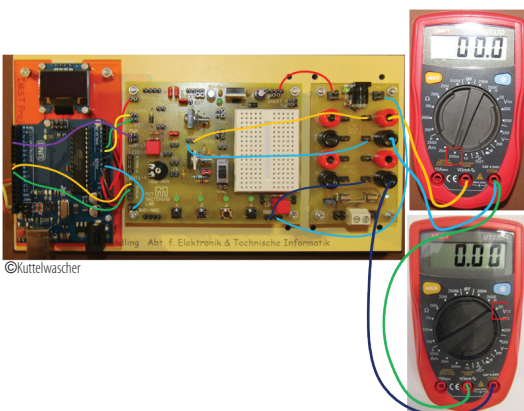


Abb. 5: Anschluss von Voltmeter und Amperemeter an die Übungsplatine

(Abb. 5).

Durch diese vorbereitete Versuchsumgebung sind nur einige Verbindungen für die jeweiligen Aufgabenstellungen zu stecken, und schon können die Reaktionen des Heizwiderstands auf bestimmte Ansteuerungen beobachtet werden. Damit haben die SchülerInnen den Kopf frei, um sich auf Fragen wie diese zu konzentrieren:

Wie reagiert solch ein Heizwiderstand überhaupt? Wie schaut es mit Stromstärke und Spannung am Heizwiderstand bei den unterschiedlichen Verstellmöglichkeiten aus? Wie reagiert der Heizwiderstand auf einfaches Ein- und Ausschalten? Wie reagiert er auf die unterschiedlichen Ansteuerungen des FET? Wann wird welcher Bauteil dabei erhitzt? Was davon kann ich schon richtig vorhersagen? Wie sind unerwartete Daten erklärbar?

Durchführung

Wir hatten einen Block von 200 Minuten für die Einheit organisiert. In dieser Zeit waren die Durchführung der Untersuchungen und die ExpertInnengruppen samt Abschlussdiskussion mit der fachlichen Klärung vorgesehen.

Einige Tage vor der Übung wurde von einer Lehrperson eine Einführung gegeben, um Schritte einer wissenschaftlichen Untersuchung zu besprechen, zur Fragestellung hinzuzuführen, die Materialien vorzustellen und wichtiges Vorwissen nochmals zu festigen.

Die Durchführung der Untersuchungen wurde von zwei Lehrpersonen begleitet. Die Vorgehensweise war folgenderweise angeleitet:

- In der Klasse werden acht Gruppen gebildet
- Jede Gruppe erhält alle Forschungsunterlagen und das Material
- In jeder Gruppe wird ein Koordinator/eine Koordinatorin bestimmt.
- Die Aufgabenstellungen sollen in den Gruppen möglichst selbstständig bearbeitet werden.
- Einzelne GruppenteilnehmerInnen erhalten spezielle Aufgaben.
- Bei grober Unsicherheit bzw. der Möglichkeit einer Beschädigung des Systems oder wenn etwas gar nicht funktioniert, kann eine Lehrperson befragt werden.

Die Gruppen bearbeiteten weitgehend selbstständig die Arbeitsaufträge, sie kamen mit den zur Verfügung gestellten Materialien gut zurecht (Abb. 6).

Die Begleitung durch die Lehrperson beschränkte sich auf die Beobachtung der Gruppen mit kurzen Hilfestellungen bezüglich der Durchführung, Aufforderung zum Dokumentieren, Hinweise zum zeitlichen Rahmen. Alle Gruppen führten die Untersuchungen durch und dokumentierten die erhobenen Daten.

Um die fachliche Klärung von den Schülerinnen und Schülern selbst nochmals tiefer diskutieren zu lassen, wurden

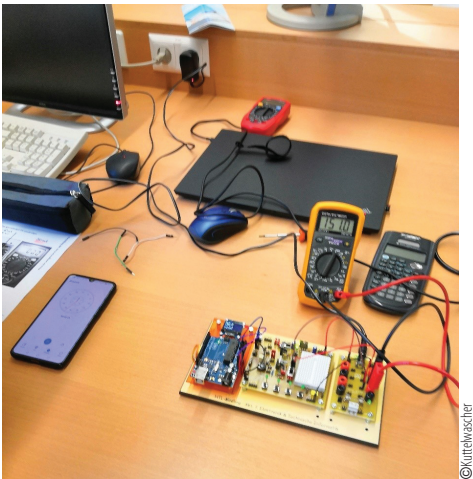


Abb. 6: Untersuchungen am Heizwiderstand

nach der Versuchsdurchführung ExpertInnengruppen für alle drei Aufgabenstellungen gebildet, gemischt aus den bisherigen Gruppen. Dort wurden die erhobenen Daten verglichen und eine gemeinsame Interpretation erarbeitet. Die ExpertInnengruppen erhielten zusätzliches Material, das bei der Interpretation der erhobenen Daten weiterhelfen konnte. Sie sollten auch eine weiterführende Aufgabe gemeinsam lösen. In der Abschlussdiskussion wurden im Plenum die Ergebnisse zu den drei Fragestellungen vorgestellt. Dabei wurden einerseits die erhobenen Daten präsentiert und diese im Hinblick auf die Fragestellung, aber auch auf die dahinterliegenden fachlichen Konzepte interpretiert.

Erfahrungen

Schon bei der ersten, fachlich noch relativ einfachen Fragestellung war zu beobachten, dass die SchülerInnen Schwierigkeiten hatten, fachlich angemessene Hypothesen aufzustellen. Es ging hier allerdings nicht speziell um Fragen aus dem Bereich der Elektronik, sondern um allgemeine technisch-naturwissenschaftliche Fragestellungen. Bezüglich der erwarteten Temperaturveränderung nach dem Einschalten zeigten sich interessante Präkonzepte, wie z.B. das ausgefüllte Arbeitsblatt einer Gruppe zum Temperaturanstieg in Abbildung 7 zeigt.

Nach den Überlegungen dieser Gruppe sollte die Temperatur nach dem Einschalten linear ansteigen (mündlich gegebene Begründung: die zugeführte Energie bleibt konstant). Effekte der stärkeren Kühlung durch den immer größeren Unterschied zur Umgebungstemperatur wurden dann erst

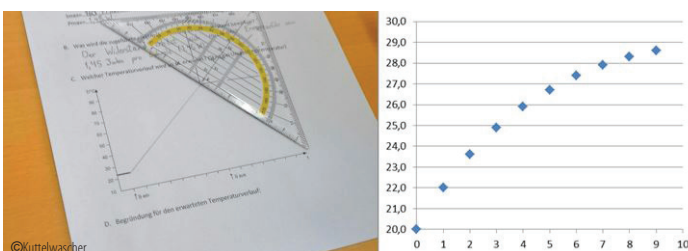


Abb. 7: Hypothese zum Temperaturanstieg und dazu gehörige Messreihe

bei der Analyse der Daten diskutiert, die eine deutliche Abflachung der Kurve zeigen (Abb. 7).

Bei der technisch wichtigen Umsetzung, der Verstellung der Heizleistung mittels FET im Schaltbetrieb, war die fachliche Klärung eine Herausforderung – kaum eine Gruppe konnte diese selbst aus den Daten und dem Vorwissen zur Energie in einem Stromkreis konstruieren. Die Daten waren da, die Erfahrung war gemacht, dass in diesem Fall sich das Stellglied (hier der FET) nicht erwärmt und dass daher diese Lösung optimal ist. Doch selbst nach der Diskussion in der ExpertenInnengruppe und nach der Abschlussdiskussion war unklar, ob die fachliche Klärung bei den Schülerinnen und Schülern angekommen ist.

Feedback und Fazit

Zuletzt holten wir ein Feedback von den Schülerinnen und Schülern ein. Die SchülerInnen gaben uns als Rückmeldung, dass es für sie ungewöhnlich, aber hilfreich war, in Gruppen an Fragestellungen zu arbeiten und gemeinsam über fachliche Fragen zu diskutieren, deren Ergebnisse nicht vollständig vorher durchbesprochen wurden. Das hat einigen dabei geholfen, das fachliche Verständnis zu vertiefen. Die Rückmeldung war aber auch, dass die SchülerInnen ganz ohne eine fachliche Klärung durch die Lehrperson zu unsicher sind, ob ihre Erkenntnisse und Interpretationen haltbar und fachlich angemessen sind.

Die Durchführung einer Untersuchung, von der Hypothesenbildung über die Datenerhebung bis zur Interpretation der Daten, war ebenfalls ein ungewohnter Ablauf in einem Theoriefach. Doch im Hinblick auf die Bedeutung dieser Schritte bei der Entwicklung neuer Ideen und technischer Lösungen – durchaus auch Aufgaben für HTL-Absolventinnen und HTL-Absolventen – werden wir die hier entwickelte Einheit auch in Zukunft einsetzen.

■ **Herbert Kuttelwascher** unterrichtet an der HTL Mödling, Abteilung für Elektronik und Technische Informatik, die Fächer Hardwareentwicklung, Messtechnik und Regelungssysteme.

■ **Christian Zacherl** unterrichtet an der HTL Mödling die Fächer Elektronik Design, Digitale Systeme und Computersysteme, Netzwerksysteme und verteilte Netze, Systemplanung und Projektentwicklung, Hardwareentwicklung, Sozial- und Personalkompetenz.

■ **Niklas Hack** unterrichtet an der HTL Mödling die Fächer Programmieren und Software Engineering, Datenbanken und Informationssysteme, Medientechnik, Laboratorium.

■ **Brigitte Koliander** arbeitet am Zentrum für Berufspädagogik der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich und ist organisatorische Leiterin des IMST-Themenprogrammes „Kompetent durch praktische Arbeit“.



Der Projektbericht ist im IMST-Wiki online:
www.imst.ac.at/wiki



„Es ist schwierig, die Antwort nicht zu verraten“

SchülerInnen erkunden an drei Beispielen, was hinter dem Begriff „Bionik“ steckt

von **Barbara Siedler, Denise Laimbauer** und **Brigitte Koliander**

Begonnen hat es mit einer Idee für einen MINDT-Tag für unsere Schule (HAK und HAS des bfi Wien). Für diesen Tag sollten etwa 20-minütige Aktionen geplant werden, in denen SchülerInnen, aber auch BesucherInnen aktiv an Fragen zu Naturwissenschaft und Technik arbeiten können. Wir nutzten die Begleitung durch IMST (siehe Artikel B. Koliander zu IMST-Pilotierung in diesem Newsletter), um Arbeitsaufgaben, Materialien und Geräte für diesen Tag vorzubereiten. Wir wollten dabei etwas in Richtung „Forschendes Lernen“ anbieten. Relativ rasch entschieden wir uns, dies auf Level 1 zu gestalten, da der enge zeitliche Rahmen keine Phasen wie die Entwicklung von Forschungsfragen oder die Planung von Untersuchungen erlaubt hätte.

Der Weg zur Fragestellung

Der erste Entwurf der Einheit war: Es sollte der Begriff Bionik erklärt werden und danach sollten die TeilnehmerInnen an drei unterschiedlichen Beispielen erfahren, dass Vorbilder aus der Natur bei der Entstehung technischer Entwicklungen Anregungen liefern können. Das Problem bei diesem Entwurf: Es gab noch keine Fragestellungen, die die Untersuchung leiten.

Forschendes Lernen auf Level 1 überlässt den Schülerinnen und Schülern die Aufgabe, aus Beobachtungen und Daten selbst Schlüsse zu ziehen und eine Antwort auf eine Untersuchungsfrage zu finden. Um unsere Idee in Richtung Forschendes Lernen zu entwickeln, haben wir daher überlegt: Welche Frage steckt hinter der geplanten Einheit, auf welche Erkenntnis könnten die SchülerInnen selbst kommen? Wie könnten wir die Einheit öffnen, sodass die SchülerInnen selbst Erkenntnisse konstruieren können? Dazu haben wir auf die geplanten Aufgabenstellungen geblickt und analysiert, was SchülerInnen hier selbst erkennen können.

In allen drei von uns gewählten Aufgabenstellungen wird ein Phänomen aus der Biologie (Klette bleibt an Fell hängen, Blatt lässt Wasser abperlen, in einer Knospe zusammengefaltetes Blatt entfaltet sich) mit einer technischen Lösung verglichen. So ist eine erste mögliche Erkenntnis, dass es auch in der Natur „technische Lösungen“

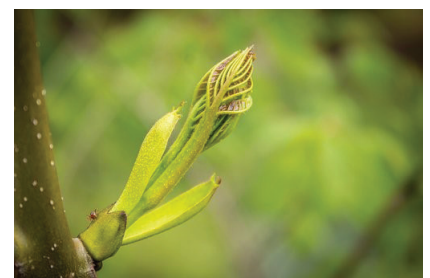


Abb. 1: Technische Lösungen aus dem Reich der Pflanzen



gibt, mit denen Pflanzen oder Tiere arbeiten:

- Die Klette haftet am Fell und wird von Tieren weiter verbreitet.
- Die Blattoberfläche bleibt durch das abperlende Wasser sauber.
- Das Blatt nimmt in besonderer Weise gefaltet in der Knospe sehr wenig Platz ein und lässt sich ohne Schwierigkeit entfalten.

Die zweite Gemeinsamkeit der drei Beispiele, die den Schülerinnen und Schülern zum Untersuchen vorgelegt werden, ist, dass die Lösungen aus der Biologie von Menschen übernommen werden, um technische Probleme in Alltag und Wissenschaft zu lösen: Klettverschluss, schmutzabweisende Oberflächen, Faltung von Sonnensegeln für Satelliten.

Wir wählten schließlich als Titel der Einheit: „Bionikführerschein“ und die Fragestellungen: **Was fällt beim Vergleich des biologischen und des menschengemachten Beispiels auf? Was ist das Gemeinsame an allen drei Themen, die in den Aufgabenstellungen untersucht werden? Was könnte daher der Begriff Bionik, der diese drei Themen verbindet, bedeuten?**



Abb. 2: Gemeinsamkeiten von Klette und Klettverschluss

Vorbereitung der Anleitungen und Materialien

In der Vorbereitung der Einheit wurden einerseits Anleitungen für die drei Beispiele entwickelt, die die SchülerInnen in je 20 Minuten untersuchen sollen. Parallel dazu wurden Schachteln mit den notwendigen Materialien vorbereitet.

Als Beispiel wird hier die Aufgabenstellung zu Klette/Klettverschluss vorgestellt. Als Geräte und Gegenstände waren in der vorbereiteten Schachtel: ein Binokular, Kletten, ein Kleidungsstück mit Klettverschluss, ein Tafeltuch, eine Küchenrolle, ein Tierfell.

Da viele der Personen noch nie mit einem Binokular gearbeitet hatten, war eine kurze Sicherheitseinweisung (bezüglich der Gefährdung des Geräts) in der Arbeitsanleitung inkludiert. Die Fragestellungen wurden vor den Untersuchungen für alle Gruppen gemeinsam ausgegeben und die Antworten nach den Untersuchungen in einer Diskussion verglichen.

Die weiteren Anleitungen finden sich im IMST-Wiki.

Begleitung bei der Durchführung – Mikro-Scaffolding

Die Durchführung wurde sehr strikt organisiert. Auf den Tischen waren bereits die Schachteln mit den Materialien für die einzelnen Stationen aufgestellt, jedes Thema zweimal. Die SchülerInnen wurden beim Eintreten in den NAWI-Saal einem der drei



Der Projektbericht ist im IMST-Wiki online:
www.imst.ac.at/wiki


1. Klettverschluss - Da bleib ich hängen

a) **Binokular – Wir schauen genau hin**
Lesen Sie sich diese Regeln gut durch:

- Tragen Sie das Binokular immer am Tragbügel, nie an den beweglichen Teilen!
- Die Linsen dürfen niemals berührt werden!
- Arbeiten Sie sorgsam mit viel Feingefühl und wenden Sie bei der Mechanik niemals Gewalt an!

Skizzieren Sie, was Sie unter dem Binokular sehen.

Klette	Klettverschluss



b) **Klette – Nimm mich mit**
Probieren Sie min. 5 verschiedenen Materialien aus, ob die Klette darauf hängen bleibt.

Vorsicht bei empfindlichen Kleidungsstücken!

	Material	Bleibt die Klette hängen?	
		ja	nein
1	Tafeltuch		
2	Tierfell		
3	Küchenrolle		
4			
5			
6			
7			

c) **Von der Klette zum Klettverschluss**
Beschreiben Sie die Oberfläche von den Materialien, an denen die Kletten hängen bleiben.

Vergleichen Sie die Klette und den Klettverschluss. Welche Gemeinsamkeiten fallen Ihnen auf?

Abb. 3: Anleitung für das Beispiel Klette/Klettverschluss

Themen und damit auch den Plätzen im Raum zugeteilt. Am Beginn standen die Fragestellungen:

Was fällt beim Vergleich des biologischen und des menschengemachten Beispiels auf? Was ist das Gemeinsame an allen drei Themen, die in den Aufgabenstellungen untersucht werden? Was kann daher der Begriff Bionik, der diese drei Themen verbindet, bedeuten?

Es wurde an alle Personen die jeweils zur Station passende Arbeitsanleitung ausgeteilt. Der Arbeitsauftrag bestand darin, die angegebenen Untersuchungen durchzuführen und am Zettel die verlangten Antworten auszufüllen. Die beiden Lehrerinnen hatten ab diesem Zeitpunkt alle Gruppen ständig im Blick und gingen immer wieder zu einzelnen Gruppen, um zur Durchführung und zum Protokollieren aufzufordern, bei Unklarheiten zu helfen – aber auf keinen Fall, um die Fragen selbst zu beantworten! Nach etwa 15 Minuten wurden die Versuche gestoppt und die SchülerInnen erläuterten im Plenum kurz die wichtigsten Erkenntnisse ihrer Station. Danach wurde die Frage nach den Gemeinsamkeiten der drei Stationen gestellt und der Begriff „Bionik“ durch die SchülerInnen geklärt.

Es war für uns Lehrpersonen schon lange geübte Praxis, die SchülerInnen im Labor zu begleiten und gut anzuweisen, damit ein erfolgreiches Umsetzen von Untersuchungen möglich ist. Was bei dieser Form der Umsetzung für uns erstaunlich schwierig war: Wir mussten uns zurückhalten, dass wir nicht zu viel selbst erklären und den Schülerinnen und Schülern damit die Chance nehmen, selbst auf Antworten zu kommen.

Das erstaunliche Ergebnis für uns: Alle Gruppen, von den Volksschulkindern, die an diesem MINDT-Tag unsere Schule besucht haben, über alle Klassen, die im Rahmen dieses Tages oder auch später im Rahmen unseres Labors diese Einheit absolviert haben, bis zu den erwachsenen BesucherInnen am MINDT-Tag, alle haben selbst Antworten auf die Fragen formulieren können.

- **Barbara Siedler** ist Lehrerin an der HAK/HAS des bfi Wien und unterrichtet die Fächer Naturwissenschaften (NAWI) und Englisch (ENWS).
- **Denise Laimbauer** unterrichtet an der HAK/HAS des bfi Wien das Fach Naturwissenschaften.
- **Brigitte Koliander** arbeitet am Zentrum für Berufspädagogik der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich und ist organisatorische Leiterin des IMST-Themenprogramms „Kompetent durch praktische Arbeit“.



Vom MINT-Projekt am BG/BRG Weiz

Forschertage



PORSCHERMAPPE



Im letzten Schuljahr waren die Anmeldezahlen der Schülerinnen und Schüler für die Oberstufe, insbesondere für das Realgymnasium, rückläufig. Zeit, die schulischen Angebote und Ressourcen bei einem Treffen aller MINT-Fachvorstände einer SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats) zu unterziehen und ein umfassendes Maßnahmenbündel für die kommenden Jahre zu schnüren.

Zielsetzungen, wie eine Attraktivierung des MINT-Bereichs an der Schule, die Weiterentwicklung des Unterrichts durch Forcierung des Forschenden Lernens bei den Lehrkräften, des eigenverantwortlichen Arbeitens und Experimentierens der SchülerInnen im Team, die vermehrte Einbindung der Fächer Mathematik und Technische Bildung sollten zur Profilschärfung des Realgymnasiums beitragen.

Genau zu diesem Zeitpunkt kam das Angebot am IMST-Pilotprojekt MINTee¹ teilzunehmen. Beim Start-up im Rahmen der Sommerhochschule wurden die vielfältigen Ideen gebündelt und ein Maßnahmenswerpunkt für das Schuljahr 2019/20 auf die Einführung von Forschertagen, speziell für die 4. und 5. Klassen, die in diesem Beitrag näher beschrieben werden, gelegt.

von **Ursula Hiebaum**

Planung und Durchführung

05.–06.09.2019	19.09.2019	Oktober 2019	28.–29.10.2019	04.11.2019
START im Rahmen des IMST-Pilotmoduls MINTee, Sommerhochschule der PH Steiermark	SCHILF am BG/BRG Weiz	TEAMARBEIT BIUK, CH, PH, GWK, M u. GZ, Werken und INF	FORSCHERTAGE für die 4. Klassen	FORSCHERTAG für die 5. Klassen
Projektleiterin und Kollegin	16 LehrerInnen und Direktorin	8 Fachteams	43 SchülerInnen	35 SchülerInnen
Grobplanung für die Forschertage: Input (z.B. Forschendes Lernen) Zielformulierung und Evaluierungsmöglichkeiten Austausch mit den TeilnehmerInnen anderer Schulen	Feinplanung: Pro Station Titel, Ziele, Indikatoren, Fragestellung, Hypothesen, Daten, Auswertung und Reflexion ausarbeiten	Konkrete Umsetzung: Erstellen der Forscheraufgabe, Beschaffung der Materialien, Einbau des Forschertages in den Schulalltag, Gestaltung der Forschermappe	Einführung pro Station 1 Stunde; M u. DG gemeinsame Station 2 Stunden; Pro Tag 4 Stationen; Feedback Reflexion Zertifikat	Einführung 7 Stationen Feedback Reflexion Zertifikat

¹Das Pilotmodul MINTee (Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik entwickeln-evaluieren) wurde als Fortbildungsreihe von der PH Steiermark angeboten. Mehr dazu im Artikel „IMST-Pilotierung „MINTee“ in dies Newsletter.



Unterstützt von zwei Vertreterinnen des MINTee-Teams widmeten sich die NAWI-LehrerInnen des BG/BRG Weiz im Rahmen einer schulinternen Fortbildung der Feinplanung der Aufgaben für die Forschertage. Neben der Generierung ansprechender Titel wurde in den Fachteams getüftelt, wie der Weg im zur Verfügung stehenden Zeitsegment mit den SchülerInnen bestmöglich beschritten werden kann. Sollten doch von der Forscherfrage über die Hypothesenbildung bis hin zur Gewinnung und Auswertung von Daten aus den Experimenten und deren Reflexion entlang der Wegstrecke ihren Platz finden! Jedes Team erstellte zudem schülergerechte Unterlagen für die Forschermappe, organisierte und testete Materialien für die Experimente und überlegte sich Möglichkeiten zur Evaluierung.

Kurzbeschreibung der Forscheraufgaben

Beim „Stein der Weisen“ der Fachgruppe **Geografie** ging es darum, dass aus zehn Gesteinen/Mineralien und bereitgestellten Reagenzien der eine Stein herauszufinden war, der mit einem der Reagenzien auch eine Reaktion zeigt.

Beim „Hot Seat“ der Fachgruppe **Physik** ging es darum, dass mit vorbereiteten Materialien die drei Wärmeübertragungsarten im selbstständigen Experiment nachzustellen waren. Vorbereitete Sessel, unter denen sich auch der Hot Seat, ein Metallsessel, unter dem eine Infrarotlampe platziert worden war, befand, wurden für die Durchführung eingesetzt.

Beim „Mord im Chemiesaal“ der Fachgruppe **Chemie** ging es darum, dass die SchülerInnen mit drei Experimenten Spuren (Fingerabdrücke, Textilfasern, Schriftprobe) am Tatort untersuchten und durch einen Vergleich ihrer Analyseergebnisse mit den bereitgestellten Informationen aus der „Verbrecherkartei“ den Täter überführen sollten.

Beim „Geheimnis der Wendeltreppe“ der Fachgruppe **Biologie** ging es um die angeleitete Durchführung eines Experimentes mit Tomaten und Küchenzwiebeln. Die Auswertung des Versuchsergebnisses erfolgte durch Beobachtung des Versuchsverlaufes und über das Anfertigen einer Skizze. Der Ergebnisvergleich wurde mit einer zur Verfügung gestellten Abbildung und mit einem Zellkern-Modell durchgeführt. Nach dem Experiment wurde die Hypothese, dass auch Pflanzenzellen über ein Erbmaterial verfügen, aufgestellt und die hinter der Aufgabe verborgene Forscherfrage sollte formuliert werden.



Abb. 1: Station Geheimnis der Wendeltreppe

Beim „Virtuellen Physiklabor“ der Fachgruppe **Informatik** wurde seitens der TU Graz das Pilotprojekt MAROON vorgestellt. Mit Datenbrille und Laptop ausgerüstet wurden die Experimente „Faraday's Law“ und „Huygens Principle“ von den Schülerinnen und Schülern der 4. Klassen erprobt. Dabei konnten einzelne Parameter frei verändert werden.

Bei „Daumen mal PI“ der Fachgruppen **Mathematik und Geometrisches Zeichnen** ging es darum, die Höhe der Säule im Schulhaus und die Höhe des gegenüberliegenden Schulhauses mit verschiedenen Methoden abzuschätzen und zu vermessen; zum Beispiel eine Schätzung mit dem Daumen durchzuführen, Arbeiten mit dem Försterdreieck oder mit einem selbst gebastelten Theodoliten. Teamarbeit, Genauigkeit, Kreativität und maßstäbliches Zeichnen waren Fähigkeiten, die dabei trainiert werden sollten.



Abb. 2: Station Daumen mal PI



Abb. 3: Gemeinsames Forschen mit MINTee-Team

Bei „Keine Panik auf der Titanic“ der Fachgruppe **Werken** ging es darum, einen Schiffsrohling aus XPS-Platten so zu gestalten, dass er stabil im Wasser liegt, um einen Holzwürfel transportieren zu können. Möglichkeiten, wie diese Prototypen getestet werden können, sollten gefunden werden. Zum Umgestalten der Schiffsrohlinge wurden verschiedene Materialien zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse wurden tabellarisch durch Punktevergabe dargestellt.



Resümee und Ausblick

Die Forschertage waren lehrreiche und spannende Tage und stellten eine Bereicherung für den Schulalltag dar. Die Rückmeldungen zu den Inhalten, der Zusammenarbeit im Team und der Organisation des Projekts sind sowohl bei den Schülerinnen und Schülern als auch bei den Lehrkräften sehr positiv ausgefallen. Hervorgehoben werden sollen zudem der Wissenszugewinn, die Freude vieler Schüler und Schülerinnen darüber, alles selbst durchgeführt und sich dabei wie ein Detektiv, eine Detektivin und ein Forscher, eine Forscherin gefühlt zu haben.

Die Forschertage werden auch im nächsten Schuljahr wieder durchgeführt werden. Die Einrichtung einer Forscherwerkstatt für die 4. Klassen ist angedacht. Die Forschertage wurden im Jahresbericht der Schule, auf der Schulhomepage sowie in den lokalen Medien bekannt gemacht und beim Steirischen IMST-Netzwerktag am 27.02.2020 präsentiert.

Auch Lehrkräfte von Schulen aus der Region haben die Forscherstationen besucht und sich für MINT-Aktivitäten an ihrer Schule inspirieren lassen. Der geplante Gegenbesuch fand wegen der Corona-Maßnahmen nicht mehr statt.

Die qualitätsvolle fachdidaktische Betreuung und die Begleitung durch das MINTee-Team waren stets wertschätzend und motivierend. Die detaillierten Rückmeldungen an die LehrerInnen-Teams werden für Anpassungen und Verbesserungen genutzt werden.

Durch die Umsetzung vielfältiger Maßnahmen – nicht zuletzt wegen der erfolgreich verlaufenen Forschertage – konnte eine Weiterentwicklung des MINT-Bereiches erzielt werden. Die Anmeldezahlen der Schüler und Schülerinnen für die Oberstufe konnten beträchtlich gesteigert werden.

■ **Ursula Hiebaum** ist AHS-Lehrerin am BG/BRG Weiz, Steiermark und Schulkoordinatorin für das Österr. Umweltzeichen, Ökolog, eEducation und MINT.



50 Years Infineon
in Austria

Wir gestalten Zukunft.
Seit 50 Jahren.

Mikroelektronik von Infineon leistet entscheidende Beiträge zu einer besseren Zukunft – damals wie heute. Seit 50 Jahren entwickeln und produzieren wir innovative Technologien. Halbleiter von Infineon Austria senken den Energieverbrauch. Sie ermöglichen umweltgerechte Mobilität, einen sicheren Datentransfer und die effiziente Erzeugung erneuerbarer Energie. So wird das Leben einfacher, sicherer und umweltfreundlicher.



www.infineon.com/austria



Begleitung von Lehrenden bei der Implementierung von Forschendem Lernen

IMST Pilotierung „Inquiry-STEPS“

von **Brigitte Koliander, Sandra Puddu** und **Elisabeth Hofer**

Nachhaltige und wirksame Fortbildungen benötigen Zeit. Es gibt Inputphasen, dann sollten die TeilnehmerInnen die neuen Konzepte erproben können und diese Durchführung anschließend reflektieren. Dazu gibt es Feedback von KollegInnen und von ExpertInnen (Lipowsky & Rzejak, 2019). Eine gute Begleitung während dieser längerfristigen Fortbildungen ist unabdingbar. Die Initiative IMST hat mit den Themenprogrammen genau dies geleistet. In den IMST-Pilotierungen werden aktuell Formate entwickelt, die an Pädagogischen Hochschulen implementiert werden können und diese erfolversprechende Struktur übernehmen.

Der Unterrichtsansatz des Forschenden Lernens und dabei das Scaffolding kristallisierten sich als Themen heraus, die Lehrpersonen bewegen, die aber in der Umsetzung nicht einfach sind, wodurch hier eine Begleitung bei der Einführung im Unterricht erwünscht wird.

In der IMST-Pilotierung „Inquiry-STEPS“ fand sich ein Betreuungsteam von erfahrenen Lehrpersonen und Wissenschaftlerinnen, deren Forschungsschwerpunkte Forschendes Lernen und Scaffolding sind. Von diesem Team wurden Lehrpersonen über mehrere Monate in einer Fortbildungsreihe dabei begleitet, Forschendes Lernen an ihren Schulen zu implementieren. Dabei wurde einerseits durch den Besuch bei einer Forschungseinrich-

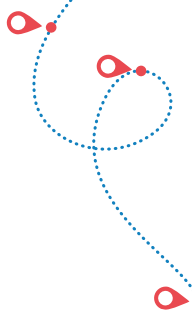
tung (Österreichische Akademie der Wissenschaften) und durch Diskussionen der Lehrpersonen mit den dort arbeitenden Forscherinnen und Forschern das Verständnis dessen geschärft, wie bei Forschungen vorgegangen wird: wie Fragen entwickelt werden, Daten erhoben werden, Ergebnisse präsentiert werden. Andererseits wurde bei der Erarbeitung von Unterrichtsmaterialien die Begleitung von Schülerinnen und Schülern durch die Lehrpersonen während der Einheiten zum Forschenden Lernen zum Thema gemacht.

Bildungs- und Ausbildungsziele der Fortbildungsreihe

Das Ziel der Fortbildungsreihe war, „Lehrpersonen bei der Gestaltung von Unterrichtseinheiten zu Forschendem Lernen zu begleiten und sie zu ermächtigen, Einheiten des Forschenden Lernens für ihr Fach zu planen sowie die SchülerInnen bei der Umsetzung von Forschendem Lernen zu begleiten.“

Insbesondere sollen die Lehrpersonen dazu befähigt werden,

- ihr Forschungsverständnis darzulegen und in Diskussionen zu verteidigen,
- die Inquiry-Level (siehe Artikel B. Koliander in diesem Newsletter) mit den jeweils angestrebten Zielen und





- Kompetenzen zu verbinden,
- Mikromethoden für die Organisation von Gruppenarbeiten zu nennen, zu beschreiben, und deren Bedeutung zu argumentieren,
- Unterrichtsmaterialien für Forschendes Lernen – auch im Hinblick auf unterschiedliche Lernvoraussetzungen – vorzubereiten,
- Forschendes Lernen in heterogenen Klassen zu begleiten.

Begründung der Ziele

1. Warum sollen Lehrpersonen überhaupt Forschendes Lernen in ihren Unterricht integrieren?

Forschendes Lernen ist unter jene Ansätze einzuordnen, die einer konstruktivistischen Sicht auf Lernen folgen: die Vorerfahrungen der Lernenden werden ernst genommen, die Lernenden werden bei der eigenen Konstruktion von Erkenntnissen begleitet. Forschendes Lernen gilt außerdem als geeigneter Unterrichtsansatz, um im inklusiven Unterricht die Interessen und Fähigkeiten jeder einzelnen Person zu fördern (Abels & Koliander, 2017). Inklusion ist hier sehr weit gefasst, im Sinne der Teilhabe aller, und nicht ausschließlich auf Personen mit ausgewiesenem Förderbedarf begrenzt (Werning, 2014). Dies ist vor allem in heterogenen Klassen ein wichtiges Argument für den Einsatz Forschenden Lernens.

SchülerInnen können durch Forschendes Lernen wichtige Kompetenzen erwerben (Abrams et al., 2008), die in den Kompetenzmodellen und Lehrplänen gefordert werden:

- Ein Verständnis für die Vorgehensweisen im Rahmen von Forschung, inklusive eines Verständnisses für die Komplexität der realen Welt und der Schwierigkeit der Gewinnung datenbasierter Evidenz.
- Fähigkeiten und Fertigkeiten bezüglich der Durchführung von Untersuchungen: Formulieren einer konkreten Fragestellung, theoriebasierte Hypothesenbildung, Methodenentwicklung und Erhebung von Daten, logisches Argumentieren bei der Interpretation von Daten, Formulieren von Evidenz.
- Konstruktion und Nutzung von angemessenen und praxisrelevanten Konzepten im jeweiligen Fach.

2. Warum ist dazu eine längere Fortbildungsreihe notwendig? Warum kann „Forschendes Lernen“ nicht einfach erklärt werden, Materialien dazu ausgegeben werden und dann können die Lehrpersonen diese Materialien einsetzen?

Ein angemessenes Verständnis der Lehrpersonen von Forschung ist wichtige Voraussetzung, damit Forschendes

Lernen erfolgreich umgesetzt werden kann (Blanchard et al., 2010). Dieses ist im Sinne einer Konzeptbildung durch die Lehrpersonen beispielsweise damit erreichbar, dass Forschungseinrichtungen besucht werden, mit Forscherinnen und Forschern über ihr Vorgehen gesprochen wird und die dort gemachten Erfahrungen durch die Lehrpersonen formuliert und reflektiert werden.

Eine richtige Begleitung (Scaffolding) der Lernenden ist bei diesem Unterrichtsansatz wichtig (Abels, 2014). Diese Begleitung sollte schon in der Vorbereitung der Lehr-Lern-Gelegenheiten gut geplant werden (Makro-Scaffolding). Es ist dann noch immer in der Umsetzung im Unterricht eine weitere, oft spontane Begleitung notwendig (Mikro-Scaffolding). Hier stellt sich die Herausforderung, den Lernenden genügend Raum und Zeit für das eigene Denken und Arbeiten zu lassen, Fehler zuzulassen und nicht zu früh und zu genau Antworten auf Fragen zu geben, die die SchülerInnen selbst beantworten könnten.

Umsetzung als Lehrveranstaltungsreihe im Schuljahr 2019/2020

Die Pilotierung wurde an der PH Niederösterreich (PH NOE) als Fortbildungsreihe über das WS 2019/20 und das SS 2020 ausgeschrieben und umgesetzt. Es nahmen zwölf Lehrpersonen von den auf Seite 34 angegebenen fünf Schulen aus Niederösterreich und Wien mit fünf sehr unterschiedlichen Themen an dieser Fortbildungsreihe teil.

Dreimal trafen sich alle TeilnehmerInnen bei gemeinsamen Veranstaltungen an der PH NOE:

- zweitägiger Start-up im Oktober
- zweitägiger Workshop Ende November, einschließlich eines Besuchs bei der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
- eintägiger Reflexionstag Anfang März (noch vor den Beschränkungen durch die Corona-Epidemie)

Zusätzlich gab es zwei schulinterne Treffen der jeweiligen Schulteams mit den IMST-Betreuerinnen:

- Vorbesprechung, Konstitution der Schulteams, Besprechung möglicher Themen (im Sommer 2019)
- Hospitation bei der Umsetzung der Einheit (Oktober 2019 bis Februar 2020)

Der Schwerpunkt der Arbeit an den Schulen war die Entwicklung von Materialien (mit dem Blick auf das geeignete Scaffolding) für eine an den Bedarf der jeweiligen Schule angepassten Einheit zum Forschenden Lernen.

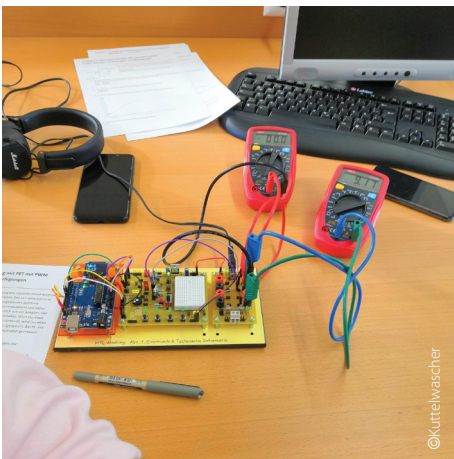


NMS Rapottenstein:
Forschendes Lernen zum Thema Wald und Holz, Schwerpunkt Nadelbäume

Teilnehmende Schulen an der Fortbildungsreihe 2019/20



Volksschule Brunn am Gebirge:
Forschendes Lernen zum Thema Papier (siehe Artikel in diesem Newsletter, S. 20f)



HTL Mödling:
Forschendes Lernen zum Thema: Heizwiderstand mit Transistor verstellen (siehe Artikel in diesem Newsletter, S. 22ff)



HAK/HAS des bfi Wien:
Bionik-Führerschein und „Reise zu unbekannten Planeten“ (siehe Artikel in diesem Newsletter, S. 26f)



Wiedner Gymnasium:
Experimentierboxen für die NAWI-Wochen
<https://www.wiednergymnasium.at/schulalltag/projekte/508-nawi-wochen-der-4-lassen>

Evaluation

Um herauszufinden, ob und wie sich die Konzepte bezüglich Forschenden Lernens über die Fortbildungsreihe hinweg entwickelt haben, wurden am Start-up-Workshop im Oktober und beim Reflexionstag im März Gruppendiskussionen zu diesem Thema geführt und aufgenommen. Die Transkripte werden für die Evaluation herangezogen, wobei hierfür eine Inhaltsanalyse nach folgenden drei Hauptkategorien durchgeführt wird:

1. Eigenschaften einer Lernumgebung für Forschendes Lernen
2. Ziele von Forschendem Lernen
3. Scaffolding bei Forschendem Lernen

Für uns wichtige Ergebnisse waren unter anderem: Die LehrerInnen formulieren in der zweiten Diskussion (am Ende der Fortbildung) klarer und verwenden vermehrt Fachbegriffe. Sie be-



schreiben in der zweiten Diskussion differenzierter, wie eine Begleitung von Forschendem Lernen funktionieren kann: Fehler zulassen und als Lernmöglichkeit erkennen, nicht zu früh selbst Hinweise oder Deutungen vorgeben, durchaus klare organisatorische Vorgaben machen.

Die Lehrpersonen begründen den Einsatz Forschenden Lernens weniger über die erreichbaren Ziele als über den Faktor „Freude am Lernen“ oder auch „Lernen verschleiern“ – dies zeigt noch auf, welche Punkte in der Fortbildung stärker präsent sein müssten. Was wir bemerkenswert fanden ist, dass das Eingehen auf die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler ein wichtiger Punkt für die Lehrpersonen war.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeit, die an den fünf unterschiedlichen Schulen geleistet wurde, ist bemerkenswert. Es wurden teilweise sehr umfangreiche Materialien erstellt und die erfolgreichen Umsetzungen belegen die Qualität der erstellten Unterlagen und zeigen bereits wesentliche Kriterien erfolgreicher Lernbegleitung. Die Erfahrungen aus der Fortbildungsreihe und die Ergebnisse der Evaluation dienen als Grundlage für die Erarbeitung eines Curriculums für einen Lehrgang an der PH NOE.

Literatur:

- Abels, S. (2014). Inquiry-Based Science Education and Special Needs – Teachers' Reflections on an Inclusive Setting. *Sisyphus – Journal of Education*, 2(2), 124-154.
- Abels, S. & Koliander, B. (2017). Forschendes Lernen als Beispiel eines inklusiven Ansatzes für den Fachunterricht. In B. Schörkhuber, M. Rabl & H. Svehla (Hrsg.), *Vielfalt als Chance. Vom Kern der Sache* (S. 53-60). Münster: LIT.
- Abrams, E., Southerland, S. & Silva, P. (2008). *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities*. Hartford, CT: Age of Information Press.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2019). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? – Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (S. 15-56). Bielefeld: wbv.
- Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 17, 601-623.

- **Brigitte Koliander** arbeitet am Zentrum für Berufspädagogik der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich und ist organisatorische Leiterin des IMST-Themenprogramms „Kompetent durch praktische Arbeit“.
- **Sandra Puddu** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Wien, AECC Chemie, und mitverwendete Lehrerin im Rahmen des Projekts IMST an der PH Niederösterreich.
- **Elisabeth Hofer** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Wien, AECC Chemie, und mitverwendete Lehrperson im Rahmen des Projekts IMST an der PH Niederösterreich.

Wo bitte geht's zur Wirtschaft?



Schule trifft Wirtschaft

Eine Initiative der **WKÖ**



IMST-Pilotierung „MINTee“ – MINT-Schwerpunkte entwickeln und evaluieren

Begleiten und Betreuen von Schulen bei Forschendem Lernen

Das Projekt IMST, Innovationen Machen Schulen Top!, eine Initiative zur Stärkung des MINT-Unterrichts an Schulen, wird in eine weitere Phase überführt. Aus diesem Grund sind österreichweit im Schuljahr 2019/20 Pilotmodule entwickelt worden. Das Pilotmodul MINTee (Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik entwickeln-evaluieren) wurde von der PH Steiermark als Fortbildungsreihe angeboten. Unser Ausgangspunkt war nach einer umfangreichen Recherche die Erkenntnis, dass viele – ja, fast alle – Schulen aller Formen und Stufen naturwissenschaftliche Schwerpunkte in irgendeiner Art anbieten, in unterschiedlichsten Bezeichnungen und Formen.

Im Rahmen des MINTee-Pilotmoduls wollen wir Schulen bei der Neu- oder Weiterentwicklung von naturwissenschaftlich-mathematischen Schwerpunkten unterstützen und über ein Schuljahr begleiten. Im Pilotjahr 2019/20 hat sich das Interesse aller beteiligten Schulen am „Forschenden Lernen“ als Unterrichtsmethode herauskristallisiert.

Das Pilotmodul MINTee in seinen Facetten und Erkenntnissen

Das Angebot dieses Pilotmoduls ist für den fächer- und schulübergreifenden Einsatz unter Einbeziehung der Schulleitung in Form einer mehrteiligen Fortbildungsreihe (Sommerhochschule, SCHILF und SCHÜLF) konzipiert worden (siehe Abb. 1).

Das Angebot ist für fächerübergreifende Schulteams ausgelegt und bietet neben der inhaltlichen Professionalisierung zusätzlich die Möglichkeit der Teambildung. Mit diesem Konzept wird an die Erfahrungen ähnlich organisierter Projekte im Rahmen der IMST-Themenprogramme angeknüpft: Pro-

von **Peter Holl, Pia Jaritz, Waltraud Knechtl, Franz Picher, Gerhard Rath und Marion Starzacher**

fessionalisierung der Lehrpersonen, Begleitung der Projekte durch ExpertInnen sowie Bereitstellung von finanziellen Mitteln für die Durchführung der Projekte an den Schulen durch die Lehrpersonen. Zusätzlich zur inhaltlichen Ausrichtung wird eine Begleitevaluierung und eine Aufwandsdokumentation durchgeführt, um die Ergebnisse in künftige Projekte einfließen zu lassen.

Die Verbindung von Theorie und Praxis: Kennenlernen von Konzept und Team beim Start-up

Das Konzept sieht ein breites inhaltliches Angebot in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik und Technik (von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II) vor, das zu Beginn im Rahmen der Sommerhochschule der PH Steiermark von den ExpertInnen als Input den Teilnehmenden erläutert worden ist. Die teilnehmenden Schulteams sind zudem vor dem Start-up aufgefordert worden, sich über den Status quo Gedanken zu machen und sich zu positionieren, was das Ziel der künftigen Schwerpunktsetzung sein soll – um den BetreuerInnen einen Einblick zu verschaffen und die Inputs und weitere Impulse vorbereiten zu können. Das Pilotmodul funktioniert nach dem Bottom-up-Prinzip – die vorhandenen Stärken und Schwächen, die Bedürfnisse der Lehrpersonen müssen von diesen erkannt und benannt werden – danach greift das MINTee-Konzept in den einzelnen Ebenen. Theoretische und praktische Inputs zu Forschendem Lernen und Selbstarbeitsphasen abgelöst durch begleitete Arbeitsphasen bildeten im Start-up den

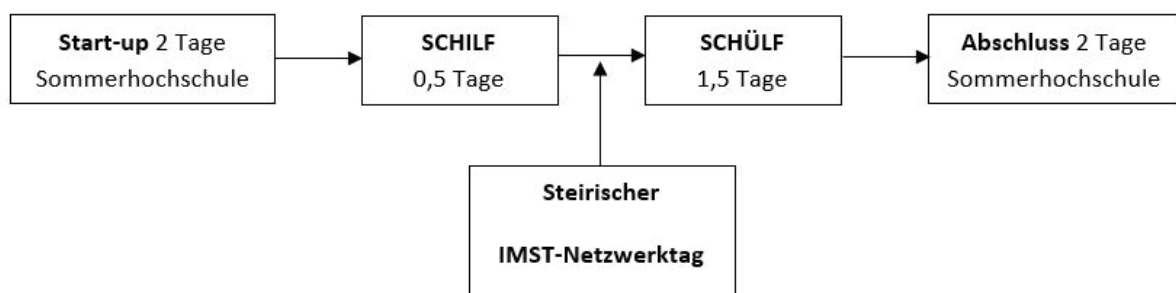


Abb. 1: Zeitlicher Ablauf des Pilotmoduls



Auftakt. Didaktik und Inhalte sind wie die Wünsche und Bedürfnisse der Teilnehmenden neben eigenen Erfahrungen intensiv besprochen worden. Während der Start-up-Veranstaltung, wo Kennenlernen, Definieren des IST-Zustandes und der Bedürfnisse im Fokus lagen, sind von den Teilnehmenden diese Punkte einschließlich der Ziele formuliert und schriftlich festgehalten worden. Die schriftliche Dokumentation ist ein wichtiger Punkt der Evaluierung der Teilnehmenden am Ende der Reihe in Bezug auf das Erreichen der angestrebten Ziele und das Herausfiltern der Gründe, falls Ziele nicht erreicht worden sind.

Folgende Kompetenzfelder sind den teilnehmenden Schulen von dem MINTee-Team als wählbare Bereiche der schulischen Entwicklung und/oder Evaluation angeboten worden:

- Kompetenzorientiertes Experimentieren;
- Einbindung des Fachs Mathematik – inhaltlich und/oder organisatorisch;
- Sprachliche Aspekte von Versuchsanleitungen, Protokollen; Fachsprachliche Kompetenzen, Mathematik als Sprache der Naturwissenschaften;
- Einbindung digitaler Medien und Beiträge zur digitalen Grundbildung;
- Erheben von Kompetenzen, Lernfortschritten, SchülerInnenvorstellungen, Lernstandsevaluierung;
- Forschendes Lernen – Bewusstmachen des ForscherInnenzyklus;
- Technische Bildung – Verknüpfung zwischen Naturwissenschaften, technischem und textilem Gestalten.

Evaluierung, ein wichtiger Teil des Pilotprojekts MINTee

Die spannende Tatsache, die sich in der Durchführung bereits am Start-up-Tag trotz des reichhaltigen Angebots seitens der ExpertInnen ergeben hat, ist die Fokussierung der Teilnehmenden auf die Umsetzung des Bereichs „Forschendes Lernen“, das sich in allen Diskussionen als Desiderat herauskristallisiert hat. Dies ist insbesondere hinsichtlich des Rechercheergebnisses der BetreuerInnen im Vorfeld bemerkenswert, das ergeben hat, dass viele Schulen ungeachtet des Schultyps ein breites Angebot an naturwissenschaftlichen Schwerpunkten aufweisen. Dieses Rechercheergebnis bildete den Ausgangspunkt der Konzeptentwicklung des Pilotmoduls. Ziele sind einerseits Unterstützung und Begleitung der Schulteams während des Prozesses und andererseits wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wirksamkeit dieser Aktivitäten zu generieren.

Die Analyse der begleitenden Evaluierung basierend auf der Fragebogenauswertung des Start-ups hat folgende Erkenntnisse ergeben:

Der Workshop wurde als wertvolle Hilfe für die berufliche Praxis gesehen und durchwegs als positiv bewertet. Hervorgehoben wurden Praxiseinheiten und Praxisbeispiele zum Forschenden Lernen sowie eine gute Balance aus Theorie und Praxis während des Start-ups. Dazu wurden Vernetzungsmöglichkeiten und Gespräche mit anderen Lehrpersonen gutgeheißen. Die TeilnehmerInnen nahmen zudem Ideen für den eigenen Unterricht sowie Einblicke in andere Schulformen mit. Bemängelt wurde, dass zu wenig Zeit für selbständiges Experimentieren und für manche Lehrpersonen zu viel Theorie erzählt wurde. Wünsche an das ExpertInnen-Team beinhalteten die Unterstützung/Begleitung in der praktischen Umsetzung und dabei eine Sicht von außen, weitere fachliche Inputs zum Forschenden Lernen, Austausch

von Materialien sowie Hilfe bei der Überzeugung skeptischer KollegInnen. Als unumgänglich für die erfolgreiche Umsetzung der geplanten Projekte wurden zudem die Unterstützung der Schulleitung sowie Unterstützung/Verständnis seitens KollegInnen, die nicht direkt am Vorhaben beteiligt sind, gesehen.

Fünf Schulen unterschiedlicher Typen und Schulstufen, die Volksschulen Strallegg und Weizberg, die Neue Mittelschule Strallegg, das BG/BRG Weiz und die HTL Kaindorf, haben an der ersten Pilotphase teilgenommen und als Schwerpunkt das „Forschende Lernen“ gewählt.

Abschließend wird ein kurzer Überblick über ein durchgeführtes Projekt geboten, um einen Einblick in erste Ergebnisse der Professionalisierung zu geben. Alle durchgeführten Maßnahmen sind von den teilnehmenden SchülerInnen evaluiert worden, das Feedback ist durchaus positiv, doch es stellt sich die Frage nach der Nachhaltigkeit bei den SchülerInnen und der zeitlichen Belastung der Lehrpersonen.

BG/BRG Weiz: Forschertage – als eine fachübergreifende Veranstaltung für die 4. und 5. Klassen

Diese Aktion zeigt – ausgehend von heterogenen Vorstellungen und Kompetenzen der Lehrkräfte in Bezug auf Forschendes Lernen – eine generelle Steigerung in theoretischen und praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, diese Methode betreffend. Dies ist vor allem durch die Anforderung der praktischen Umsetzung (Kombination aus Theorie und Praxis) erreicht worden. Mit der Konzeption der Stationen für die Forschertage kann eine Zunahme der Motivation und des persönlichen Einsatzes festgestellt werden. Im abschließenden Projektbericht konstatiert das leitende Schulteam einen hohen Grad an Erfüllung der gesetzten Projektziele.

Für uns zeigt dies, dass die gemeinsame Arbeit von ExpertInnen mit einem Schulteam über einen längeren Zeitraum – zudem mit Betreuung in der Umsetzung direkt vor Ort – gewinnbringend für die Arbeit an naturwissenschaftlichen Schwerpunkten sein kann.

Da das Projekt ebenfalls im Newsletter thematisiert wird, wird auf eine ausführlichere Projektbeschreibung verzichtet und auf den Artikel von Ursula Hiebaum verwiesen.

- **Peter Holl** arbeitet an der KPH Graz im Bereich der Didaktik der Elementar- und Primarstufe in Mathematik, Naturwissenschaft und Technik und ist Mitarbeiter am RFDZ Physik.
- **Pia Jaritz** unterrichtet am BG/BRG Carneri Graz Chemie, wird an der PHSt für Fachdidaktik im Lehramtsstudium Chemie mitverwendet und arbeitet im RFDZ Chemie sowie im steirischen IMST-Team mit.
- **Waltraud Knechtl** unterrichtet am BRG Kepler Graz Mathematik und Informatik, wird an der PH Steiermark im Lehramtsstudium Mathematik für Fachdidaktik mitverwendet und ist organisatorische Leiterin der IMST Pilotierung „MINTee – MINT-Schwerpunkte entwickeln und evaluieren“.
- **Franz Picher** unterrichtet am Bischöflichen Gymnasium in Graz Mathematik, Physik, Informatik, ist tätig im Lehramtsstudium Mathematik, Verbund SÜD-OST und ist mitverwendeter Lehrer im Rahmen des Projektes IMST.
- **Gerhard Rath** unterrichtet am BRG Kepler Graz Physik, ist Mitarbeiter am RFDZ Physik, ist tätig im Lehramtsstudium Physik, Verbund SÜD-OST, ist mitverwendeter Lehrer im Rahmen des Projektes IMST.
- **Marion Starzacher** ist am NATech – Zentrum für fachdidaktische Forschung in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung an der Pädagogischen Hochschule Steiermark und im Lehramtsstudium Technische & Textile Gestaltung, Verbund SÜD-OST tätig.



Technik entdecken –

Vom Zusammenspiel außerschulischer Lernorte für Jugendliche und neuer Praxisfelder für Lehramtsstudierende



von **Marion Starzacher** und
Erich Reichel

Kennen Sie die Rube-Goldberg-Maschine?¹ Andere Termini für diese Art Maschine sind Useless Machine oder nutzlose Maschinen; dabei handelt es sich um Maschinen, bei denen einfache Vorgänge, wie z.B. das Öffnen einer Flasche, sehr kompliziert ausgeführt werden. Das Interessante oder Spannende an der Konzeption dieser Maschinen ist, wie Umwege für diese einfachen Vorgänge eingeplant werden können, sodass der Lösungsweg andauert. Kräfte werden umgelenkt, Hebel werden eingesetzt, Fallen oder Kugeln werden ausgelöst, um etwa einen Schalter oder Taster zu betätigen, die ihrerseits eine weitere Reaktion auslösen. Ist diese Maschine einmal in Gang gesetzt und damit der Startimpuls ausgelöst, kann sie idealerweise nicht mehr gestoppt werden. Es kann rein beobachtet werden, ob der Weg tatsächlich zum beabsichtigten Ziel führt. Dies geschieht in einer sehr speziellen Weise.

Jetzt fragen Sie sich: Was hat die Rube-Goldberg-Maschine mit Naturwissenschaft, Technik und Didaktik zu tun? Im Konzept der „Entdeckungsreise Holz, Metall, Elektro“ oder „Bau dir deine eigene Maschine!“ dient diese Maschine als Inspiration für Jugendliche im Alter von 12 – 16 Jahren, um einerseits ihre Kompetenzen im Bereich der Naturwissenschaft und Technik zu vertiefen und andererseits die praktische Arbeit mit Holz, Metall und Elektronik in einem besonderen Setting zu erproben.

Das Setting besteht aus einem Werkstattbereich, der mit Werkzeug, Maschinen und einer Vielzahl an verschiedenen Materialien ausgestattet ist, aus Trainerinnen und Trainern (Lehramtsstudierenden), Mentorinnen und Mentoren aus dem NaWi- und Technikbereich sowie aus Professionisten und Professionistinnen/Handwerkerinnen und Handwerkern.

Ziele sind neben der Förderung handwerklicher Kompetenzen das kreative Entwickeln unter Beachtung der physikalischen Grundlagen und Bauen einer eigenen Maschine in der Gruppe. Dabei können die Jugendlichen in technische Bereiche hineinschnuppern und Dinge eigenständig ausprobieren. Der Bau der Maschinen dient ebenso der Berufsorientierung wie dem Finden eigener neuer Interessen und Talente.

¹ Vgl. <https://www.murmelbahn-spess.de/rube-goldberg-maschine/> (10.07.2020)



Im didaktischen Konzept, das der Entdeckungsreise zugrunde liegt, wird großer Wert auf die Eigenständigkeit der Jugendlichen gelegt; sie sind die Expertinnen und Experten, die von den Betreuerinnen und Betreuern begleitet werden. Die Jugendlichen sind für die Entwicklung, Planung und Umsetzung der Maschine verantwortlich und erhalten Input, den sie dann im Projekt realisieren.

Spielerisch werden physikalische Grundlagen angewendet, Kompetenzen in den Bereichen Holz, Metall, Elektronik und in der digitalen Grundbildung gesammelt. Vernetztes Lernen, Tüfteln, Ausprobieren und selbständiges Arbeiten wie das Arbeiten im Team sowie Freude am Tun stehen im Fokus.

Die Entdeckungsreise ist im Jahr 2019 als Pilotprojekt gestartet und vom Talentcenter der WKO Steiermark und der Sparte Industrie initiiert worden, um Jugendlichen einen Rahmen zu bieten, mit unterschiedlichsten Werkzeugen zu experimentieren, Begeisterung für Technik zu schnüren und einen Einblick in die Arbeitswelt der Bereiche zu bieten, somit die Lust am TUN zu wecken.

Ein kurzer Einblick in die Ergebnisse der Entdeckungsreise: Drei Maschinen, seriell geschaltet – am Ende der ersten Maschine wird die zweite in Gang gesetzt und dann die dritte Maschine durch die zweite –, stehen am Ende der Woche nach intensiver Arbeit im Raum. Stolze Ingenieurinnen und Ingenieure zeigen und erklären dem Publikum nach dem ersten Durchlauf die einzelnen Funktionen: mechanische und elektronische Startvorrichtungen sowie geniale Spezialeinbauten wie ein LED-Lauflicht, das durch eine Kugel, die eine Lichtschranke passiert, ausgelöst wird. Beschleunigungsvorgänge mittels Magnetismus oder Luftantrieb sind nur einige der physikalischen Besonderheiten, die diese Maschinen aufweisen. Ein Konfettiregen am Ende visualisiert den Erfolg der gesamten Gruppe.

Das Forschungsinteresse des Teams der Pädagogischen Hochschule Steiermark wird in der folgenden Forschungsfrage thematisiert und anhand einer begleitenden Evaluierung festgemacht: *„Kann das Interesse der Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 16 Jahren durch ein spezielles didaktisches Angebot im Bereich der Naturwissenschaft und Technik gesteigert werden?“*

Bei der Evaluierung handelt es sich um eine Längsschnitterhebung, die beim Projektstart und am Projektende durchgeführt worden ist. Neben dem Interesse am Handwerk, am Arbeiten mit Holz und Metall und Neugierde wird ebenso die Berufsorientierung als Ausgangspunkt für die Anmeldung zur „Entdeckungsreise“ von den Jugendlichen genannt. Die Jugendlichen haben nach Ablauf der Woche in den Bereichen, die sie interessiert und ausprobiert haben, ihre Kompetenzen erhöht und die Arbeit im Team kennen- und schätzen gelernt. Trotz der genderneutralen Ausschreibung hat nur eine weibliche Jugendliche am Projekt teilgenommen. Die Jugendlichen haben in der Zusammenarbeit eine hohe soziale Kompetenz aufgewiesen.

Der inhaltliche Impuls und das didaktische Konzept des Pilotprojekts Entdeckungsreise 2019 wurde vom „Zentrum für didaktische Forschung in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung (NATech)“ der Pädagogischen Hochschule Steiermark geliefert. Der Erfolg des Pilotprojekts hat gezeigt, dass es ein wesentlicher Punkt in der Ausbildung von Jugendlichen ist, ihre Interessen zu fördern und ihnen Möglichkeiten zu bieten, Interessen zu finden, indem sie im außerschulischen Bereich Dinge ausprobieren können, ohne Zwang, ohne Zeitdruck und ohne Bewertung. Nur zwei der Jugendlichen, die am Pilotprojekt teilgenommen haben, haben in der Befragung angegeben, dass ihre Eltern sie für dieses spezielle Sommerprogramm angemeldet haben. Andere Antworten zeigen, dass die Anmeldungen zum Teil aus Eigeninteresse durchgeführt worden sind. Die Zufriedenheit der Jugendlichen, die eine Woche sehr intensiv an ihren Maschinen gearbeitet haben, ist hoch und teilweise haben sie sich in ihrer weiteren Berufswahl bestätigt gefühlt. Dies lässt den Schluss zu, dass dieses Pilotprojekt einen wichtigen Beitrag zur Berufsorientierung darstellt und eine Weiterführung zielführend ist.

Projektteam 2019:

Talentcenter der WKO Steiermark: Bettina Ganglberger

Sparte Industrie: Janine Handel / Sabine Sattler

NATech, Pädagogische Hochschule Steiermark: Erich Reichel,

Marion Starzacher

Studierende Lehramt Technische und Textile Gestaltung: Felix Heinrich, Manuel Heinrich

Studierende Lehramt Physik: Christina Wagner

Holz-Zirkus: Edmund Reitbauer

■ **Marion Starzacher** ist am NATech – Zentrum für fachdidaktische Forschung in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung an der Pädagogischen Hochschule Steiermark und im Lehramtsstudium Technische & Textile Gestaltung, Verbund SÜD-OST tätig.

■ **Erich Reichel** ist am NATech – Zentrum für fachdidaktische Forschung in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung an der Pädagogischen Hochschule Steiermark und im Lehramtsstudium Physik, Verbund SÜD-OST tätig.



Verleihung der IMST-Awards 2020

Am 6. November 2020 sind die diesjährigen IMST-Awards an österreichische BildungsexpertInnen und Projekte vergeben worden. Die Verleihung fand aufgrund der COVID-19-Pandemie und dem neuerlichen Lockdown nicht im feierlichen Festsaal des Bildungsministeriums statt, sondern wurde im kleinen Kreis online vergeben.

Der mit EUR 1.000,- dotierte Preis fördert herausragende Unterrichts- und Schulprojekte für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik und Deutsch (MINDT) sowie verwandte Fächer. Ausgezeichnet wurden sechs SiegerInnenprojekte aus verschiedenen Schulstufen bzw. Schultypen, die eine Fachjury heuer aus 37 Einreichungen auswählte.



Online-Verleihung im kleinen Rahmen



IMST AWARD 2020



Moderation einmal anders



Überbrachte Gratulation der IMST-Leitung



Großartig: Forschen als Fest für alle



Einfallreich: gemeinsam zum Erfolg



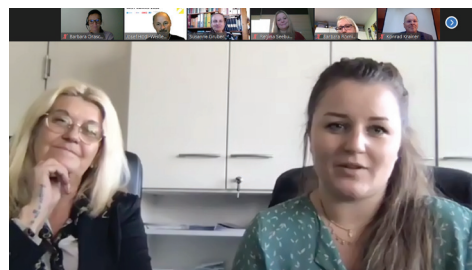
Genial: Experimentieren von zu Hause aus



Erstklassig: Lernen mit Lernvideos in der Volksschule



Top: Unterstützung für Frauen in der Technik



Ausgezeichnet: Briefe gegen Einsamkeit



Applaus für die GewinnerInnen



Kategorie 1.–4. Schulstufe: Forscherfest Mallnitz Andrea Angermann (Volksschule Mallnitz, Kärnten)

In Mallnitz gibt es mit der Kindertagesstätte Tauernzwerge, der Volksschule Mallnitz, der Schulischen Tagesbetreuung und dem Besucherzentrum des Nationalparks Hohe Tauern vier Bildungsinstitutionen. Mit dem „Forscherfest Mallnitz“ wurde das erste Mal ein Gemeinschaftsprojekt aller regionaler Bildungseinrichtungen realisiert. Die fachspezifischen Übergänge vom Kindergarten in die Volksschule, die Verankerung im SQA-Plan der Schule, die Vertiefung der Inhalte in der Schulischen Tagesbetreuung, sowie die Verschränkung mit Freizeitangeboten des Nationalparks Hohe Tauern haben deutlich gemacht, wie wichtig eine institutionsübergreifende Zusammenarbeit ist. Auf diese Art und Weise konnte im Juni 2019 ein gemeinsames Forscherfest für rund 300 geladene Gäste realisiert werden. Zu unterstreichen ist die Einbindung von rund 60 Kindern bzw. SchülerInnen in die Organisation der Veranstaltung. Die beteiligten Kinder im Alter von vier bis zehn Jahren waren dabei nicht Konsumenten eines pädagogischen Angebotes, sondern sie waren die GastgeberInnen, die GestalterInnen des Festes. In monatelanger Vorbereitung gemeinsam mit ihren PädagogInnen, haben sich die jungen Forscherinnen und Forscher Experimente und Versuche überlegt (seit dem Schuljahr 2017/18 wurde das Forschen und Experimentieren als fester Bestandteil in den Unterricht integriert), um ihre Familien für das „Forschende und Entdeckende Lernen“ zu begeistern.

Ein umfassendes Bühnenprogramm sowie interaktive Forscherstationen auf drei Etagen des BesucherInnenzentrums Mallnitz



machten es allen Teilnehmenden möglich, unter Anleitung der Kinder, eigenständig naturwissenschaftliche Phänomene zu ergründen. An zahlreichen Experimentierstationen waren Eltern, Großeltern und Ehrengäste aufgerufen, die Versuche der kleinen ForscherInnen auszuprobieren.

Im Rahmen des Forscherfestes wurde von den Kindern auch ein Theaterstück mit dem Titel „Die Forscherzwerge“ aufgeführt. Die rund 300 Gäste waren wirklich sehr beeindruckt, wie professionell die Kinder diverse Alltags-Phänomene wissenschaftlich aufbereitet hatten.

Die Patenschaft für dieses Projekt übernimmt die Industriellenvereinigung Österreich.



Kategorie 5.–8. Schulstufe: Vom Einzelkämpfertum bei Hausübungen hin zu kollaborativen, multimedialen eBooks – und vieles was so dazwischen liegt Josef Hofer (NMS der Marianisten, Oberösterreich)

Das Projekt versucht ausgehend von diversen Formen des Peer Learnings in der Schule dem Einzelkämpfertum zu Hause bei der Erarbeitung von Hausübungen und Vorbereitungen zu diversen Schularbeiten, Einzelarbeiten und Wiederholungen entgegen zu wirken. Hierbei werden die Möglichkeiten von Social Media und die Funktionalität mobiler Devices genutzt. Die eingebrachten Lerninhalte und Übungen finden in Form von eBooks zu allen mathematischen Themen der Neuen Mittelschule einen entsprechenden Mehrwert und eine längerfristige Nachhaltigkeit. Ziel ist es, die Individualisierung des Lernens zu verbessern. Das Projekt versucht das Lernen in den eigenen vier Wänden durch die Hilfestellung einer „Peergruppe in Klassenstärke“ zu optimieren. Außerdem soll die „Schummelversuchung“ Hausübungen mit den digitalen Möglichkeiten der Verbreitung über WhatsApp & Co, in ein eigenverantwortliches, hinterfragtes „Lernen lernen“ gewandelt werden.

In der konkreten Durchführung wird parallel zu jedem in Frage kommenden Hausübungsauftrag auch jeweils eine Schülerin oder ein Schüler eingeteilt, der seine Hausübung bis zu einer ausgemachten Tageszeit in eine Onlinesammlung, die von jedem Lernenden eingesehen werden kann, hochlädt.

Durch eine bewusste und geschickte Auftragsverteilung können



sich alle(!) Schülerinnen und Schüler, unabhängig der kognitiven Leistungsfähigkeit, an diesem System als Hilfestellerin und Hilfesteller beteiligen, was den Zusammenhalt der Klassengemeinschaft und die soziale Stellung des Einzelnen in der gesamten Lerngruppe stärkt.



Kategorie 9.–13. Schulstufe: Experimente im Distance Learning

Susanne Gruber (Kaufmännische Schulen des BFI Wien, Wien)

An den Kaufmännischen Schulen des BFI Wien (Handelsschulen, Handelsakademie) ist ein Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts (2. Klasse Handelsschule, 1. Klasse Handelsakademie) als 3wöchiger Block organisiert. Diese Blöcke werden für Laborübungen, Experimente oder Lehrausgängen mit den Klassen genutzt. In höheren Klassen werden Laborübungen in Einzel- oder Doppelstunden organisiert. Während des Distance Learnings konnten keine Laborübungen abgehalten werden, jedoch sollten die Jugendlichen keinesfalls auf die praktische Arbeit verzichten müssen. Die bisher geplanten Laboreinheiten wurden dahingehend geändert, dass die Experimente mit Geräten und Materialien trotzdem zu Hause durchgeführt werden konnten. Experimente, die sonst nur im Labor durchgeführt werden, können mit teilweise geringen Abwandlungen, genauso aussagekräftig sein, wie sonst im Regelunterricht. Wenn aber die SchülerInnen selbstständig auch die Arbeitsvorbereitung durchführen, sie selbst die erforderlichen Arbeitsmaterialien beschaffen müssen, setzen sie sich viel intensiver mit der Arbeitsanleitung auseinander. Bei Fragen werden andere KlassenkollegInnen gefragt und es erfolgt ein intensiverer Austausch. Die Unterrichtssequenzen waren folgendermaßen gegliedert:

- Kurze theoretische Einführung der Lehrkraft in das Thema
- Besprechung der Arbeitsaufgabe(n) per Videokonferenz und Fragemöglichkeit in folgenden virtuellen Unterrichtseinheiten



- sehr genaue textliche Beschreibung des Experiments, mit Bild und/oder Videounterstützung
- sehr genaue Sicherheitshinweise
- Vorlagen für Protokoll
- Durchführung des Experiments
- Bild- und Textdokumentation durch die SchülerInnen
- Ausführliche Nachbesprechung per Videokonferenz
- Schriftliches Feedback

Die Patenschaft für dieses Projekt übernimmt der Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie.



Kategorie schul- und schulstufenübergreifende Projekte: „Home-Klasse“ - Lernvideos für die Primarstufe

Barbara Römisch (Private Volksschule Friesgasse, Wien)

Besondere Zeiten erfordern besondere Unterrichtssituationen für alle Altersstufen. Bei der Arbeit mit Volksschulkindern ist die Distance Learning Situation für Eltern und Lehrpersonen gleichermaßen herausfordernd. So hat sich ein Team aus LehrerInnen und LehramtsstudentInnen zusammengetan und produziert für Kinder der Primarstufe Lernvideos. Diese Videos sind so gestaltet, dass die Kinder immer wieder zur Erledigung von Aufgaben aufgefordert werden. Die Themen wurden so gewählt, dass sie inhaltlich vor allem für die erste und zweite Klasse Volksschule eingesetzt werden können. Die Videos können sowohl für Homeschooling, als auch zur Ergänzung des Präsenzunterrichts herangezogen werden. Die Methode des Flipped-Classroom eignet sich hier wunderbar. Wichtig war, dass die Erarbeitungsphase nicht an fixe Zeiten gebunden ist. Die Ansprüche und Ziele der Lernvideos:

- Den Kindern Inhalte in kleinen Sequenzen zu vermitteln. (maximal 15 Minuten)
- Den Kindern sinnvolle und dem Lernstand entsprechende Aufgaben zukommen zu lassen.
- Den Kindern Aufgaben zu geben, die sie (wenn möglich) alleine bewältigen können.
- Die Selbstständigkeit der Kinder zu fördern.



- Die Eltern zu entlasten.
- Den Lehrpersonen dieser Schulstufen altersadäquates Material kostenlos zur Verfügung zu stellen.
- Das Angebot für die Primarstufe zu erweitern.

Begleitend entstand eine Materialsammlung für Lehrpersonen, an der kontinuierlich weitergearbeitet wird. Diese Materialien werden kostenfrei zum Download auf www.ipadmachtschule.at zur Verfügung gestellt. Dort befindet sich bereits eine bunte Sammlung an digitalen und druckbaren Materialien. Ebenso gibt es nach Unterrichtsfächern sortierte Playlists sowie einen reinen Bildungskanal für Kinder auf YouTube.

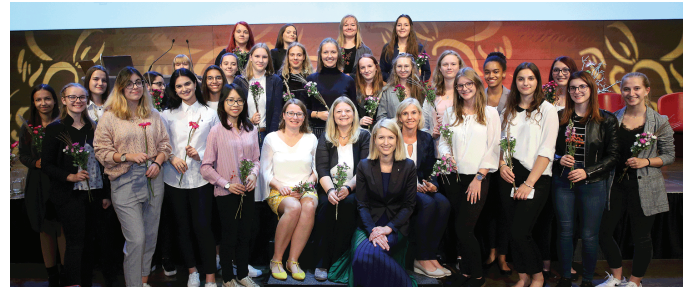
Die Patenschaft für dieses Projekt übernimmt die Wirtschaftskammer Österreich.





Kategorie institutionsübergreifende Projekte: Mentoring für HTL Schülerinnen Regina Seeburger (HTL Braunau, Oberösterreich)

Auch wenn sich Mädchen für eine HTL entscheiden, kommt es doch sehr häufig vor, dass sie sich von der männerdominierten Technik eingeschüchtert fühlen. Viele „entfliehen“ dann in Richtung eines wirtschaftlichen oder juristischen Studiums und sind für die Technik „verloren“. Das Mentoring-Projekt bestärkt Schülerinnen der 4. Jahrgänge HTL weiterhin (auch nach der Matura) in der Technik tätig zu sein. Die Schülerinnen bekommen während drei Semestern Unterstützung von Mentorinnen und Mentoren von technischen Firmen, die aus der jeweiligen Branche stammen. Außerdem erhalten die Mädchen vier Seminare, die zum Ziel haben, den Mädchen Unterstützung beim Meistern des „Frau-Seins“ in einer immer noch sehr männlich geprägten Umgebung zu bieten. Sie lernen sich ein Netzwerk aufzubauen, bekommen Coachings für Bewerbung und Lebenslauf genauso wie für das richtige Wort zum richtigen Zeitpunkt. Die Teilnehmerinnen können sich mit allen Fragen, die ihnen auf der Seele brennen, an ihre MentorInnen wenden. Hauptsächlich geht es dabei um die Vereinbarkeit von Familie und Beruf in technischen Firmen, um die Frage, ob die Mädchen gut genug sind, um in einer technischen Firma zu arbeiten und es geht auch darum, dass die Mädchen im Umgang mit Technik und Naturwissenschaften versierter werden. Das Projekt hat zum Ziel, dass die Mädchen gestärkt werden, dass sie sich ihrer Begabungen und Talente im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich bewusstwerden und dass sie selbstverständlicher werden im Denken: „Ja, ich bin eine



Technikerin!“. Das Projekt richtet sich nur an Mädchen, genau aus dem Grund, dass Mädchen in der Technik nach wie vor nicht so vertreten sind, wie Burschen. Wir fördern die Mädchen gezielt dadurch, dass alle Seminare und Methoden genau auf sie zugeschnitten sind. Es ist unser Bestreben die Chancengleichheit von Mädchen zu erhöhen, indem wir sie selbstsicherer und stärker machen.

Die Patenschaft für dieses Projekt übernimmt Infineon Technologies Austria AG.



Sonderpreis: Briefe gegen Einsamkeit! Patricia Preißler (Polytechnische Schule Hartberg, Steiermark)

Die Situation rund um COVID-19 stellte besonders in den Monaten März bis Anfang Juni für die gesamte Weltbevölkerung eine besondere Herausforderung dar. Vor allem die Bewohnerinnen und Bewohner in Altersheimen hatten es in dieser außergewöhnlichen Zeit schwer. Dies veranlasste die Polytechnische Schule Hartberg dazu, schnell darauf zu reagieren. Im Rahmen des Deutschunterrichts wurden gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern Ideen gesammelt, was gegen die Einsamkeit dieser älteren Menschen getan werden könnte. Schnell wurde klar, dass den Bewohnerinnen und Bewohnern mit handgeschriebenen Briefen eine große Freude bereitet werden kann. Da die Schülerinnen und Schüler mit technischen Kommunikationsmittel aufgewachsen sind, wollte man ihnen mit dem Medium „Brief“ eine alternative Art der Kommunikation zurück in Erinnerung rufen. Dabei wurde den SchülerInnen bewusst, dass das Schreiben von Briefen mehrere Vorteile mit sich bringt. Sie konnten sich dabei kreativ austoben, denn nicht nur bunte Designs, sondern auch schöne Texte waren die Resultate des Projekts. Nachfolgende Deutschstunden wurden dazu genutzt, persönliche Briefe zu gestalten. Die Schülerinnen und Schüler konnten den Inhalt frei wählen, den Adressatinnen und Adressaten Fragen stellen oder aus ihrem Leben erzählen. Die Briefum-



schläge wurden fachgerecht beschriftet, gestempelt und dem Altersheim per Post zugesandt. Nicht nur bei den dort lebenden Personen, sondern auch bei der Seniorenbetreuerin fand unsere Aktion großen Anklang. Der Kontakt zum Altenheim soll bestehen bleiben und Lehrausgänge sind in Planung.