



Abschlussbericht

Flatscreen und Co unter die Lupe genommen

Entwicklung eines Bildungsprogramms zum nachhaltigen Umgang mit
umweltkritischen Stoffen, im Besonderen Seltene Erden

Az 34002/01

Projektleitung: Prof. Dr. Armin Reller, Lehrstuhl für Ressourcenstrategie
Universität Augsburg
Dr. Marietta Menner
Leitung Geschäftsbereich MINT_Bildung
Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung
Universität Augsburg

Projektkoordination: Nadja Anderle (01.11.2017 bis 31.10.2020)
Irina Ehrlich / Erik Voigt (01.11.2020 bis 31.03.2021)

MINT_Bildung
Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Augsburg, 28.06.2021

Projektkennblatt

der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



| | | | | | |
|--|---|--|-----------------|------------------------|--------------------|
| Az | 34002/01 | Referat | 41 | Fördersumme | 355.946,00€ |
| Antragstitel | | Flatscreen und Co unter die Lupe genommen - Entwicklung eines Bildungsprogramms zum nachhaltigen Umgang mit umweltkritischen Stoffen, im Besonderen Seltene Erden | | | |
| Stichworte | | | | | |
| Laufzeit | Projektbeginn | Projektende | Projektphase(n) | | |
| 36/42 Monate | 01.11.2017 | 31.10.2020/31.03.2021 | 1 | | |
| Zwischenberichte | 30.04.2018, 30.10.2018, 30.04.2019, , 30.10.2019, 30.04.2020, 30.10.2020 | | | | |
| Bewilligungsempfänger | Universität Augsburg | | | Tel | 0821/598 3590 |
| | MINT_Bildung AMU | | | Fax | |
| | Universitätsstraße 1a | | | Projektleitung | |
| | 86159 Augsburg | | | Prof. Dr. Armin Reller | |
| Kooperationspartner | Institut Dr. Volker Zepf | | | Bearbeiter | |
| | Fontanestr. 1 | | | M.Ed. Marietta Menner | |
| 86161 Augsburg | | | | | |
| Zielsetzung und Anlass des Vorhabens | | | | | |
| <p>Das Projekt <i>Flatscreen und Co unter die Lupe genommen</i> erarbeitet für Schulen ein neuartiges Bildungskonzept. Hierfür begeben sich Schüler/-innen und Lehrkräfte ganz real in Theorie und Praxis auf die Reise, um (ausgewählte) Stoffe und Materialien, die für die Herstellung von Flatscreens und Co benötigt werden, kennen und begreifen zu lernen.</p> | | | | | |
| Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden | | | | | |
| <p>Auf der geplanten Reise lernen die Schüler/-innen nicht nur die Stoffe selbst kennen, sondern auch die Geschichten, Orte und Menschen, die hinter diesen Materialien stehen. Schließlich wird auch der eigene Beitrag in dieser Geschichte des Stoffes thematisiert und reflektiert, so dass die Bedeutung eigener zukünftiger Handlungen deutlich wird. Diese „Stoffreise“ ist als Modulsystem aufgebaut, welches verbindliche theoretische Grundlagenbausteine beinhaltet und dazu eine Auswahl an fakultativen praktischen Bausteinen anbietet. Je nach Zielgruppe (Mittel-, Real- und Berufsschule sowie Gymnasium) und zur Verfügung stehenden Unterrichtszeiten werden die entsprechenden Angebote variabel zusammengestellt und begleitet. Ein wesentlicher Bestandteil der praktischen Bausteine sind Besuche im Schülerlabor. Hier haben die Schüler/-innen die Möglichkeit, mit Flatscreens und Co zu experimentieren, als selbsttätige Forscher/-innen aktiv zu werden und sich mit dem Thema „Umweltkritische Metalle, v.a. Seltene Erden“ nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch auseinanderzusetzen.</p> <p>Insgesamt werden so die Reistationen eines Stoffes entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur Nachnutzung abgebildet und erfahrbar gemacht. Flankiert wird das Modulsystem von einer Handreichung für Lehrkräfte, Unterrichtsmaterialien und einem Wissenschaftssachcomic sowie einer Lehr-Lernplattform, die den Lehrkräften, beteiligten KMU und Schüler/-innen die Möglichkeit zur Information, zum Austausch und zur Ergebnissicherung bietet.</p> <p>Das erarbeitete Modulsystem wird auch in andere Bundesländer gespiegelt. Während die theoretischen Grundlagen (das Basismodul) über alle Länder und teilnehmenden Kommunen hinweg identisch und übertragbar sind, können die praktischen Bausteine (Vertiefungsmodule) je nach Verfügbarkeit von Stationen vor Ort angepasst werden.</p> | | | | | |
| <p>Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de</p> | | | | | |

Ergebnisse und Diskussion

Im Projektzeitraum ist es gelungen ein modulares Bildungskonzept zu entwerfen und erfolgreich durchzuführen. Dabei wurden die Projektziele erreicht und erweitert.

1. Es wurde ein didaktisches Konzept für Fortbildungen für Lehrkräfte entworfen. Die Fortbildungen wurden von ca. 100 Lehrkräften wahrgenommen. Dabei bewerteten diese die Projektinhalte als wertvoll für den schulischen Unterricht.
2. Es wurde ein Präsenzmodul im DLR_School_Lab Uni Augsburg entworfen, in dem die Lernenden die Projektinhalte „hands on“ erfahren konnten. Das Modul bildet den zentralen Bestandteil der Stoffreise und kann durch weitere Maßnahmen vor- und nachbereitet werden. Es wird auch nach Ende der Projektlaufzeit weiter Bestandteil des DLR_School_Lab Angebots bleiben.
3. Das Projektteam stand Schulen bei der Konzeption und Durchführung von P-Seminaren unterstützend zur Seite.
4. Es wurden Kooperationen mit lokalen Unternehmen hergestellt, über die eine Vertiefung und Nachbereitung der im Präsenzmodul erarbeiteten Inhalte stattfinden konnte. Die Möglichkeit wurde von den Schulen nicht im erwarteten Ausmaß wahrgenommen, was unter anderem auch auf die Pandemielage seit Frühjahr 2020 zurückführbar ist. Die Kooperationen bleiben auch nach Projektende bestehen.
5. Um Student/-innen als „Reiseleiter/-innen“ in das Projekt einzubinden wurde ein Praktikumskonzept entworfen. Auf Grund universitätsinterner Gegebenheiten verzögerte sich die Konzeption um ein halbes Jahr, wird allerdings nach Projektende weiterhin angeboten. Darüber hinaus wurden in Kooperation mit dem Lehrstuhl der Grundschulpädagogik ein themenverwandtes Seminar angeboten. Über eine Zulassungsarbeit wurde ein Lernkofferkonzept entwickelt, welches das Projektangebot ab Dezember 2019 ergänzte.
6. Um die entwickelten Inhalte zu bündeln und medial zu kommunizieren wurde eine Projekthomepage als Knotenpunkt entwickelt. Sämtliche digitalen Inhalte sind kostenfrei über die Website www.flatscreenjourney.de verfügbar. Diese wird auch nach Ende der Projektlaufzeit fortgehend aktualisiert.
7. Es wurden eine Reihe von didaktischen Materialien entworfen, die sowohl im Präsenzbaustein als auch bei der Vor-/Nachbereitung der Inhalte unterstützen. Diese sind über den Reiter „Download“ der Projekthomepage verfügbar. Dabei sind im Besonderen die Wissenschaftscomics, die von der *agentur mintwissen* erstellt wurden, sowie eine Handreichung für Lehrkräfte, konzipiert vom *Institut Dr. Volker Zepf*, hervorzuheben.
8. Auf Grund der Covid-19-Pandemie konnte ab März 2020 keine Präsenzbesuche im DLR_School_Lab, sowie Exkursionen stattfinden. Daraufhin wurde ein Antrag auf kostenneutrale Verlängerung bis März 2021 gestellt. In diesem Zeitraum wurden weitere digitale Angebote entwickelt. Durch die grundsätzlich stark digitalisierte Struktur der Inhalte konnte auch der Präsenzbesuch zeitnah digital angeboten werden.
9. Es wurde ein interaktiver digitaler Selbstlernkurs entworfen über den auch eine asynchrone Vermittlung der Inhalte stattfinden konnte. Dieser erfordert keine Anmeldung und bleibt auch nach Projektlaufzeitende Teil des digitalen Angebots des School_Labs.
10. Der Präsenzbaustein wurde in einen digitalen Schulbesuch übersetzt. Dabei wurde auf die Plattform Moodle zurückgegriffen, um die Inhalte in einem semi-synchronen Kurs interaktiv zu vermitteln. Auf Grund der positiven Resonanz werden die digitalen Angebote weiterhin Bestandteil des Angebots bleiben. Es konnte festgestellt werden, dass über digitale Maßnahmen die regionale Reichweite deutlich erhöht werden konnte.

Insgesamt kann durch die Ausbildung von Lehrenden, Lernenden und anderen Bildungsakteuren zu potenziellen Multiplikator/-innen unter dem Leitbild einer nachhaltigen Gestaltungskompetenz davon ausgegangen werden, dass durch eine erwartete Verhaltensänderung im persönlichen Kontext, sowie eine Weitergabe der vermittelten Inhalte und Kompetenzen eine Umweltentlastung im Sinne der Reduktion von Elektroschrott und damit kritischer Metalle, bzw. die Rückführung dieser in eine Kreislaufwirtschaft stattfinden wird. Dies wird zudem dadurch verstärkt, dass die Projektinhalte am DLR_School_Lab Uni Augsburg verstetigt wurden und somit auch in Zukunft weiter verbreitet werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt wurde auf einer Reihe von Messen, Tagungen und anderen öffentlichen Veranstaltungen beworben und vorgestellt auf denen Interessierte die Projektinhalte „hands-on“ erleben konnten.

| Datum | Veranstaltung | Rolle |
|--|---|---------------------------------|
| 24.11.2017 | Konferenz „Von der MINT-Umweltbildung zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung“ in Osnabrück | Aussteller, Teilnahme |
| 15.12.2017 | „Tag der offenen Tür des School_Lab A ³ im bifa Umweltinstitut“ | Veranstalter |
| 12.03.2018 | LeLa Tagung 2018 in Kiel | Workshop, Teilnahme |
| 23.03.2018 | Kick-off Veranstaltung | Projektvorstellung |
| 05.05.2018 | „Langen Nacht der Wissenschaft“ 2018, Augsburg | Projektvorstellung, Teilnahme |
| 18.09.2018 | BilRes-Konferenz 2018, Frankfurt/Friedberg | Aussteller |
| 04.10.2018 | Fachlehrerbesprechung des Gymnasiums bei St. Anna | Projektvorstellung und Workshop |
| 12.11.2018 | Informationsnachmittag BNE am 12.11.18 an der Universität Augsburg | Aussteller |
| 16.11.2018 | 4. Begabungstag in Augsburg | Aussteller, Workshop |
| 15.01.2019 | Vortrag „Die Rohstoffwelt eines Smartphones“, Augsburg | Projektvorstellung |
| 19.03.2019 | 10. BilRes Netzwerkkonferenz in Berlin | Aussteller, Teilnahme |
| 12.04.2019 | Fachlehrertagung im Schullandheim Bliensbach | Projektvorstellung |
| 17.10.2019 | MINT-Aktionsabend im Technologiezentrum Augsburg | Projektvorstellung |
| 26.03.2019 | Umwelttag FOS/BOS Friedberg | Workshop |
| 05.-07.03.2020 | Bayerischer Schulgeographentag 2020 | Aussteller, Teilnahme |
| 09.06. - 10.06.2020 (10.06-11.06. 2021) | Woche der Umwelt, Berlin (verschoben auf 2021) | (digitaler) Aussteller |

Neben der Projektpräsentation in Präsenz wurde das Projekt auch über andere mediale Kanäle verbreitet. Zusätzlich wurden Flyer, Broschüren und eine zweiteilige Handreichung für Lehrkräfte entworfen. Sämtliches Material ist sowohl als digitale, als auch als Druckversion frei über die Projekthomepage erhältlich. Handreichung und digitale Materialien bleiben auch nach Projektende kostenfrei verfügbar und tragen so zu einer weiterführenden Bewerbung der Projektinhalte bei.

Dabei schlossen sich die Bewerbung in Präsenz und die Bewerbung über Flyer, Projekthomepage und Social Media nicht gegenseitig aus, sondern bedingten sich vielmehr, indem das Projekt stets gleichzeitig auf mehreren Kanälen mit Verweis aufeinander beworben wurde.

Fazit

Die Projektidee *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* konnte erfolgreich umgesetzt werden. Die große Nachfrage durch Schulen, Lehrkräfte und weitere Bildungsakteure, die auch während der Corona-Pandemie anhält, zeigt, dass das Projekt „den Zahn der Zeit“ getroffen hat. Gerade die praktische Auseinandersetzung mit Seltenen Erden im Schülerlaborkontext fand dabei großen Anklang. Ein haptisches (be)greifen möglich zu machen, ist für Schulen auf Grund fehlender zeitlicher und materieller Ressourcen kaum möglich, bei den im Projekt aufgegriffenen Bildungsinhalten aber unerlässlich. Auf Grund des großen Erfolgs des Projekts und der anhaltenden Nachfrage wurden die entwickelten Bausteine zur Verstetigung in das Programm des DLR_School_Lab Uni Augsburg übernommen. Die im Projekt erarbeitenden Unterrichts- und Begleitmaterialien werden ebenfalls weiterhin zur Verfügung stehen. Derzeit wird die Weiterführung der Projektidee in einem anderen Kontext geprüft und Fördermöglichkeiten hierzu sondiert.

| | |
|--|-----------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 8 |
| 1. PROJEKTAUFBAU | 11 |
| 1.1 ZIELSETZUNG | 11 |
| 1.2 AUSGANGSLAGE | 11 |
| 1.3 KONZEPT | 12 |
| 1.4 STRUKTUR | 13 |
| 1.5 PROJEKTPARTNER | 16 |
| 2. GESTALTUNG DER STOFFREISE | 18 |
| 2.1 FORTBILDUNGEN FÜR LEHRKRÄFTE | 18 |
| 2.2 PRÄSENZBAUSTEIN IM DLR_SCHOOL_LAB UNI AUGSBURG | 20 |
| 2.3 P-SEMINARE..... | 22 |
| 2.4 ZUSAMMENARBEIT MIT LOKALEN KMU | 23 |
| 2.5 STUDIENBEGLEITENDES PRAKTIKUM | 24 |
| 2.6 SEMINAR NACHHALTIGKEIT..... | 24 |
| 3. INNOVATIVE LEHR- UND LERNFORMEN..... | 25 |
| 3.1 HOMEPAGE FLATSCREENJOURNEY..... | 25 |
| 3.2 WISSENSCHAFTSSACHCOMICS | 26 |
| 3.3 UNTERRICHTSMATERIALIEN..... | 27 |
| 3.4 HANDREICHUNGEN FÜR LEHRKRÄFTE | 28 |
| 3.5 LEHR-LERNKOFFER..... | 29 |
| 3.6 ONLINEKURSLABOR | 30 |
| 3.7 DIGITALER SCHULBESUCH | 31 |
| 4. NATIONALE SPIEGELUNG..... | 32 |
| 4.1 BAYERISCHER SCHULGEOGRAPHENTAG | 33 |
| 4.2 FÖRDERUNG VON JUNGEN MÄDCHEN UND FRAUEN | 34 |
| 4.3 BilRESS NETZWERKKONFERENZEN | 35 |
| 4.4 MINT:BARCAMP | 36 |
| 4.5 BESUCHE BEI DEN KOOPERATIONSPARTNER/-INNEN | 36 |
| 4.6 WOCHE DER UMWELT | 37 |
| 5. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT..... | 37 |
| 5.1 BROSCHÜREN, HANDREICHUNGEN, PLAKATE | 38 |
| 5.2 HOMEPAGE FLATSCREENJOURNEY..... | 39 |
| 5.3 SOCIAL MEDIA | 39 |
| 6. EVALUATION | 39 |
| 6.1 ERGEBNISSE DER EVALUATIONEN | 40 |
| 6.2 SCHLUSSFOLGERUNG | 42 |
| 7. VERSTETIGUNG..... | 43 |
| 8. FAZIT | 44 |
| ANHANG | 46 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| TABELLE 1 PROJEKTSTRUKTUR ÜBERSICHT..... | 9 |
| TABELLE 2 ABLAUF UND INHALT DES PRÄSENZ-WORKSHOPS | 19 |
| TABELLE 3 ONLINEFORTBILDUNG..... | 20 |
| TABELLE 4 PRÄSENZBESUCH IM DLR_SCHOOL_LAB UNI AUGSBURG..... | 21 |
| TABELLE 5 BESCHREIBUNG DER THEMENGEBIETE DER JEWEILIGEN ELEMENT-COMICS | 26 |
| TABELLE 6 ABLAUF UND INHALT DES DIGITALEN SCHULBESUCHS | 32 |
| TABELLE 7 VERANSTALTUNGEN ZUR NATIONALEN SPIEGELUNG DER PROJEKTINHALTE AN DIVERSE MULTIPLIKATOR/-INNEN | 33 |
| TABELLE 8 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND VERANSTALTUNGEN..... | 38 |
| TABELLE 9 MAßNAHMEN ZUR VERSTETIGUNG DER PROJEKTINHALTE | 43 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| AMU | <i>Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung</i> |
| AP | <i>Arbeitspaket</i> |
| BNE | <i>Bildung für nachhaltige Entwicklung</i> |
| DBU | <i>Deutsche Bundesstiftung Umwelt</i> |
| DLR | <i>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</i> |
| KMU | <i>Kleine und mittelständische Unternehmen</i> |
| SEE | <i>Seltenerdelemente, Seltene Erden</i> |

Zusammenfassung

Im Angesicht des technischen Fortschritts, globaler Wirtschafts- und Wertschöpfungsketten sowie mehr und mehr konsumorientierter Lebensstile kommt der Auseinandersetzung mit kritischen Metallen in der heutigen Zeit eine besondere Bedeutung zu. Als interdisziplinäre Bildungseinrichtung hatte das Anwenderzentrum Material und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Ressourcenstrategie der Universität Augsburg die Möglichkeit, die hochkomplexen Strukturen und Prozesse der Ressourcenwelt in einem Bildungsprojekt zu verbinden. Dieses traf im Lichte globaler Bewegungen, wie der *Fridays for Future*-Bewegung, die unter anderem auch einen bewusst-nachhaltigen Umgang mit Ressourcen fordern, auf fruchtbaren Boden in der Gesellschaft. Hier hat sich auch gezeigt, wie relevant und wichtig die Thematik insbesondere auch für die junge Zielgruppe der Schüler/-innen war.

Zielsetzung

Ziel des Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* war die Entwicklung von Bildungsmodulen, die sich am Konzept der Stoffgeschichten orientieren, aber zudem noch weit über diese Narrative hinausgehen. Dieses erweiterte Konzept wird „Stoffreise“ genannt, und wurde als Modulsystem aufgebaut. Dabei waren die Ziele die Gestaltung bundeslandunabhängiger Basismodule zur Abbildung der theoretischen Grundlagen, sowie eine Vertiefung mit regional angepassten Praxismodulen, die je nach Verfügbarkeit von Stationen vor Ort variieren. Insgesamt sollten die Reisstationen eines Stoffes entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur Nachnutzung abgebildet und erfahrbar gemacht werden. Die Zielgruppen sollten so die Möglichkeit bekommen, selbsttätig als Forscher/-innen aktiv zu werden und sich mit dem Thema „Umweltkritische Metalle, v. a. Seltene Erden“ nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch zu befassen.

Auf dieser Basis und den erarbeiteten und erfahrenen Sachverhalten sollte eine eigenverantwortliche und nachhaltige Entscheidungs- und Gestaltungskompetenz für einen zukunftsfähigen Umgang mit Flatscreens im engeren - und umweltkritischen Ressourcen im Weiteren - Sinne aufgebaut werden.

Strukturierung

Die folgende tabellarische Übersicht gibt einen kurzen Überblick über die im Projekt erarbeiteten Inhalte und die Erfüllung der gesetzten Ziele. Eine detaillierte Ausführung der einzelnen Arbeitspakete findet sich in Kapitel 1.4.

Auf Grund der Corona-Pandemie konnten die für das Jahr 2020 geplanten Schülerlaborbesuche, Projekttag, Beteiligungen an Tagungen etc. nicht wie geplant durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde ein Antrag auf kostenneutrale Projektverlängerung bis März 2021 gestellt. Während der kostenneutralen Verlängerung des Projekts wurde ein Online-Programm zu Seltenen Erden entwickelt und von ersten Pilotgruppen durchlaufen.

Tabelle 1 Projektstruktur Übersicht

| Arbeitspaket | Inhalt | Zielsetzung |
|--|---|--------------------|
| API Koordinierung und nationale Bewerbung Gesamtprojekt | Das Projekt wurde erfolgreich auf diversen Veranstaltungen und über weitere Kanäle beworben. Dazu wurden außerdem Flyer, Broschüren und eine Handreichung erstellt. Die Bewerbung über die Projekthomepage wird auch nach Projektende weitergeführt. | Erfüllt |
| APII Entwicklung Konzept und Ausarbeitung Lehrerworkshops | Erfolgreiche Konzeption und Durchführung von Fortbildungen für Lehrkräfte, sowohl in Präsenz als auch digital. Das Fortbildungsangebot bleibt auch nach Ende der Projektlaufzeit bestehen. | Erfüllt |
| APIII Inhaltliche Erarbeitung Basismodul, Erstellung Arbeitsunterlagen | Entwicklung einer zweigeteilten Handreichung für Lehrkräfte (Teil 1 Fachwissenschaft, Teil 2 Methodik, Didaktik); Ausgestaltung einer Reihe von Wissenschaftssachcomics und weiteren Arbeitsmaterialien. Alle Materialien bleiben nach Ende der Projektlaufzeit über die Projekthomepage als Download verfügbar. | Erfüllt |
| AP IV Inhaltliche Erarbeitung Schwerpunktmodule | Erfolgreiche Erarbeitung eines Schülerlabormoduls. Aufnahme des Moduls in das Programm des DLR_School_Labs nach Ende der Projektlaufzeit. | Erfüllt |
| AP V Konzeptionierung und Durchführung studienbegleitendes Praktikum | Konzeptionierung und Ausarbeitung eines Praktikumsmoduls. Durchführung verzögerte sich wegen Neubesetzung des Didaktiklehrstuhls und der globalen Pandemiesituation. Im Rahmen einer studentischen Zulassungsarbeit wurde ein Lehr-Lernkoffer entwickelt, der nach positiver Evaluation ins Projektangebot übernommen wurde | Teilweise erfüllt |
| AP VI Organisation Firmenexkursionen | Konzeptionierung und Durchführung mit einigen Schulklassen und Seminaren. Nachfrage allerdings auf Grund fehlender zeitlicher Ressourcen seitens der Schulen gering. | Teilweise erfüllt |
| AP VII Erstellung offene Lehr-Lern-Plattform | Entwicklung einer offenen Projekthomepage als HUB für alle Projektaktivitäten und Inhalte. Alle erarbeiteten Inhalte und Materialien sind über die Homepage auch nach Projektende verfügbar. Weitere Aktualisierung der Website auch nach Projektende. Bewerbung Fortbildungen und sonstiger Veranstaltungen. | Erfüllt |
| AP VIII Evaluierung und Erarbeitung einer Verstetigungsstrategie nach Projektende | Lernzuwachs und Korrektur bestehender Präkonzepte erkennbar, erfolgreiche Verstetigungsstrategie über Schülerlaborbaustein, Arbeitsmaterialien, bestehenden Kooperationen mit lokalen KMU und der nationalen Spiegelung des Gesamtkonzepts. | Erfüllt |

Fazit

Die Projektidee *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* konnte sehr erfolgreich umgesetzt werden. Die große Nachfrage durch Schulen, Lehrkräfte und weitere Bildungsakteure, die auch während der Corona-Pandemie und aktuell anhält, zeigt, dass das Projekt „den Zahn der Zeit“ getroffen hat. Gerade die praktische Auseinandersetzung mit Seltenen Erden im Schülerlaborkontext fand dabei großen Anklang. Ein haptisches (be)greifen möglich zu machen, ist für Schulen auf Grund fehlender zeitlicher und materieller Ressourcen kaum möglich, bei den im Projekt aufgegriffenen Bildungsinhalten aber unerlässlich.

Auf Grund der flexiblen Projektplanung konnte auf die im Frühjahr 2020 hereinbrechende Corona-Pandemie und Schließung von Schulen frühzeitig mit einem Online-Programm reagiert werden. Durch den großen Erfolg des Projekts und der anhaltenden Nachfrage wurden die entwickelten Bausteine zur Verstetigung in das Programm des DLR_School_Lab Uni Augsburg übernommen. Die im Projekt erarbeitenden Unterrichts- und Begleitmaterialien werden ebenfalls weiterhin zur Verfügung stehen. Derzeit wird die Weiterführung der Projektidee in einem anderen Kontext geprüft und Fördermöglichkeiten hierzu sondiert.

1. Projektaufbau

Mit dem Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* sollte die komplexe Thematik von umweltkritischen Materialien in Theorie und Praxis vermittelt werden. Der Protagonist war der Flatscreen (Flachbildschirm), der heute in verschiedensten Anwendungen und Formen genutzt wird. Der Flatscreen eignete sich besonders für dieses Bildungskonzept, da hier viele der gegenwärtig als umweltkritisch angesehenen Rohstoffe verbaut werden. Darunter das Seltenerdelement Neodym in den Lausprechern, Europium und Yttrium in den Leuchtstoffen; Kupfer, Indium und Selen in der Bildschirmbeschichtung; Gold, Silber, Palladium und Tantal in den Leiterplatten. Exemplifiziert wurden diese Probleme durch die Auswahl der genannten Metalle (Neodym, Europium, Gold, Indium, Palladium), welche einen Großteil der Risiken und Umweltbelastungen abbilden.

1.1 Zielsetzung

Ziel des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* war daher die Entwicklung von Bildungsmodulen, die sich am Konzept der Stoffgeschichten orientieren, aber zudem noch weit über diese Narrative hinausgehen. Zu diesem Zweck wurden neben dem theoretischen Grundgerüst mehrere praktische Einheiten angeboten, die alle Sinne ansprechen sollten und ein Be-Greifen und Erleben und damit fundiertes Verstehen ermöglichen. Dieses erweiterte Konzept wird „Stoffreise“ genannt. Dieses wurde als Modulsystem aufgebaut und beinhaltet verbindliche theoretische Grundlagenbausteine und dazu eine Auswahl an fakultativen praktischen Bausteinen. Dabei waren die Ziele die Gestaltung bundeslandunabhängiger Basismodule zur Abbildung der theoretischen Grundlagen, sowie eine Vertiefung mit regional angepassten Praxismodulen, die je nach Verfügbarkeit von Stationen vor Ort variieren. Darüber hinaus wurden je nach Zielgruppe (Mittel-, Real- und Berufsschule sowie Gymnasium) und zur Verfügung stehenden Unterrichtszeiten entsprechende Angebote variabel zusammengestellt und begleitet. Insgesamt sollten die Reisestationen eines Stoffes entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur Nachnutzung abgebildet und erfahrbar gemacht werden. Die Zielgruppen sollten so die Möglichkeit bekommen, selbsttätig als Forscher/-innen aktiv zu werden und sich mit dem Thema „Umweltkritische Metalle, v. a. Seltene Erden“ nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch zu befassen.

Auf dieser Basis und den erarbeiteten und erfahrenen Sachverhalten sollte eine eigenverantwortliche und nachhaltige Entscheidungs- und Gestaltungskompetenz für einen zukunftsfähigen Umgang mit Flatscreens im engeren - und umweltkritischen Ressourcen im Weiteren - Sinne aufgebaut werden.

1.2 Ausgangslage

In der Region Augsburg bestand bereits ein großes Bildungsnetzwerk, welches von der Universität Augsburg mitbegründet, intensiv gepflegt und über diverse Aktivitäten und Projekte immer weiter ausgebaut wurde und wird. Es bestanden aber auch bereits Schnittstellen und Kooperationen zu den lokal ansässigen, industriegeprägten Netzwerken wie zum Beispiel „tea“ (Transfereinrichtungen Augsburg), dem Carbon Composites e.V. sowie dem thematisch breit aufgestellten Industriepartnernetzwerk des AMU. Die bereits vorhandenen Strukturen erleichterten die Verbreitung von Bildungsinnovationen,

unterstützen die regionale Verankerung und länderübergreifende Spiegelung der Angebote und erleichterten die Einbindung von KMU in das Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen*.

Dabei existierte im Bildungsnetzwerk noch kein vergleichbares Projekt, welches sich mithilfe der innovativen Methode der Stoffreise mit einer BNE beschäftigte. Diese Lücke konnte das Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* erfolgreich schließen. Weiterhin wurde die Transferarbeit durch bereits bestehende Verbindungen intensiviert und erleichtert. Im Vergleich zur Ausgangslage konnten in der Projektlaufzeit neue, auch überregionale Kontakte geknüpft werden, die voraussichtlich auch nach Ende der Projektlaufzeit weiterhin Wissensaustausch betreiben und die Projektinhalte über gemeinsame Kanäle verbreiten werden.

1.3 Konzept

Um die abstrakte Welt der Rohstoffe begreifbar zu machen und Verknüpfungen zum Alltag herzustellen wurde die Methode der Stoffgeschichten als konzeptionelle Ausgangslage gewählt. Die Methodik wurde am Lehrstuhl für Ressourcenstrategie der Universität Augsburg entwickelt und zielt darauf ab, durch einen narrativen Aufbau einen „vereinfachten“, unterhaltsamen, aber vor allem auch ganzheitlichen Zugang zu einzelnen Stoffen und Produkten zu gewähren. Des Weiteren werden hier auch direkt fachwissenschaftliche mit kreativen Kompetenzen verbunden.

Darauf aufbauend wurde das Konzept der Stoffreise entwickelt, die dem Gesamtprojekt konzeptionell zur Grundlage diene. Die Stoffreise erweitert die Methode der Stoffgeschichten indem sie deren Inhalte aufnimmt, aber weit über die Narrativstruktur hinausgeht und die Lernenden auf eine tatsächliche Reise schickt.



Abbildung 1 Modularer Aufbau der Stoffreise mit dem Besuch im Schülerlabor als zentralem Element

Hierfür wurde ein Modulsystem entwickelt, das verbindliche theoretische Grundlagenbausteine beinhaltet und dazu eine Auswahl an fakultativen praktischen Bausteinen anbietet. Während die theoretischen Grundlagen (das Basismodul) über alle Länder und teilnehmenden Kommunen hinweg identisch und übertragbar sind, können die praktischen Bausteine (Vertiefungsmodule) je nach Verfügbarkeit von Stationen vor Ort angepasst werden. Darüber hinaus wurden je nach Zielgruppe (Mittel-, Real- und Berufsschule sowie Gymnasium) und zur Verfügung stehenden Unterrichtszeiten entsprechende Angebote variabel zusammengestellt und begleitet. Insgesamt sollen die Reistationen eines Stoffes entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur Nachnutzung abgebildet und erfahrbar gemacht werden. Die Zielgruppen sollten so die Möglichkeit bekommen, selbsttätig als Forscher/-innen aktiv zu werden und sich mit dem Thema „Umweltkritische Metalle, v.a. Seltene Erden“ nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch zu befassen.

1.4 Struktur

Das Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* wurde in acht Arbeitspaketen definiert. Insgesamt lässt sich festhalten, dass alle im Projekt avisierten Ziele, mit Ausnahme der Pakete AP V & VI im vollen Umfang erreicht wurden. Die Konzeption und Durchführung eines studienbegleitenden Praktikums (AP V) verzögerte sich aufgrund einer Neubesetzung des Lehrstuhls der Physikdidaktik und konnte nach Abschluss der Ausarbeitung aufgrund der Covid-19-Pandemie nicht in der Praxis erprobt werden. Ebenso wurden zwar Kooperationen zu den lokalen KMU hergestellt und die Exkursionen (AP VI) von einigen Klassen durchgeführt, allerdings war die Nachfrage nach außeruniversitären Exkursionsmöglichkeiten seitens der Schulen auf Grund fehlender zeitlicher Ressourcensehr gering, sodass sowohl AP V und AP VI als teilweise erfüllt eingestuft werden.

Auf Grund der Corona-Pandemie konnten die für das Jahr 2020 geplanten Schülerlaborbesuche, Projektstage, Beteiligungen an Tagungen etc. nicht wie geplant durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde ein Antrag auf kostenneutrale Projektverlängerung bis März 2021 gestellt. Während der kostenneutralen Verlängerung des Projekts wurde ein Online-Programm zu Seltenen Erden entwickelt und von ersten Pilotgruppen durchlaufen.

AP I: Koordinierung und nationale Bewerbung Gesamtprojekt

Das Projekt wurde auf einer Reihe von Messen, Tagungen und anderen öffentlichen Veranstaltungen beworben und vorgestellt. Dabei nahm das DLR_School_Lab immer mindestens die Rolle eines Ausstellers ein, oft wurden auch Workshops angeboten, in denen Interessierte die Projektinhalte „hands-on“ erleben konnten. Eine exakte Aufstellung aller besuchten Veranstaltungen wird in Kapitel 5. erläutert.

Zusätzlich wurden Flyer, Broschüren und eine zweiteilige Handreichung für Lehrkräfte entworfen. Sämtliches Material ist sowohl als digitale, als auch als Druckversion frei über die Projekthomepage erhältlich. Eine genaue Beschreibung und Aufstellung aller Materialien findet sich in den Kapitel 3.4 (Handreichung), 5. (Öffentlichkeitsarbeit) und im Anhang. Handreichung und digitale Materialien bleiben auch nach Projektende kostenfrei verfügbar und tragen so zu einer weiterführenden Bewerbung der Projektinhalte bei. Die in API gesetzten Ziele wurden im vollen Umfang erreicht.

AP II: Entwicklung Konzept und Ausarbeitung Lehrerworkshops, Ausbau Netzwerk

Auf die Weiterbildung der Lehrkräfte als Multiplikator/-innen wurde ein besonderes Augenmerk gelegt. Dazu wurde ein didaktisches Weiterbildungskonzept für einen Workshop entwickelt (Kap. 2.1 & Anhang). Die Fortbildungen wurden im Halbtags- und Ganztagsformat angeboten und sollten den Lehrkräften die notwendigen fachwissenschaftlichen Inhalte, sowie das Praxiswissen vermitteln. Des Weiteren wurde ein Onlinefortbildungsformat konzipiert und erfolgreich durchgeführt. So konnten auch Lehrkräfte auf nationaler Ebene erreicht werden.

Über die Fortbildungen wurden Kontakte zu einzelnen Lehrpersonen hergestellt, die das Präsenzprogramm im DLR_School_Lab regelmäßig mit Schulklassen besuchten. Insgesamt haben 100 Lehrkräfte die zehn angebotenen Fortbildungen besucht.

Die Fortbildungen wurden in Kooperation mit Projektpartner Dr. Volker Zepf durchgeführt, der den fachwissenschaftlichen Part übernahm. Nach Ende der Projektlaufzeit werden weiterhin Fortbildungen beworben und angeboten. Die fachwissenschaftlichen Inhalte werden dann von Mitarbeitern des DLR_School_Lab vermittelt.

Insgesamt haben die Fortbildungen so einen essentiellen Teil zur Verwirklichung der Stoffreise beigetragen und sind auch in Zukunft Teil der Verstetigungsstrategie.

AP III: Inhaltliche Erarbeitung Basismodul, Erstellung Arbeitsunterlagen

Es wurden eine Reihe von Wissenschaftssachcomics zu den einzelnen Elementen entwickelt und graphisch ausgestaltet. Hier wurde der Agentur mintwissen zugearbeitet, welche die Ausarbeitung übernahm. Die Comics stehen sowohl als Druckversion, als auch als digitale (browserbasiert und pdf) Version zur Verfügung. Außerdem wurden weitere Arbeitsmaterialien mit Bezug auf die Wissenschaftssachcomics entwickelt.

Des Weiteren wurde eine Handreichung für Lehrkräfte entwickelt (Dr. Volker Zepf), in der fachwissenschaftliche Inhalte und didaktische Überlegungen vereint waren. Um die Reichweite der Handreichung zu erhöhen, wurde sie in einer zweiten Druckauflage in zwei Teile (1. Fachwissenschaft, 2. Methodik, Didaktik) geteilt, um so Lehrkräfte und Nicht-Lehrkräfte gleichermaßen anzusprechen.

Die Handreichungen, Comics und sämtliche weiteren Materialien stehen auch nach Ende der Projektlaufzeit kostenfrei als Download auf der Projekthomepage zur Verfügung und dienen so einer nachhaltigen Verstetigung.

Insgesamt lässt sich AP III als vollständig erfüllt einstufen.

AP IV: Inhaltliche Erarbeitung Schwerpunktmodule

Für den Besuch im DLR_School_Lab Uni Augsburg wurde ein Modul entwickelt. Dabei wurde darauf geachtet, Theorie und Praxis möglichst gewinnbringend zu verbinden. Hier stand insbesondere das physische Auseinandernehmen präparierter Flatscreens (quecksilberhaltige Leuchtstoffröhren wurden zuvor von Mitarbeiter/-innen des AMU entfernt) im Mittelpunkt und stieß auf große Begeisterung bei den Teilnehmenden. Das Präsenzprogramm wurde für mehrere Niveaustufen konzipiert und kann so von Schulklassen der 8. bis zur 12. Klassenstufe, sowie Berufsschüler/-innen durchgeführt werden.

Mit Beginn der Covid-19-Pandemie im Frühjahr 2020 wurde der Präsenzbetrieb vorübergehend ausgesetzt und ein digitales Alternativkonzept entwickelt (Kapitel. 3.6 & 3.7) und von ersten Pilotklassen durchlaufen. Unterstützend wurden Lernkoffer mit bereits

vorzerlegten Flatscreens entwickelt, die sowohl im normalen Präsenzunterricht als auch in digitalen Formaten – insofern die Klassen aus der Schule teilnehmen – eingesetzt werden können. Insgesamt haben ca. 800 Schüler/-innen die Programme durchlaufen.

Sowohl der Präsenzbaustein als auch die digitalen Angebote bleiben auch nach Ende der Projektlaufzeit Teil des Angebots des DLR_School_Lab Uni Augsburg und sind somit Teil einer erfolgreichen Verstetigungsstrategie. Damit wurde das AP IV im vollsten Umfang erfüllt und sogar durch weitere Angebote ergänzt.

AP V: Konzeptionierung und Durchführung studienbegleitendes Praktikum

Um Studierende als „Reiseleiter/-innen“ in die Stoffreise einzubinden wurde ein Konzept für ein studienbegleitendes Praktikum erarbeitet. Dies fand in Kooperation mit dem Lehrstuhl der Didaktik der Physik statt. Da dieser zum Zeitpunkt des Projektbeginns in einer Reorganisationsphase war, verzögerten sich Konzeption und Ausarbeitung des Praktikums. Mit Ende der Projektlaufzeit sind Konzeptionierung und Ausarbeitung abgeschlossen und erste Praktikumsgruppen könnten das Programm durchlaufen. Durch den Beginn der Covid-19-Pandemie im Frühjahr 2020 und der damit ausfallenden Präsenzlehre an der Universität Augsburg konnten in der Praxis noch keine Gruppen das Praktikum durchlaufen. Nach Rückkehr zur Präsenzlehre ist jedoch geplant, erste Studierende zu „Reiseleiter/-innen“ auszubilden.

Im gleichen Zuge wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Grundschulpädagogik ein themenverwandtes Seminar zur Vermittlung einer BNE entwickelt und erfolgreich durchgeführt. Dieses Seminar wird das Lehrangebot der Universität Augsburg auch nach Ende der Projektlaufzeit ergänzen.

Insgesamt haben äußere Umstände das AP V beeinträchtigt. Da dennoch ein vollständig ausgearbeitetes Konzept, sowie ein themenverwandtes Seminar konzipiert und durchgeführt werden konnten, kann auch dieses AP als teilweise erfüllt eingestuft werden.

AP VI: Organisation Firmenexkursionen

Zur Vertiefung der im Basismodul erarbeiteten Inhalte wurde den Schulklassen angeboten, lokale KMU zu besuchen und dort die behandelten Themen anwendungsbezogen kennenzulernen. Die anfängliche Koordination und Betreuung fand dabei durch Mitarbeiter/-innen des DLR_School_Lab statt. Erste erfolgreiche Exkursionen fanden zur AVA Augsburg und den AWS Augsburg statt. Da die bayerischen Lehrpläne jedoch nur wenig Zeit für außerschulische Exkursionen zulassen, wurde das Angebot allerdings nur selten wahrgenommen. Mit Beginn der Covid-19-Pandemie konnte das Angebot ab Frühjahr 2020 nicht mehr angeboten werden. Insgesamt bedarf es für den wertvollen Gedanken, die Inhalte auch anwendungsbezogen zu festigen, eine auf die bayerischen Lehrpläne abgestimmte Anpassung. Die Kooperation mit den lokalen KMU bleibt jedoch auch nach Projektende bestehen. Somit kann das AP VI als teilweise erreicht eingestuft werden.

AP VII: Erstellung offene Lehr-Lern-Plattform

Nach einer anfänglichen Konzeptionsphase wurde in kurzer Zeit eine Projekthomepage¹ entworfen, auf der die im Projekt erarbeiteten Inhalte und Materialien, sowie

¹ <https://www.flatscreenjourney.de/>

Erfahrungsberichte von Schüler/-innen und Expert/-inneninterviews zur Verfügung stehen sollten. Die Projekthomepage wurde während der Projektlaufzeit stetig ergänzt, auf Nutzer/-innenfreundlichkeit evaluiert und angepasst. Eine Kombination der Homepage mit einer interaktiven Karte stellte sich im Kosten-Nutzen-Verhältnis nicht als gewinnbringend heraus und wurde daher verworfen. Stattdessen wurde das anfänglich rudimentäre Design der Homepage überarbeitet, modernisiert und auf Nutzer/-innenfreundlichkeit verbessert. Die Projekthomepage wird auch nach Ende der Projektlaufzeit im Sinne einer nachhaltigen Verstetigungsstrategie mit Inhalten ergänzt werden. Ebenso werden dort weiterhin auch Fortbildungen und andere Veranstaltungstermine veröffentlicht, sodass die Homepage auch der Öffentlichkeitsarbeit, der nationalen Spiegelung und Bewerbung dient. Die Erstellung der offenen Lehr-Lern-Plattform war ein voller Erfolg. Daher kann auch AP VII als voll erfüllt eingestuft werden.

AP VIII: Evaluierung und Erarbeitung einer Verstetigungsstrategie nach Projektende

Die Evaluation der Projektinhalte war ein zentrales Mittel zur Wirksamkeitsüberprüfung und Verbesserung der Angebote. Dazu wurden im Präsenzprogramm jeweils ein Prä- und ein Postevaluationsbogen zur Überprüfung des Vorwissens, des Lernzuwachses, sowie der methodologischen Evaluation verwendet (Kap. 6 & Anhang). Hieraus ergab sich, dass das mangelnde bzw. vage Vorwissen im Laufe der Veranstaltung konkretisiert wurde. Insbesondere konnte der Irrglaube zur Seltenheit der Elemente korrigiert, wie auch das Bewusstsein für damit verbundene mögliche Umweltprobleme vergrößert werden. Des Weiteren konnte das Wissen um das Vorhandensein von Seltenen Erden in vielen technischen und elektrischen Anwendungen und den eigenen Handlungsmöglichkeiten weitergegeben werden.

Aufbauend auf den Evaluationen und Feedback wurden die Angebote weiter angepasst. Insbesondere die neuen digitalen Angebote werden momentan und auch nach Ende der Projektlaufzeit weiter intensiv evaluiert und verbessert.

Sämtliche erarbeiteten Materialien, Inhalte und Konzepte bleiben auch nach Ende der Projektlaufzeit im Angebot des DLR_School_Lab Uni Augsburg erhalten und dienen somit der Verstetigung. Weiterhin wurden diese auch national über Tagungen, Workshops und weitere Veranstaltungen zu anderen Bildungsakteuren gespiegelt. Dabei lag der Fokus vor allem auf den Kooperationspartner/-innen, die mit dem Unterschreiben eines LOI ihr Interesse geäußert haben.

Insgesamt wurden die Formate erfolgreich evaluiert, verstetigt und über verschiedene Kanäle auch national gespiegelt und verbreitet. Daher lässt sich das AP VIII als erfüllt einstufen.

1.5 Projektpartner

Im Projektverbund ergaben sich Änderungen zum beantragten Projekt. Ursprünglich war es vorgesehen, dass der Lehrstuhl für Ressourcenstrategie mit seiner Mitarbeitenden PD Dr. habil. Claudia Schmidt im Wesentlichen die inhaltliche Bearbeitung der unter Kapitel 1.4 genannten Arbeitspakete übernimmt. Die genannte Person verließ die Universität Augsburg nach der Bewilligung des Projekts. Aus diesem Grund übernahm der Geschäftsbereich MINT_Bildung der Universität Augsburg in Zusammenarbeit und mit fachlicher Beratung von Prof. Dr. Armin Reller und Dr. Volker Zepf als externer Projektpartner die Bearbeitung des Projekts.

AMU – DLR_School_Lab Uni Augsburg

Das *Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung* war für die Koordination der Projektinhalte, sowie die didaktische Umsetzung aller in Kapitel 1.4 aufgeführten Arbeitspakete verantwortlich. Im Oktober 2020 wurde das Schülerlabor der Universität Augsburg durch eine Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt offiziell in *DLR_School_Lab Uni Augsburg*² umbenannt.

Institut Dr. Volker Zepf (Kooperationspartner)

Dr. Volker Zepf hat als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Augsburg den Themenschwerpunkt Seltene Erden mit entwickelt. Seine Dissertation zu den Seltenen Erden wurde in englischer Sprache verfasst, im Springer Verlag publiziert, prämiert und verzeichnete Ende 2016 mehr als 10.000 Downloads. Als Mitglied im Projektbeirat „Umweltfrage der Rohstoffpolitik“ berät er das Umweltbundesamt sowie die Europäische Kommission im Rahmen der Critical Raw Materials Initiative. Diverse Publikationen zum Thema³ sowie Vorträge und Workshops in Deutschland und angrenzenden Ländern wurden und werden gehalten.

Dr. Volker Zepf bietet mit seinem privaten Unternehmen Beratungen, Workshops und Studienbegleitung, besonders zu den Seltenen Erden an. Die Abteilung closetheloop.de ergänzt die beratende und theoretische Arbeit durch einen praktischen Werkanteil mit dem Ziel, den Materialkreislauf des Seltenerdelements Neodym zu schließen. Mehrere Forschungen zu Recyclingverfahren von Seltenen Erden aus Elektromotoren ergaben⁴ bislang keine umsetzungswürdigen Verfahren. [Closetheloop.de](http://closetheloop.de) verfolgt einen anderen Ansatz und geht von einer Vorzerlegung von Elektroaltgeräten aus, bei der zwar global gesehen zunächst keine relevanten Mengen Neodym gewonnen werden können. Dennoch sollen Verfahren und Kenntnisse entwickelt werden, mit denen ein Recycling in verschiedenen Skalierungen ökonomisch realisiert werden kann. Hierzu besteht ein Netzwerk mit Partnern aus der Industrie, der Wertstoff- und Recyclingbranche sowie der Wissenschaft. Ebenso besteht eine Kooperation mit den Augsburger Schöfflerbachwerkstätten (www.schaefflerbachwerkstaetten.de), einer Einrichtung für Menschen mit Behinderung, in deren Industriegruppe Computerfestplatten zerlegt werden.

Im Rahmen des Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* war Dr. Zepf für die fachwissenschaftliche Unterstützung und Expertise zuständig. Er unterstützte das Projekt bei der Konzeption und Durchführung der Fortbildungen für Lehrkräfte, sowie der inhaltlichen Erarbeitung und Ausgestaltung der Grundlagen- und Schwerpunktmodule. Dabei war seine

² https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/school_lab/

³ z.B.: Zepf V., Reller A., Rennie C., Ashfield M., Simmons J. (2014): *Materials critical to the energy industry. An introduction*. 2nd edition, London, 90 p. .

Zepf V. (2015): *Seltene Erden - umkämpfte Rohstoffe für Gegenwart und Zukunft*. In: *Technisches Museum Wien [Hrsg.]: Blätter für Technikgeschichte*. Band 77. Materialien. S. 101-121.

Zepf V. (2015): *An Overview of the Usefulness and Strategic Value of Rare Earth Metals*. In: *Borges de Lima & Leal Filho [Eds.]: Rare Earth Industry: Technological, Economic, and Environmental Implications*. Elsevier, Amsterdam et al., p. 3 - 17.

⁴ z.B. MORE-Projekt: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/n/projekte/MORE_de.php und Abschlussbericht: https://www.ifa.tu-clausthal.de/fileadmin/Aufbereitung/Dokumente_News_ETC/MORE_Abschlussbericht.pdf
R4-Forschungsprojekt unter der Leitung der TU Clausthal: <https://www.tu-clausthal.de/presse/nachrichten/details/1854.html>

fachwissenschaftliche Expertise auch für die Gestaltung der offenen Lehr-Lernplattform von großem Wert.

Agentur mintwissen (Unterauftrag)

Alexandra Hamann ist Mediendesignerin und leitet seit 2001 die Agentur mintwissen für Bildungsmedien und Wissenschaftskommunikation in Berlin. Sie ist Herausgeberin und Autorin von wissenschaftlichen Sachcomics wie „Die große Transformation. Klima - kriegen wir die Kurve“ in Zusammenarbeit mit der Freien Universität Berlin für den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen WBGU und der Comic Anthologie „Anthropozän – 30 Meilensteine in ein neues Erdzeitalter“, die im Auftrag des Rachel Carson Centers München für die Sonderausstellung „Willkommen im Anthropozän“ des Deutschen Museums entstanden ist. Alexandra Hamann koordinierte als freie Mitarbeiterin des Exzellenzclusters „Bild Wissen Gestaltung“ ein interaktives Labor der Humboldt-Universität in Berlin, die Produktion der Comic-Publikation „Die Anthropozän-Küche“, kümmerte sich um die Auswahl der international besetzten Comic Künstler und leitete die Schnittstelle zwischen den drei Bereichen Wissenschaft, Kunst und expert citizen. Ferner entstanden 2016 für die Kardiologie der Charité Berlin eine Patientenaufklärung im Comicformat, die gerade in einer klinischen Studie beforscht wird und für den WBGU „Der urbane Planet“ - die Umsetzung ihres letzten Hauptgutachtens zur Urbanisierung.

Alexandra Hamann entwickelte mit der fachlichen Unterstützung von Dr. Volker Zepf die Szenarien der Wissenschaftssachcomics und setzte diese grafisch um.

2. Gestaltung der Stoffreise

Aufbauend auf dem Stoffgeschichten-Konzept wurde das Prinzip der Stoffreise für die Projektzwecke entwickelt. Dabei sollten die Lernenden auf einer Bildungsreise durch die Elementwelt des Flatscreens alle Facetten eben jenes erfahren. Wie aus dem Konzept (2.1) entnommen werden kann, war der erste Schritt der Stoffreise die Ausbildung der Lehrkräfte als Multiplikator/-innen. Der zweite Schritt war der Besuch im DLR_School_Lab Uni Augsburg, während dem die Schüler/-innen die Elementwelt des Flatscreens „hands-on“ erfahren konnten. Die gelernten Inhalte konnten dann in einem Vertiefungsmodul anwendungsbezogen vertieft werden. Dazu wurden Kooperationen mit lokalen KMU eingerichtet und diese damit in die Nachhaltigkeitsbildung mit einbezogen. Zusätzlich wurden eine Reihe von Medien und Materialien entworfen, die im Laufe der Stoffreise entweder als Unterstützung, oder zur Vor- bzw. Nachbereitung verwendet werden können. Diese werden in Kapitel 3. genauer erläutert.

Die einzelnen Bestandteile der Stoffreise, sowie weitere Maßnahmen zur Ausbildung von studentischen Multiplikator/-innen sollen im Folgenden dargelegt werden.

2.1 Fortbildungen für Lehrkräfte

Am Anfang der Stoffreise stand die Ausbildung der Lehrkräfte als Multiplikator/-innen. Dazu erhielten die Lehrkräfte eine Einführung in die Thematik des Flatscreens, der Stoffgeschichten sowie der Seltenen Erden und weiteren ausgewählten umweltkritischen Rohstoffen. Im Rahmen der Fortbildungen wurden ihnen Informationen, Methoden und Inhalte vermittelt, um anschließend das komplexe Thema im eigenen Unterricht erarbeiten oder präsentieren zu

können. Dies wurde zum einen als Selbstzweck durchgeführt als auch als Vorbereitung für den Besuch im DLR_School_Lab Uni Augsburg.

Im Sinne einer nationalen Spiegelung und Anwendbarkeit wurden die Fortbildungen sowohl in Präsenz als auch als Onlineveranstaltungen angeboten. Im Präsenz-Workshop erhielten die Lehrkräfte die Möglichkeit, das Programm selbst vollständig zu durchlaufen, während sich die Onlinefortbildungen rein theoretisch mit der Materie beschäftigten. Insofern wurden die Präsenz-Workshops als Halb- bzw. Ganztagsprogramme durchgeführt, während die Onlinefortbildungen als zwei einstündige Workshops angeboten wurden.

Im Folgenden werden Aufbau und Konzept der Fortbildungen überblicksartig dargestellt. Eine ausführliche Erläuterung des didaktischen Konzepts ist im Anhang zu finden.

Tabelle 2 Ablauf und Inhalt des Präsenz-Workshops

| Präsenz-Workshop | |
|--|---|
| Theorie: Einführung in das Konzept der Stoffgeschichten | Die Lehrkräfte erhalten einen Einblick in Geschichte, Konzept, Wirkung und Anwendungsbereiche der Methode der Stoffgeschichten |
| Theorie: Einführung in die Elemente der Seltenen Erden und kritischen Metalle | Die Lehrkräfte erhalten einen fachwissenschaftlichen Einblick in die Seltenerdelemente und die kritischen Elemente Gold, Indium und Palladium |
| Theorie: Einführung in die im Flatscreen verbauten Rohstoffe | Die Lehrkräfte erhalten einen anwendungsbezogenen Einblick in die Elementwelt des Flatscreens |
| Praxis: Zerlegen eines Flatscreens | Die Lehrkräfte erhalten die Möglichkeit, selbstständig das Auseinandernehmen eines Flatscreens zu erfahren |
| Praxis: Erstellen einer Stoffgeschichte | Die Lehrkräfte erstellen selbstständig eine Stoffgeschichte zu einem der ausgewählten fünf Elemente |
| Austausch über Einsatzmöglichkeiten | Die Lehrkräfte tauschen sich gegenseitig und mit den Projektbetreuer/-innen über die Möglichkeiten zur Anwendung der Methode und Thematik im Unterricht aus |

Die Onlinefortbildungen wurden in einen theoretisch-fachwissenschaftlichen Teil und einen methodisch-orientierten Teil aufgespalten. So konnten auch nicht-schulische Multiplikator/-innen für Fortbildungen begeistert werden. Beide Teile wurden in einem jeweils einstündigen Onlineworkshop abgehalten. Dabei wurde der fachwissenschaftliche Part durch den Projektpartner Dr. Volker Zepf (Institut Volker Zepf) konzipiert und durchgeführt.

Während der Projektlaufzeit fanden zehn Lehrkräftefortbildungen statt, an denen ca. 100 Lehrkräfte teilgenommen haben.

Das Fortbildungsprogramm⁵ wurde auch nach Ende der Projektlaufzeit beibehalten und wird auch weiterhin im Sinne einer Verstetigungsstrategie angeboten. Dabei werden die Fortbildungen sowohl über Schülerlaborverteiler, die Plattform fibs und die Projekthomepage beworben.

⁵ <https://www.flatscreenjourney.de/teachertraining.php>

Tabelle 3 Onlinefortbildung

| Onlinefortbildung | |
|---|---|
| Teil 1: Fachwissenschaft | Auf der Reise durch Vergangenheit (Bergbau/Abbau), Gegenwart (Nutzung der Bildschirme) und Zukunft (Re-Cycling, Dissipation) der Stoffe, lernen die Lehrenden nicht nur den unbewussten alltäglichen Gebrauch der Stoffe kennen, sondern die Geschichten, Orte und Menschen, die hinter den Materialien stecken. |
| Teil 2: Methodik, Medien und Vermittlung | Durch die Änderung der Lehr-/Lernanforderungen (ab Frühjahr 2020 auch aufgrund der Covid-19-Pandemie) wurden den Lehrenden Möglichkeiten vorgestellt, wie diese ihren Schüler/-innen das komplexe Thema sowohl in Präsenz- als auch mittels Onlineangeboten näherbringen können. Dazu wurden im Rahmen der Fortbildungen folgende Konkrete Methoden und Medien, sowie deren Anwendungsmöglichkeiten im Unterricht, vorgestellt: <ul style="list-style-type: none"> • Handreichung • Stoffgeschichten • Wissenschaftssachcomics • Onlinekurslabor • Lehr-Lernkoffer |

2.2 Präsenzbaustein im DLR_School_Lab Uni Augsburg

Inhaltlich zielt der Programmbaustein „Schülerlabor“ darauf ab, den Schüler/-innen die Seltenerdeelemente (SEE) und kritischen Metalle näher zu bringen und ihnen ein (be)greifen zu ermöglichen. Dabei sollten Sie sowohl die Begrifflichkeiten als auch die Einordnung der Elemente kennen lernen und die Verortung dieser im Periodensystem vermittelt bekommen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sollte den Teilnehmenden die Möglichkeit zur Reflexion aller mit dem Abbau und der Verwendung von SEE und kritischen Metallen verbundenen Schwierigkeiten gegeben werden. Über den Einblick in die Wertschöpfungskette wurden die Schüler/-innen dazu angeleitet, ihr eigenes Handeln reflektieren und eigene Handlungsmöglichkeiten verstehen.

Der Ablauf des Präsenzbausteins war für einen gesamten Vormittag konzipiert, konnte aber im Rahmen kürzerer oder längerer Veranstaltungen angepasst werden. In der folgenden Übersicht wird kurz der typische Laborbesuch skizziert:

Tabelle 4 Präsenzbesuch im DLR_School_Lab Uni Augsburg

| Präsenzbesuch im DLR_School_Lab Uni Augsburg | |
|---|---|
| Begrüßung | Die Schüler/-innen kommen ans DLR_School_Lab Uni Augsburg und werden dort vom betreuenden Projektteam begrüßt. |
| Theoretische Einführung | Nach Ausfüllen einer Vorab-Evaluation erhalten die Schüler/-innen eine kurze theoretische Einführung zu Themen rund um die Elementwelt der Flatscreens und der Seltenen Erden |
| Pause | |
| Praxis: Auseinanderbauen der Flatscreens | Nachdem die Schüler/-innen ihre Schutzausrüstung angelegt haben finden sie sich in Vierergruppen und zerlegen selbstständig den Flachbildschirm*. Dabei werden die einzelnen Bestandteile genau betrachtet und deren Funktion im Bildschirm nachvollzogen |
| Pause | |
| Nachhaltigkeit, Recycling & Handlungsmöglichkeiten | Das Recycling von Flatscreens wird betrachtet und eigenen Handlungsmöglichkeiten im Sinne des zuvor diskutierten Nachhaltigkeitskonzepts werden entdeckt. |
| Verabschiedung | Nach Ausfüllen einer Abschluss-Evaluation findet eine gemeinsame Verabschiedung statt. |

**Dieser wurde vorher so präpariert, dass die Schüler/-innen gefahrlos damit arbeiten können. Das heißt, es wurden die quecksilberhaltigen Leuchtstoffröhren (CCFL = Cold Cathode Fluorescent Lamp) entfernt und durch Kunststoffröhrchen ersetzt. Die Röhrchen dienen dazu, trotz des Fehlens der Leuchtstoffröhren also des Leuchtmittels zur Bilderzeugung, deren eigentlichen Platz im Bildschirm zu erkennen. Insgesamt wurden für die Schüler/-innen, Lehrkräfte und diverse Veranstaltungen ca. 300 Bildschirme präpariert.*

Durch Aufzeigen der verschiedensten Aspekte, welche mit Seltenen Erden und kritischen Metallen in Verbindung gebracht werden können, wurde auch auf die vielen Möglichkeiten der MINT-Themenfelder eingegangen. Durch die selbstständige Arbeit im Labor und an den Flachbildschirmen hatten die Schüler/-innen die Möglichkeit, Erfahrungen im Labor zu sammeln und konnten gleichzeitig ihr Selbstwirksamkeitserleben fördern. Mit der Erläuterung der technischen Aspekte eines Bildschirms, beispielsweise die Elektrotechnik zur Verschaltung und Ansteuerung der einzelnen Pixel in den Bildschirmen, wurde den Schüler/-innen einen Einblick in die notwendige Interdisziplinarität (Physik, Chemie, Elektrotechnik, Geographie), die für die Herstellung eines Flachbildschirms unabdingbar ist, ermöglicht.



Abbildung 2 Teile der zerlegten Flatscreens (Fotos: Dr. Volker Zepf)

Insgesamt haben ca. 800 Schüler/-innen während der Projektlaufzeit am Bildungsprogramm *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen*, teilgenommen. Dabei waren alle Schularten (Mittelschule, Realschule, Gymnasium) ab der 8. Jahrgangsstufe vertreten. Nachfolgende Graphik zeigt die Verteilung der Schüler/-innen auf die jeweilige Schulart. So kamen etwa die Hälfte der Schüler/-innen von Gymnasien und ca. 40% von der Realschule. Die Mittelschule nimmt mit 12% den geringsten Anteil an Schüler/-innen ein, die das Schülerlabor besuchten.

Das Präsenzprogramm wurde mit Ende der Projektlaufzeit als dauerhafter Baustein in das Programm des DLR_School_Lab Uni Augsburg übernommen und somit verstetigt. Dabei wurde es strukturell nach den Vorgaben des DLR angepasst, sodass die theoretische Einführung in Form einer Selbstlernphase stattfindet.

2.3 P-Seminare

Im Rahmen des Projekts wurde auch die fachliche Betreuung von P-Seminaren angeboten. Die Koordination lag dabei bei den jeweiligen Lehrkräften, während das Team des DLR_School_Labs fachlich beriet und praktische Exkursionen zu lokalen KMU organisierte und begleitete.

Das Angebot wurde von zwei Schulen wahrgenommen. Das Augsburger Gymnasium Maria Stern wurde intensiv betreut. Dafür wurde zunächst in der Schule ein Workshop für die Lehrkräfte (vgl. Kap 2.1) durchgeführt; anschließend besuchte das P-Seminar an zwei Terminen das School_Lab und durchlief dort zum einen den Präsenzbaustein (vgl. Kap. 2.2) und erhielt darüber hinaus an einem zweiten Termin einen vertieften fachlichen Einblick in die Thematik der Seltenen Erden. Bei der vom P-Seminar Maria Stern geplanten Ausstellung zum Thema Seltene Erden, die an der Universität Augsburg stattfinden sollte, unterstützte das AMU das Seminar sowohl fachlich als auch organisatorisch. Diese konnte allerdings aufgrund der Covid-19-Pandemie nicht wie geplant im Frühjahr 2020 stattfinden.

Neben dem Gymnasium Maria Stern plante auch das Gymnasium Mering die Durchführung eines P-Seminars zum Thema Seltene Erden. Hier verhinderten die veränderte globale Pandemielage und die sich daraus ergebenden Folgen für den Schul- und Universitätsbetrieb die praktische Durchführung des Seminars.

P-Seminare sind ein wichtiger Bestandteil der wissenschaftlichen (Arbeits-)Bildung von Jugendlichen. Aus diesem Grund, wie auch aufgrund der positiven Resonanz der Partnerschulen wird auch nach Ende der offiziellen Projektlaufzeit weiterhin das Angebot der fachlichen Unterstützung im Rahmen von P-Seminaren bestehen bleiben.

2.4 Zusammenarbeit mit lokalen KMU

Als weitere Vertiefungsmöglichkeit wurden nach den bereits im Unterricht und/oder dem Schülerlabor vermittelten Inhalten auch Exkursionsmöglichkeiten zu unterschiedlichen Kooperationspartnern und lokalen KMU ermöglicht. Durch diese sollte die Auseinandersetzung mit den Rohstoffen bzw. dem Bildschirm noch intensiviert werden. Im Folgenden soll kurz ein beispielhafter Exkursionsablauf zum Abfallwirtschaft- und Stadtreinigungsbetrieb der Stadt Augsburg (AWS) skizziert werden:

Nach kurzer Erläuterung der Aufgaben des Unternehmens begann die Führung über den Wertstoffhof. Dabei erfuhren die Schüler/-innen, wie wichtig die Trennung unterschiedlicher Müllfraktionen ist und wo Recyclingpotential besteht. Im Bereich der Elektroschrottabgabe konnte direkt nachvollzogen werden, wo die Altgeräte (Flachbildschirme und Handys) Zwischenstopps auf ihrem weiteren Weg, nach dem Ende ihrer Nutzungszeit, einlegen. Allein durch die vor Ort gesammelte Menge, konnte bereits die Vorstellung von den darin vorhandenen Ressourcen, verdeutlicht werden.

Die ersten Exkursionen wurden vom Projektteam betreut. Die meisten Schulen, die das Flatscreen-Programm buchten, gaben an, nicht genügend zeitliche Ressourcen für eine weitere Exkursion zu haben. Aus diesem Grund wurde die weitere Planung und Durchführung der Besuche von den Lehrkräften selbst vorgenommen. Das Projektteam stand den Lehrkräften beratend und vermittelnd zur Seite.



Abbildung 3 Besuch des Wertstoffhofes mit einem P-Seminar

Die Kooperationen mit den lokalen KMU bleiben auch nach Ende der Projektlaufzeit erhalten und ergänzen weiterhin das Programm der Stoffreise im Sinne einer projektüberdauernden Verstetigungsstrategie. Über das DLR_School_Lab wird auch weiterhin für die Exkursionsmöglichkeiten Werbung gemacht.

2.5 Studienbegleitendes Praktikum

Für die Durchführung des Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* sollten Lehramtsstudierende der Physik- und Chemiedidaktik sowie der Geographie in die Planung integriert werden. Für sie sollte ein spezielles Programm angeboten werden, welches sie befähigt, bei den Schulklassen als „Reiseleiter/-innen“ zu fungieren. Ziel war es, den angehenden Lehrkräften einen zusätzlichen Praxiszugang zu ihrem späteren Beruf zu gewähren und sie gleichzeitig als Multiplikator/-innen für allgemeinbildende Schulen auszubilden.

Durch eine Verzögerung bei der Neubesetzung des Lehrstuhls der Didaktik der Physik konnte die Konzeption des Praktikums erst zu einem späten Projektzeitpunkt realisiert werden. Auf Grund der aktuellen Pandemielage konnte das studienbegleitende Praktikum noch nicht durchgeführt werden. Um Studierende in die Projektarbeit einbinden zu können, wurden Themen für Zulassungsarbeiten vergeben. Aus einer solchen Zulassungsarbeit entstand der Lehr-Lernkoffer, der nach einer sehr erfolgreichen Evaluierung als fester Bestandteil des Projekts aufgenommen wurde.

2.6 Seminar Nachhaltigkeit

Um die Thematik der Nachhaltigkeit auch in die Grundschulen und die Ausbildung von Grundschullehrer/-innen zu spiegeln wurde ein themenverwandtes Seminar *Experimente im Schülerlabor zu Umwelt und Nachhaltigkeit* in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik sowie dem Lehrstuhl für Didaktik der Physik, gestaltet. Das Seminar beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Vermittlung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), der insbesondere auch im Kontext aktueller Entwicklungen, wie beispielsweise der „Fridays for Future“-Bewegung eine zentrale Bedeutung für die Ausbildung von Lehrkräften zukommt.

Der Inhalt des Seminars, wie er auch im Modulhandbuch der Universität beschrieben wurde wird nachfolgend kurz dargestellt:

Umwelterziehung und Bildung für nachhaltige Entwicklung erfahren auch im Zuge der „Fridays for Future“- Bewegung eine immer größer werdende Bedeutung. Im Seminar wollen wir uns vor allem dem Aspekt der Nachhaltigkeit widmen und diesen auch im Sinne einer nachhaltigen Bildung thematisieren. Der Schwerpunkt soll neben der Auseinandersetzung mit theoretischen Konzeptionen auf der Entwicklung von motivierenden und sprachsensiblen Stationen liegen, die in das Angebot des Schülerlabors der Universität Augsburg (DLR_School_Lab) aufgenommen werden können. In erster Linie ist dabei ein naturwissenschaftlich/technischer Zugang angedacht. Die Studierenden sollen anhand eines selbst gewählten Aspekts im Themenkontext "Kunststoffe" Präkonzepte von GrundschülerInnen erfassen und danach eine adaptive Lernumgebung entwickeln. Diese wird mit einer

Schulklasse ausprobiert und evaluiert. Von den Studierenden wird eine aktive Teilnahme erwartet, die einen Teil des Leistungsnachweises darstellt, der in Form eines Portfolios erstellt wird.

Inhaltlich wurden im Seminar Stationen zu den Themen Mülltrennung, Kunststoffe im Alltag, Upcycling und Kunststoffalternativen im Alltag entwickelt.

Das Seminar wird das Lehrangebot der Universität Augsburg auch in zukünftigen Semestern ergänzen.

3. Innovative Lehr- und Lernformen

Das Projekt umfasste auch die Entwicklung, speziell darauf abgestimmter, innovativer Lehr- und Lernformen, die sowohl der Vermittlung der Projekthinhalte als auch der Verstetigung dieser dienen sollten. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt.

3.1 Homepage Flatscreenjourney

Als HUB für alle Projekthinhalte, sowie Weiterbildungsmaßnahmen und -angebote wurde die Lehr-Lern-Plattform Flatscreenjourney⁶ konzipiert. Neben einer Projektvorstellung und Fachinhalten finden Interessierte hier Informationen zu sämtlichen Projektangeboten und -materialien.

Die Homepage sollte als Dreh- und Angelpunkt des Projektlebens dienen und die Öffentlichkeitsreichweite erhöhen. Im Speziellen finden Lehrkräfte dort alle Informationen rund um die digital und in Präsenz nutzbaren Unterrichtsmaterialien sowie die Downloads der Materialien. Angeboten werden unter anderem Wissenschaftscomics als Webversion und PDF zum Bearbeiten im Unterricht und Arbeitsblätter/Arbeitsaufträge zu diesen und ein Handbuch für Lehrkräfte mit vielfältigen Informationen zum Flachbildschirm, den ausgewählten Elementen sowie Unterrichtsvorschläge. Außerdem werden die Inhalte der Lehrkräfteworkshops in Präsenz und digital beschrieben eine Verlinkung zum Onlinekurslabor der Universität Augsburg zur Verfügung gestellt.

Die Projekthomepage wird fortlaufend aktualisiert und mit neuen Inhalten ergänzt. Zudem wurde sie im Laufe des Projekts optisch komplett überarbeitet, sodass das eher rudimentäre Design der ersten Version durch ein modernes Design ersetzt wurde, ohne dabei jedoch an Übersichtlichkeit und Informativität zu verlieren.

Durch die leichte Auffindbarkeit und große Zugänglichkeit dient die Projekthomepage als eines der Schlüsselemente der Verstetigungsstrategie. Hier können potenzielle Multiplikator/-innen auf die Projekthinhalte zugreifen und so in die Gesellschaft weitertragen. Außerdem wird hier auch der Kontakt zum DLR_School_Lab Uni Augsburg hergestellt, über welches Fortbildungen für Lehrkräfte sowie Schülerlaborbesuche organisiert werden. Des Weiteren werden hier sämtliche erarbeiteten Materialien digital gesammelt und auf unbegrenzte Zeit zur Verfügung gestellt.

⁶ <https://www.flatscreenjourney.de/>



Abbildung 4 Projekthomepage "Flatscreenjourney"

3.2 Wissenschaftssachcomics

Das Projekt wurde durch einen Wissenschaftscomic unterstützt der den Schüler/-innen, angepasst auf die Inhalte der Basismodule, einen leichteren Zugang zum komplexen Thema ermöglicht. Er wurde von der *Agentur mintwissen* sowohl als browserbasierter Webcomic⁷ als auch als PDF-Version entwickelt. Dafür wurde eine Rahmengeschichte gestaltet, in der die Protagonistin Toni ihr Smartphone fallen lässt und beim Versuch es aufzuheben in das Telefon gesogen wird. Dort trifft sie auf die einzelnen Elemente in Figurengestalt, die ihr ihre Geschichte erzählen. Dabei wird jede Geschichte unter einem Hauptkriterium betrachtet: Die eine Geschichte fokussiert mehr den soziokulturellen Aspekt, eine andere rückt mehr die Umweltthematik in den Vordergrund. Im Ganzen betrachtet fügt sich ein Gesamtbild zusammen, das alle Aspekte vereint. Eine Übersicht über die Geschichten und die jeweiligen Themengebiete findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 5 Beschreibung der Themengebiete der jeweiligen Element-Comics

| Element | Themengebiete |
|------------------|--|
| Gold | Entstehung der Elemente (Urknall); Entstehung von Lagerstätten; artisanaler Abbau und dessen Umweltauswirkungen; Bedeutung für den Menschen |
| Palladium | Entdeckung von Erzen (Norilsk, Sibirien); Untertagebau; Herstellung des reinen Elementes (Anreicherung und mechanische Trennung der Mineralien, Verhüttung im Hochofen); Auswirkungen auf die Umwelt |
| Indium | Geschichte der Chemie; Entwicklung und Aufbau des Periodensystems; Elementeigenschaften und -verbindungen, Funktionsweise Flatscreen |

⁷ <https://comic.flatscreenjourney.de/>

| | |
|-----------------|---|
| Europium | Alles hängt mit allem zusammen: persönlicher Konsum, Klimawandel, Versauerung der Meere, Umweltverschmutzung, Verlust von Biodiversität, Bodenveränderungen, Arbeitsbedingungen, Anthropozän |
| Neodym | Grüne Technologie; Umweltproblematik beim Abbau und der Herstellung Seltener Erden; Recycling, Dissipation, Umgang mit Elektroschrott (Beispiel Deutschland, China, Ghana), SDGs (Nachhaltigkeitsziele der UNO) |

Die Comics bieten den Lehrkräften die Möglichkeit, die komplexen Themen rund um den Ressourcenabbau und deren Nutzung in unseren Alltagsgegenständen, durch die visuelle Unterstützung, den Schüler/-innen zugänglicher zu machen.



Abbildung 5 Wissenschaftssachcomics

3.3 Unterrichtsmaterialien

Um die Arbeit mit den Wissenschaftssachcomics zu unterstützen, wurden eine Reihe von Arbeitsblättern und Kopiervorlagen⁸ konzipiert. Diese sind auf die Inhalte der Comics abgestimmt und können thematisch im Geographie-, Physik- oder Chemieunterricht verortet werden. Die Konzeption erfolgte dabei nach den Standards der Kompetenzorientierung. Dabei wurde bewusst vermieden, einen zu engen Bezug zum bayerischen Lehrplan+ herzustellen, damit die bundesländerübergreifende Einsetzbarkeit erhalten bleibt.

⁸ <https://www.flatscreenjourney.de/downloads.php>

Arbeitsblatt zum Wissenschaftssachcomic Palladium des Projekts „Flatscreen & Co unter die Lupe genommen“

- Lies dir den Comic des Elements Palladium sorgfältig durch.
- Benenne die 5 größten Abbaugelände von Palladium und markiere sie in M1.

M 2 Welt – politische Übersicht
Quelle: Dierske 2022

- Stelle die einzelnen Stationen des Palladiumabbaus in einem Flussdiagramm dar.

© Universität Augsburg

Arbeitsblatt zum Wissenschaftssachcomic Neodym des Projekts „Flatscreen & Co unter die Lupe genommen“

- Lies dir den Comic des Elements Neodym sorgfältig durch.
- Nenne die im Comic erwähnten Zukunftstechnologien, für die Neodym eine wichtige Rolle spielt.
- Ein Großteil des weltweit verwendeten Neodyms wird in der Seltenerdmine Bayan-Obo abgebaut.
 - Markiere das Abbaugelände in der Karte M1.
- Obwohl Seltene Erden, wie auch das Neodym für „grüne“ Technologien der Zukunft benötigt werden, entstehen beim Abbau der Elemente auch Probleme für die Umwelt. Nenne die Umweltprobleme beim Abbau von seltenen Erden in Bayan Obo. Bewerte diese anschließend in Bezug auf Risiken und Chancen / Nutzen.

M 2 Ostasien / China Übersicht
Quelle: Dierske 2012, 159

M 2 Abwasser - Comic

© Universität Augsburg

Abbildung 6 Arbeitsblätter zu Neodym und Palladium

Die Arbeitsblätter sind kostenfrei als Download über die Projekthomepage verfügbar.

3.4 Handreichungen für Lehrkräfte

Die theoretischen Grundlagen des Basismoduls wurden in einer Handreichung für Lehrkräfte zusammengefasst. Diese wurde durch Dr. Volker Zepf (Institut Volker Zepf) sowohl inhaltlich konzipiert, als auch in der Umsetzung fertiggestellt. Sie enthält neben einer kurzen Vorstellung des Gesamtprojekts Informationen zu Umweltkritikalität, dem Aufbau und der Funktionsweise eines Flachbildschirms, sowie eine Erklärung der grundlegenden Methodik der Stoffreise und ausführliche Informationen zu den fünf betrachteten Elementen.

In einer ersten Fassung der Handreichung enthielt diese außerdem noch Unterrichtsideen, Kopiervorlagen und andere Unterrichtsmaterialien. Dies wurde allerdings, nach ausführlicher Evaluation und Erfahrung mit der Erstfassung geändert, sodass die zweite Auflage der Handreichung zweigeteilt erschienen ist. Aus Gründen der Ressourcenschonung wurde dabei entschieden, die allgemeinen Information zum Projekt und den Details zu Seltenen Erden in einem Band (Theorie) zu veröffentlichen, da das Thema auch in der breiten Öffentlichkeit auf großes Interesse gestoßen ist. Im zweiten Band (Methodik, Umsetzung, Handreichungen) finden sich dann die für Lehrkräfte relevanten Unterrichtsmaterialien. Darüber hinaus wurden für die Elemente Europium und Gold spezifische Handreichungen erstellt, die sich am Aufbau des zweiten Bandes orientieren und diesen ergänzen.

Insgesamt ist die Handreichung nicht an einen Lehrplan oder Institute eines bestimmten Bundeslandes gebunden und inhaltlich so gestaltet, dass sie bundesländerübergreifend zur Spiegelung des Projekts verwendet werden kann.



Abbildung 7 Handreichungen

Sämtliche Handreichungen sind als kostenloser Download⁹ über die Projekthomepage verfügbar und dienen somit der Verstetigung des Projektinhalts.

3.5 Lehr-Lernkoffer

Da bereits für das Themenfeld Faserverbundstoffe sehr gute Erfahrungen mit dem Konzept eines Lehr-Lernkoffers gemacht wurden, entstand die Idee, auch für das Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* einen solchen zu konzipieren. Die theoretische Planung und technische Umsetzung fand im Rahmen einer Zulassungsarbeit im Fach Geographie statt. Der Lehr-Lern-Koffer basiert auf der Idee, die Erfahrung des Zerlegens eines Bildschirms ins Klassenzimmer zu übertragen. Aus diesem Grund enthält er einen bereits vorzerlegten und mit Magneten präparierten Laptop, der im Rahmen einer Unterrichtsstunde einfach von den Schüler/-innen auseinander- und wieder zusammengebaut werden kann. An entsprechender Stelle sind bestimmte Bauteile mit einem Farbpunktesystem markiert. Die jeweiligen Farben stehen stellvertretend für die fünf Elemente Neodym, Europium, Indium, Gold und Palladium. Auf diese Weise kann den Lernenden einfach begreifbar gemacht werden, wo und wieso bestimmte Bauelemente den jeweiligen Rohstoff enthalten. Neben dem Laptop-Präparat befinden sich außerdem ausgewählte Bauteile, wie alte Bildschirmlautsprecher im Koffer, anhand derer bestimmte Stoffeigenschaften des Neodyms veranschaulicht werden können. Den Koffer begleiten



Abbildung 8 Lehr-Lernkoffer zum Thema Nachhaltigkeit und Seltene Erden

⁹ <https://www.flatscreenjourney.de/downloads.php>

die Handreichung, Unterrichtsideen und zusätzliche Arbeitsmaterialien wie Arbeitsblätter und weiterführende Quellen die sich am Konzept der Stoffgeschichten orientieren. Diese sind dem Lehr-Lern-Koffer auf einem USB-Stick in digitaler Form, und im Falle der Handreichung, auch in gedruckter Fassung beigelegt. Insgesamt bietet der Lehr-Lernkoffer die Möglichkeit zu einer effektiven Nachhaltigkeitsbildung. Diese beschränkt sich nicht nur auf das Fach Geographie, sondern kann und soll auch fächerübergreifend angewandt werden. Die Methode wurde bereits mehrfach erfolgreich in der Unterrichtspraxis erprobt und auch auf dem *Bayerischen Schulgeographentag 2020* präsentiert, wo bereits diverse Lehrkräfte ihr Interesse bekundet haben. Aufgrund des großen Interesses und der Praktikabilität wurden weitere Lehr-Lernkoffer hergestellt. Diese können über das Sekretariat des AMU gegen eine Leihgebühr ausgeliehen von interessierten Lehrkräften und anderen Bildungsakteuren ausgeliehen werden¹⁰.

Auf diesem Weg konnten auch Studierende in die Projektarbeit eingebunden werden.

3.6 Onlinekurslabor

Über den Projektzeitraum hinweg wurde die Idee entwickelt, den Präsenzbesuch im DLR_School_Lab durch ein digitales Angebot zu ergänzen und so sowohl die geographische Reichweite zu erhöhen, als auch das Projekt weiter zu verstetigen. Dies war möglich, da in den Arbeitspaketen V und VI zeitliche Ressourcen frei wurden. Mit Beginn der Covid19-Pandemie und der darauffolgenden Umstellung auf digitale Lehre im Frühjahr 2020 konnte das Projekt so fließend weiter fortgeführt werden. Bei der digitalen Konzeption wurde zunächst ein interaktiver Selbstlernkurs¹¹ über das Onlinekurslabor der Universität Augsburg entworfen. Dieser ist inhaltlich weitgehend deckungsgleich mit dem Theorieteil des Präsenzbesuchs im DLR_School_Lab. Obwohl der Kurs ursprünglich als Vorbereitungskurs konzipiert war, mit dem sich Schulklassen auf den Besuch im DLR_School_Lab vorbereiten konnten, bot er nach einer Umstrukturierung die Möglichkeit, den Schülerlaborbetrieb auch nach der pandemiebedingten Schließung der Schulen und Universitäten aufrecht zu erhalten.

Abbildung 9 Oberfläche des Onlinekurslabors der Universität Augsburg

¹⁰ <https://www.flatscreenjourney.de/learningkit.php>

¹¹ <https://onlinekurslabor.phil.uni-augsburg.de/course/info/22555>

Nach interner Evaluation und externem Feedback von Lehrkräften fand eine erneute Umstrukturierung des Kurses im Herbst 2020 statt. Hier wurde der Kurs von einem reinen Selbstlernkurs zu einem synchron-abgehaltenen digitalen Schulbesuch umgestaltet. Dieses Format kommt sowohl den Interessen und Bedürfnissen der Schüler/-innen als auch dem Grundkonzept des DLR_School_Lab näher und hilft so, die Projektinhalte auf eine noch ansprechendere Art und Weise zu vermitteln.

3.7 Digitaler Schulbesuch

Der digitale Schulbesuch zum Thema „Flatscreens und Nachhaltigkeit“ wurde aus dem bereits bestehenden Selbstlernkurs entwickelt und wird nun parallel zu diesem angeboten. Der Schulbesuch vereint sowohl interaktive Diskussionsphasen als auch Selbstlernphasen miteinander und wird in digitaler Präsenz veranstaltet. Die Wahl des Konferenztools ist dabei den Schulen freigestellt, um größtmögliche Flexibilität zu bewahren. Die theoretischen Hintergründe vermitteln sich die Lernenden dabei selbst über die Plattform Moodle, auf der die Inhalte interaktiv und schülergerecht aufbereitet wurden¹².

Einen Großteil des digitalen Schulbesuchs machen praktische Arbeitsphasen aus, in denen die Schüler/-innen gemeinsam oder in Kooperation mit den Betreuungspersonen gelernte Inhalte diskutieren, vertiefen oder präsentieren.

Dimensionen der Nachhaltigkeit 2 / 4

Nachhaltigkeit - was ist d...

Eine kurze Definition ●

Dimensionen der Na... ○

Dreieck der Nachhaltigkeit ○

Sicherheit ○

Fertig? ○

In der Wissenschaft werden oft Modelle verwendet, um komplexe Sachverhalte einfach und anschaulich darzustellen. Nachfolgend findest du ein unvollständiges Modell der Nachhaltigkeit. Vervollständige das Modell mit den nebenstehenden Begriffen! Erwähne dich auch an die Dimensionen der Nachhaltigkeit, die du im letzten Kapitel kennengelernt hast. Achtung: nicht alle Begriffe müssen verwendet werden.

Dreieck der Nachhaltigkeit

Ökologie

Ökonomie

Soziales

Institutionen

Kultur

Nachhaltigkeit

Überprüfen

Wie du siehst, bleiben zwei Begriffe - oder auch: Dimensionen - übrig. Das heißt allerdings nicht, dass sie nicht auch Teil der Nachhaltigkeit sind. Viele Nachhaltigkeitsforscher sind sich noch uneinig über die bestmögliche modellhafte Darstellung des Nachhaltigkeitskonzeptes.

Im Folgenden werden wir weiter mit dem sogenannten "Dreieck der Nachhaltigkeit" arbeiten.

Abbildung 10 Einblick in den Moodlekurs zum Thema „Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“

Die nachfolgende Tabelle zeigt schematisch Inhalt und Ablauf des digitalen Schulbesuchs. Dabei ist es problemlos möglich, den Schulbesuch, der auf einen gesamten Vormittag (4,5 Stunden) ausgelegt ist, auch auf zwei oder drei Termine aufzuteilen. Dies wird fallweise und in Absprache mit der betreuenden Lehrkraft entschieden.

¹² <https://moodle.amu.uni-augsburg.de/enrol/index.php?id=3> // Gastzugang: flatscreen

Tabelle 6 Ablauf und Inhalt des digitalen Schulbesuchs

| Digitaler Schulbesuch | |
|--|---|
| Begrüßung | Gemeinsames Treffen im Konferenztool sowie Vorstellen des Projekts und des Projektteams |
| Theoretische Einführung: Elementwelt eines Flachbildschirms | Nach Ausfüllen einer Vorab-Evaluation* erarbeiten sich die Schüler/-innen selbstständig die theoretischen Grundlagen zu Themen rund um die Elementwelt der Flatscreens |
| Nachhaltigkeit | Sowohl gemeinsam als auch in Eigenarbeit werden grundlegende Konzepte und Prinzipien der Nachhaltigkeit erarbeitet und diskutiert |
| Pause | |
| Praxis: Die 5 betrachteten Elemente | Die Schüler/-innen wenden ihr theoretisches Wissen in einer kollaborativen Arbeitsphase auf ein Element der Flatscreens an und entwickeln eine Präsentation und stellen diese dem Plenum vor. |
| Pause | |
| Recycling & Handlungsmöglichkeiten | Das Recycling von Flatscreens wird betrachtet und eigenen Handlungsmöglichkeiten im Sinne des zuvor diskutierten Nachhaltigkeitskonzepts werden entdeckt. |
| Verabschiedung | Nach Ausfüllen einer Abschluss-Evaluation* findet eine gemeinsame Verabschiedung im Konferenztool statt. |

** hier handelt es sich um anonyme Evaluationen bei denen keinerlei personenbezogene Daten erhoben werden. Die Daten dienen ausschließlich der Optimierung unserer Online-Angebote und werden nicht an Dritte weitergegeben.*

Je nach Situation besteht auch die Möglichkeit, eine Reihe von Lehr-Lernkoffern an die Schulen zu senden, sodass die Schüler/-innen trotz digitaler Durchführung die Möglichkeit erhalten, den Flatscreen und das Auseinandernehmen dessen, haptisch zu erfahren.

Im Jahr 2021 haben erste Schulklassen das digitale Schulprogramm durchlaufen. Dabei wurde und wird dieses konstant evaluiert und gegebenenfalls angepasst. Für das restliche Schuljahr 2021 haben sich bereits weitere Schulklassen für das Programm angemeldet. Das digitale Format wird das Angebot des DLR_School_Lab auch in Zukunft ergänzen und somit der Verstetigung der Projektinhalte dienen.

4. Nationale Spiegelung

Die Überwindung lokaler Grenzen ist ein wesentlicher Bestandteil von Bildungsprojekten. Daher war die Möglichkeit der nationalen Spiegelung der Projektinhalte von Bedeutung. Dies umfasste sowohl den Austausch und Kontakt mit Lehrkräften als auch den direkten Wissensaustausch und -transfer mit und in andere Schülerlabore. Je nach Standort bestand

die Möglichkeit einer rein fachwissenschaftlichen Spiegelung über Fortbildungen oder der Übernahme des gesamten Stoffreise-Konzepts in andere Schülerlabor-Standorte.

Die folgende Übersicht zeigt alle Veranstaltungen, bei denen Schritte zur nationalen Spiegelung der Projektinhalte unternommen wurden.

Tabelle 7 Veranstaltungen zur nationalen Spiegelung der Projektinhalte an diverse Multiplikator/-innen

| Datum | Veranstaltung | Rolle |
|--|--|------------------------|
| 12.03.2018 | LeLa Tagung 2018 in Kiel | Workshop, Teilnahme |
| 26.04.2018 | Projektpräsentation an und mit Bildungsakteure auf dem Girls Day, Durchführung | Veranstalter |
| 18.09.2018 | 09. BilRes Netzwerkonferenz 2018, Frankfurt/Friedberg | Aussteller |
| 19.03.2019 | 10. BilRes Netzwerkonferenz in Berlin | Aussteller, Teilnahme |
| 28.03.2019 | Projektpräsentation an und mit Bildungsakteure auf dem Girls Day, Durchführung | Veranstalter |
| 05.-07.03.2020 | Bayerischer Schulgeographentag 2020 | Aussteller, Teilnahme |
| 04.2020 (verschoben auf Frühjahr 2021) | Spiegelung in die PH Weingarten | Veranstalter |
| 04.2020 (verschoben auf Frühjahr 2021) | Spiegelung in die Uni Bremen | Veranstalter |
| 22.09.2020 | 13. BilRes Netzwerkonferenz | Workshop |
| 09.06. - 10.06.2020 (10.06-11.06. 2021) | Woche der Umwelt, Berlin (verschoben auf 2021) | (digitaler) Aussteller |
| 29.03.2021 | Online-Schulung zum Projekt <i>Flatscreen und Co unter die Lupe genommen</i> | Veranstalter |

Die im Projekt erarbeiteten Inhalte werden auch nach Projektende weiterhin auf diversen Veranstaltungen vorgestellt werden. So ist beispielsweise für Mai 2021 bereits ein Workshop auf dem 9. BilRes-Webseminar geplant und in Konzeption.

4.1 Bayerischer Schulgeographentag

Alle zwei Jahre treffen sich die Geographielehrkräfte zum Schulgeographentag an einem jeweils wechselnden Ort in Bayern zum Austausch, Fortbilden und Diskutieren. Vom 05. -07. März 2020 fand dieser an der Universität Augsburg statt.

Um eine noch größere Strahlkraft des Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* zu erreichen und gezielt eine der Zielgruppen im Projekt, die Lehrkräfte, anzusprechen, wurde das Projekt am ersten Tag der Veranstaltung mit einem Ausstellerstand beworben. Des Weiteren fand es Erwähnung im Eröffnungsvortrag des Projektpartners Dr.

Volker Zepf. Damit konnten ca. 260 Teilnehmende erreicht werden von denen ca. 80 die für das Projekt erarbeitete Handreichung erhielten und ihr aktives Interesse bekundeten.

19. Bayerischer Schulgeographentag an der Universität Augsburg

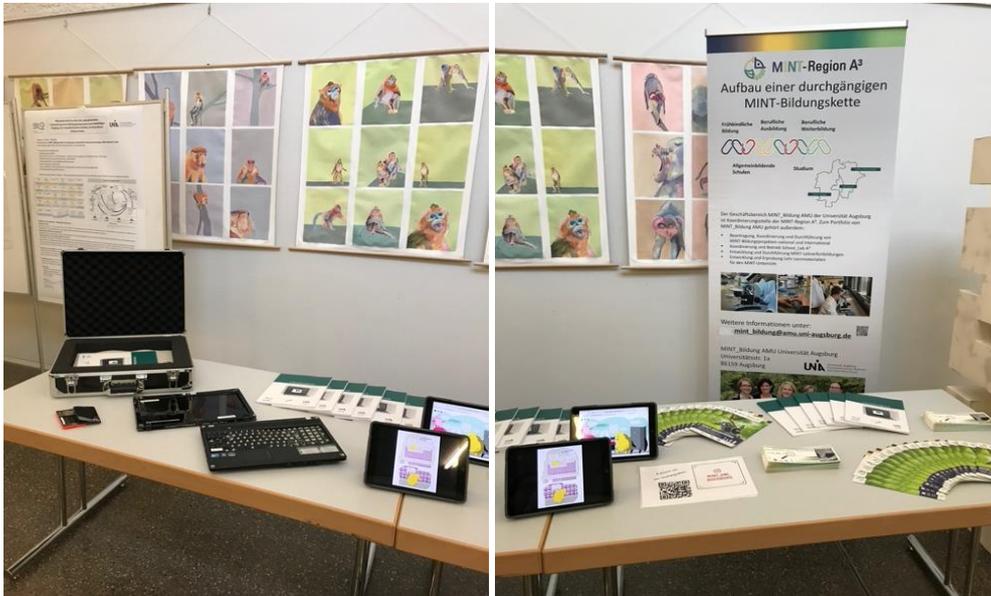


Abbildung 11 Ausstellung auf dem 19. Bayerischen Schulgeographentag

4.2 Förderung von jungen Mädchen und Frauen

Am Girls' Day haben jedes Jahr Schülerinnen die Möglichkeit, in den verschiedensten Unternehmen und Einrichtungen Einblick in immer noch geschlechterspezifisch untypische Berufe, Arbeitsstätten und Themen zu erhalten. Das AMU MINT_Bildung beteiligte sich dabei am Girls' Day mit einem Programm, bei dem die Schülerinnen sich zum Thema Material- und Umweltforschung, im Rahmen des Projekts *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen*, gemeinsam einen Blick hinter die Kulissen der Flachbildschirme verschaffen konnten. Hierfür begaben sich die Schülerinnen in Theorie und Praxis auf die Reise, um Stoffe und Materialien, die für die Herstellung von Flatscreens und Co. benötigt werden, kennen und begreifen zu lernen. Auf ihrer Reise lernten sie nicht nur die Stoffe selbst kennen, sondern auch die Geschichten, Orte und Menschen, die hinter diesen Materialien stehen.

Das Programm wurde in der Projektlaufzeit an zwei Girls' Day Vormittagen angeboten und jeweils von der Maximalanzahl von 15 Teilnehmerinnen wahrgenommen. Der dritte Termin im März 2020 musste aufgrund der CoVid-19-Pandemie abgesagt werden.

Des Weiteren wurde das Programm *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* auch im Rahmen des gendersensiblen Studienorientierungsprogramms *UniMentoSchule* durchgeführt. Insgesamt 50 Schülerinnen der 10. und 11. Jahrgangsstufe nahmen daran teil (43 im Jahr 2018, 7 im Jahr 2019).

In diesem Zusammenhang konnte insbesondere gezeigt werden, dass das Thema nicht nur für die MINT-Bildung an sich, sondern auch im Kontext der Studien- und Berufsorientierung relevant ist und die Teilnehmerinnen in hohem Maße ansprach. So gaben

in der Evaluation des entsprechenden „School_Lab“-Bausteins insgesamt 76,4 % (n = 55) an, dass sie das School_Lab-Programm zum Thema Flatscreen „sehr gut“ bzw. „gut“ bei ihrer Studienwahl unterstützt habe.



Abbildung 12 Logo des Girls' Day

4.3 BilRes Netzwerkkonferenzen

Das Netzwerk „Bildung für Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz“ (BilRes) trifft sich zweimal im Jahr um den Akteurinnen und Akteuren für Ressourcenbildung aus den verschiedenen Bildungsbereichen eine Plattform zum Austausch und besonders zum Vernetzen zur Verfügung zu stellen. Um von den Erfahrungen der Netzwerkmitglieder und der Besucher der Netzwerkkonferenzen zu



Abbildung 13 Logo des BilRes Netzwerks

profitieren und das Projekt über die Grenzen Bayerns hinaus bekannt zu machen, wurde das Programm zweimalig, im September 2018 auf der 9. BilRes-Netzwerkkonferenz in Frankfurt/Friedberg und im März 2019 auf der 10. BilRes-Netzwerkkonferenz in Berlin, an einem Ausstellerstand präsentiert. Ebenso wurde ein Workshop zu den bereits erarbeiteten Onlineangeboten (Onlinekurslabor, Wissenschaftscomics, Homepage) im September 2020 auf der digitalen 13. BilRes-Netzwerkkonferenz gehalten. Bei einer Umfrage der Workshopteilnehmer/-innen zu den aus den letzten Monaten gewonnenen Erfahrung aus der digitalen Lehre wurden folgenden Formate genannt:



Abbildung 14 Feedback BilRes Workshop

4.4 MINT:Barcamp

Am 18.09.2020 fand - bedingt durch die Covid-19-Pandemie im virtuellen Raum - das 6. MINT:Barcamp statt, veranstaltet von der gemeinnützigen Körber-Stiftung. Dabei nahmen rund 150 MINT-Netzwerker/-innen aus ganz Deutschland an der Veranstaltung teil. Inhaltlich stand das Barcamp unter dem Motto „Nachhaltig vernetzt“.

In diesem Rahmen wurde das Projekt Flatscreen und Co unter die Lupe genommen in Form eines Kurzvortrags interessierten Teilnehmer/-innen vorgestellt. Dabei lag der Schwerpunkt, neben den fachlichen Inhalten, auf der Umsetzung der digitalen Angebote. Der Vortrag wurde aufgezeichnet und ist im Archiv des MINT:Barcamps als Video¹³ verfügbar. So konnte sichergestellt werden, dass auch im Nachhinein interessierte Akteure die Möglichkeit erhalten den Vortrag anzuschauen.

4.5 Besuche bei den Kooperationspartner/-innen

Die Spiegelung der Projekthinhalte in anderen Schülerlaboren und Bildungseinrichtungen konnte erst nach ausreichender Festigung des Projektbausteins im DLR_School_Lab Uni Augsburg beginnen. Aus diesem Grund war sie für das letzte Quartal der Projektlaufzeit geplant.

In einer ersten erfolgreichen Spiegelung im solaris Förderzentrum für Jugend und Umwelt gGmbH Sachsen wurden im März 2019 die dortigen Mitarbeiter/-innen durch das Projektteam geschult. Weitere Spiegelungen des Projektkonzepts waren bereits mit der pädagogischen Hochschule Weingarten (BaWü) und der Universität Bremen für das Jahr 2020 angesetzt und in Planung. Aufgrund der globalen Pandemielage ab Frühjahr 2020 konnten diese und weitere Spiegelungen nicht wie geplant in Präsenz stattfinden.

Stattdessen wurde ein digitales Schulungsprogramm entworfen, über welches die Kooperationspartner/-innen einen Überblick über die erarbeiteten Projekthinhalte und einen konkreten Einblick in deren Anwendbarkeit erhalten sollten. Dazu wurden sämtliche kooperierenden Bildungsakteure (siehe LOI-Liste) eingeladen. Die Online-Schulung fand am 30.03.2021 statt und die Teilnehmenden Bildungseinrichtungen kündigten an, das Projekt und die Inhalte für ihre jeweilige Einrichtung zu prüfen und gegebenenfalls ganz oder in Auszügen für ihre Programme zu übernehmen. Insbesondere die Methodik der Stoffreise stieß dabei auf große Resonanz. So konnten die Projekthinhalte an die Pädagogische Hochschule Weingarten, das XLAB - Göttinger Experimentallabor für junge Leute, das solaris Förderzentrum für Jugend und Umwelt gGmbH Sachsen, die Technikerschule Augsburg und das Schülerlabor Uni Konstanz erfolgreich gespiegelt werden.

Des Weiteren hat sich über die Projektlaufzeit hinweg eine gute Zusammenarbeit mit dem NatLab der FU Berlin, insbesondere mit Frau Dr. Kuse, ergeben. Auch hier wurden Projekthinhalte, Methoden und Konzepte erfolgreich ausgetauscht.

Ebenfalls wurde das Programm *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* im Instagram-Programm *Das find ich MINT!* des AMU inhaltlich aufgegriffen und Veranstaltungen zum Projekt werden regelmäßig über den Account [mint_uni.augsburg](https://www.instagram.com/mint_uni.augsburg/), welcher eine große nationale Reichweite hat, beworben.¹⁴ Weitere nationale Präsenz erhielt das Programm durch

¹³ https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=qG_vjiXOdUQ

¹⁴ https://www.instagram.com/mint_uni.augsburg/?hl=de

die Aufnahme in das Portal DLR_next.¹⁵ Auf dieses Portal greifen Bildungsakteure und Lehrkräfte aus ganz Deutschland regelmäßig zu.

Insgesamt hat die seit 2020 andauernde Pandemielage die direkte Spiegelung des Konzepts zu anderen Schülerlaboren negativ beeinflusst. Da das Projekt *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* vor allem auch von der haptischen Erfahrung, die beim Auseinandernehmen eines Flachbildschirms gemacht wird, lebt, fiel bei den Schulungen leider ein wichtiger Teil des Konzepts weg und konnte lediglich digital durchgeführt werden. Kompensierend wurden dafür eigens digitale Konzepte (Kapitel 3.6 und 3.7) erstellt, deren Inhalte bzw. Nutzung den Kooperationspartnern freigestellt wurden. Daraus ergibt sich, dass die Spiegelung des Konzepts an andere Schülerlaborstandorte nicht im geplanten Umfang stattfinden konnte. Allerdings lässt sich dieser Umstand über die stark digitalisierte Verstetigung der Inhalte und lehrplanunabhängige Konzeption kompensieren, sodass es Bildungseinrichtungen deutschlandweit auch nach Ende der Projektlaufzeit problemlos möglich sein wird, die im Projekt erarbeiteten Inhalte für ihre Zwecke nutzbar zu machen. Da das Programm auch über das DLR_School_Lab Uni Augsburg weiter verstetigt wird, besteht auch weiterhin die Möglichkeit zu gegenseitigen Besuchen und weiterer Vernetzung zum Thema Seltene Erden.

4.6 Woche der Umwelt

Das DLR_School_Lab Uni Augsburg hat sich 2019 mit dem Projekt auf einen Ausstellerplatz auf der Woche der Umwelt 2020 (09.06.-10.06.2020) im Schloss Bellevue in Berlin beworben. Obwohl die Bewerbung erfolgreich war, konnte die Woche der Umwelt 2020 aufgrund der Covid-19-Pandemie nicht wie geplant stattfinden und wurde auf 2021 verlegt. Da die Pandemielage nach wie vor keine Präsenzveranstaltung zuließ, wurde die Woche der Umwelt in den digitalen Raum verschoben und fand vom 10.06.-11.06.2021 in virtueller Form statt.

Das Projekt wurde dort ebenfalls als digitaler Aussteller vertreten. Zu diesem Zweck wurde eigens ein Video gedreht, in dem die Ziele und Inhalte des Projekts dargestellt werden. Neben der Veröffentlichung auf der Woche der Umwelt wird das Video auch auf über Youtube-Kanal des AMU Uni Augsburg veröffentlicht und somit auch in Zukunft der Projektdarstellung dienen.

5. Öffentlichkeitsarbeit

Die Darstellung und Verbreitung des Projekts und der Projekthinhalte in die breite Öffentlichkeit war ein zentrales Anliegen. Aus diesem Grund wurde das Projekt auf einer Reihe von Veranstaltungen vorgestellt, die ebenfalls einen Beitrag zur eben beschriebenen nationalen Spiegelung leisteten. Die folgende Übersicht zeigt alle Veranstaltungen, bei denen das AMU/DLR_School_Lab Uni Augsburg mindestens eine Ausstellerrolle innehatte und so die Projekthinhalte, auch bundesländerübergreifend, bewerben konnte. Auf diese Weise konnten Multiplikator/-innen aus verschiedenen Fachbereichen erreicht werden.

¹⁵ https://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-17356/27484_read-70013/

Tabelle 8 Öffentlichkeitsarbeit und Veranstaltungen

| Datum | Veranstaltung | Rolle |
|--|---|---------------------------------|
| 24.11.2017 | Konferenz „Von der MINT-Umweltbildung zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung“ in Osnabrück | Aussteller, Teilnahme |
| 15.12.2017 | „Tag der offenen Tür des School_Lab A ³ im bifa Umweltinstitut“ | Veranstalter |
| 12.03.2018 | LeLa Tagung 2018 in Kiel | Workshop, Teilnahme |
| 23.03.2018 | Kick-off Veranstaltung | Projektvorstellung |
| 05.05.2018 | „Langen Nacht der Wissenschaft“ 2018, Augsburg | Projektvorstellung, Teilnahme |
| 18.09.2018 | BilRes-Konferenz 2018, Frankfurt/Friedberg | Aussteller |
| 04.10.2018 | Fachlehrerbesprechung des Gymnasiums bei St. Anna | Projektvorstellung und Workshop |
| 12.11.2018 | Informationsnachmittag BNE am 12.11.18 an der Universität Augsburg | Aussteller |
| 16.11.2018 | 4. Begabungstag in Augsburg | Aussteller, Workshop |
| 15.01.2019 | Vortrag „Die Rohstoffwelt eines Smartphones“, Augsburg | Projektvorstellung |
| 19.03.2019 | 10. BilRes Netzwerkkonferenz in Berlin | Aussteller, Teilnahme |
| 12.04.2019 | Fachlehrertagung im Schullandheim Bliensbach | Projektvorstellung |
| 17.10.2019 | MINT-Aktionsabend im Technologiezentrum Augsburg | Projektvorstellung |
| 26.03.2019 | Umwelttag FOS/BOS Friedberg | Workshop |
| 05.-07.03.2020 | Bayerischer Schulgeographentag 2020 | Aussteller, Teilnahme |
| 09.06. - 10.06.2020 (10.06-11.06. 2021) | Woche der Umwelt, Berlin (verschoben auf 2021) | (digitaler) Aussteller |

Neben der Projektpräsentation in Präsenz wurde das Projekt auch über andere mediale Kanäle verbreitet. Diese werden im Folgenden kurz aufgeführt. Dabei schlossen sich die Bewerbung in Präsenz und die Bewerbung über Flyer, Projekthomepage und Social Media nicht gegenseitig aus, sondern bedingten sich vielmehr, indem das Projekt immer gleichzeitig auf mehreren Kanälen mit Verweis aufeinander beworben wurde.

Das Projekt wurde auch zweimal für den Zukunftspreis der Stadt Augsburg vorgeschlagen und in deren Programm zur Preisverleihung vorgestellt.

5.1 Broschüren, Handreichungen, Plakate

Zur Bewerbung des Projekts wurden eine Reihe an Handreichungen, Flyern und Plakaten erstellt. Diese wurden auf sämtlichen besuchten Veranstaltungen, auf denen das

DLR_School_Lab Uni Augsburg mindestens eine Ausstellerrolle hatte, präsentiert und an Interessierte verteilt.

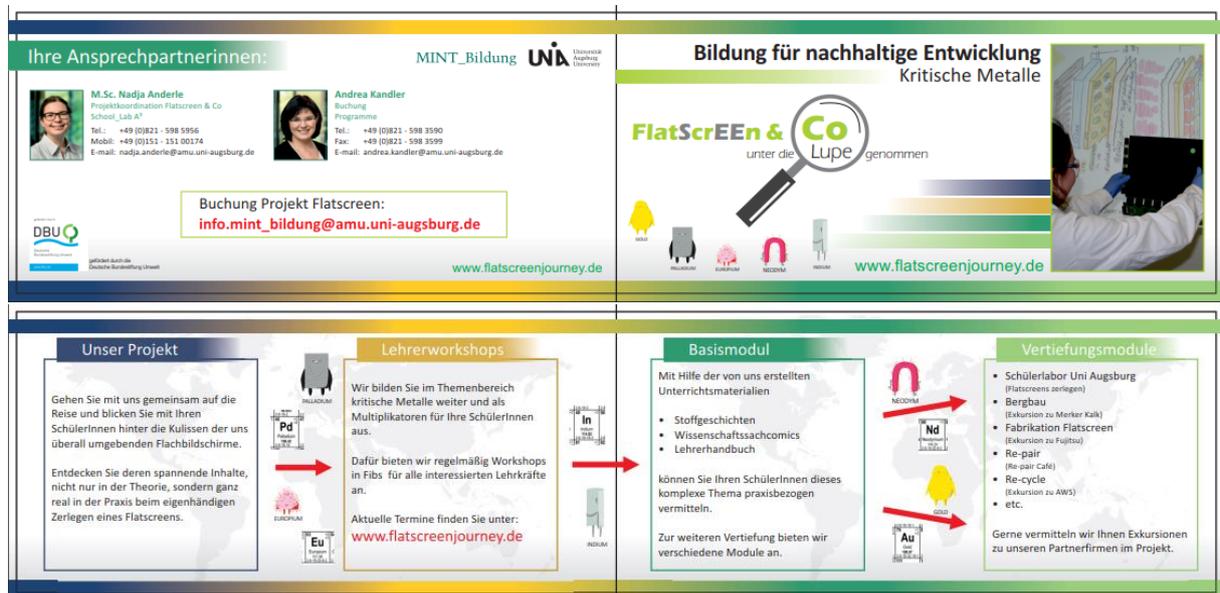


Abbildung 15 Projektflyer - Emailadresse wurde mit Umbenennung in DLR_School_Lab Uni Augsburg entsprechend angepasst

Die hier gezeigten Materialien sind dem Bericht im Original beigelegt.

5.2 Homepage Flatscreenjourney

Sämtliche Materialien, Ankündigungen und Termine wurden auch über die Projekthomepage bekannt gegeben. Weitere Informationen zur Website finden sich in Kapitel 3.1.

5.3 Social Media

Fortbildungen für Lehrkräfte und andere Multiplikator/-innen wurden, sowie weitere externe Veranstaltungen bei denen das Projekt vertreten war, wurden ab März 2020 auch über den Instagramaccount des DLR_School_Lab Uni Augsburg „mint_uni.augsburg“¹⁶ beworben. Weitere Infos in Kapitel 4.5..

6. Evaluation

Sowohl der für das Schülerlabor entwickelte Baustein, als auch die Lehrkräftefortbildungen wurden über die gesamte Projektlaufzeit evaluiert, sowohl um eine stetige Verbesserung gewährleisten zu können, als auch um den Wissenszuwachs zu überprüfen und die Themengestaltung gegebenenfalls anzupassen.

¹⁶ https://www.instagram.com/mint_uni.augsburg/

6.1 Ergebnisse der Evaluationen

Im Folgenden werden kurz die Ergebnisse der Evaluationen der Präsenzbesuche im DLR_School_Lab sowie die der Fortbildungen für Lehrkräfte dargestellt.

Schülerlabor

Im Vergleich der Vorabevaluation mit der Abschlussevaluation, die von 246 Schüler/-innen ausgefüllt wurden, ist sowohl zu erkennen, dass alle Schüler/-innen den Begriff der Seltenen Erden nach dem Besuch im DLR_School_Lab zuordnen können, als auch, dass diese in den von den Schüler/-innen täglich verwendeten Elektrogeräten Verwendung finden. Außerdem ist ihnen die Belastung der Umwelt beim Abbau der Seltenen Erden klargeworden, wie auch der Irrtum der vermeintlichen Seltenheit der Elemente. Die Verbindung der Begriffe Seltene Erden und Recycling bleibt auf konstant niedrigem Niveau, wahrscheinlich aufgrund der Tatsache, dass derzeit nur sehr wenig Recycling der Seltenen Erden betrieben wird.

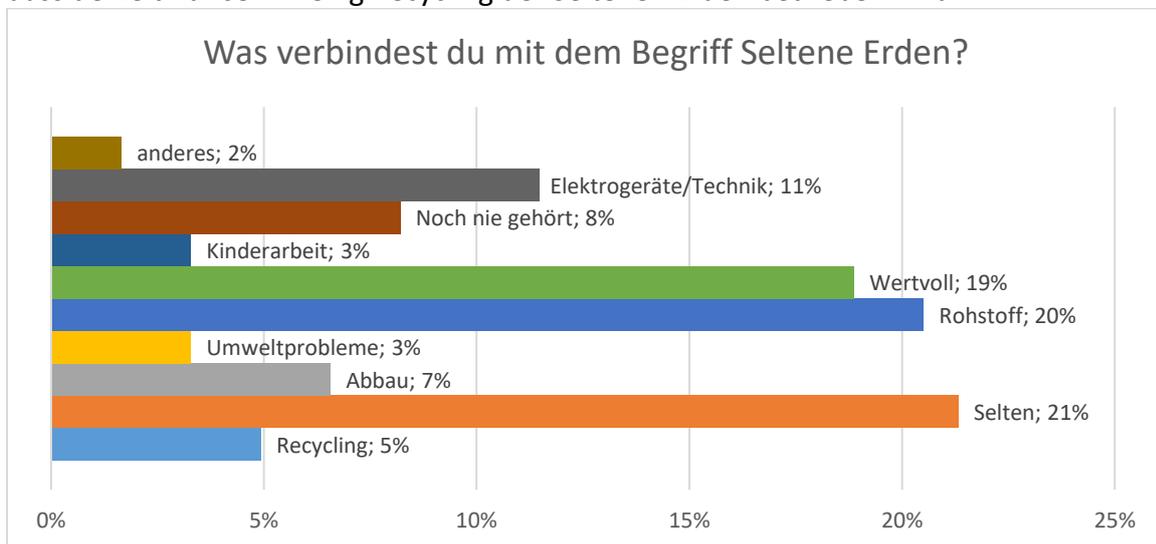


Abbildung 16 Ergebnisse Vorab-Umfrage

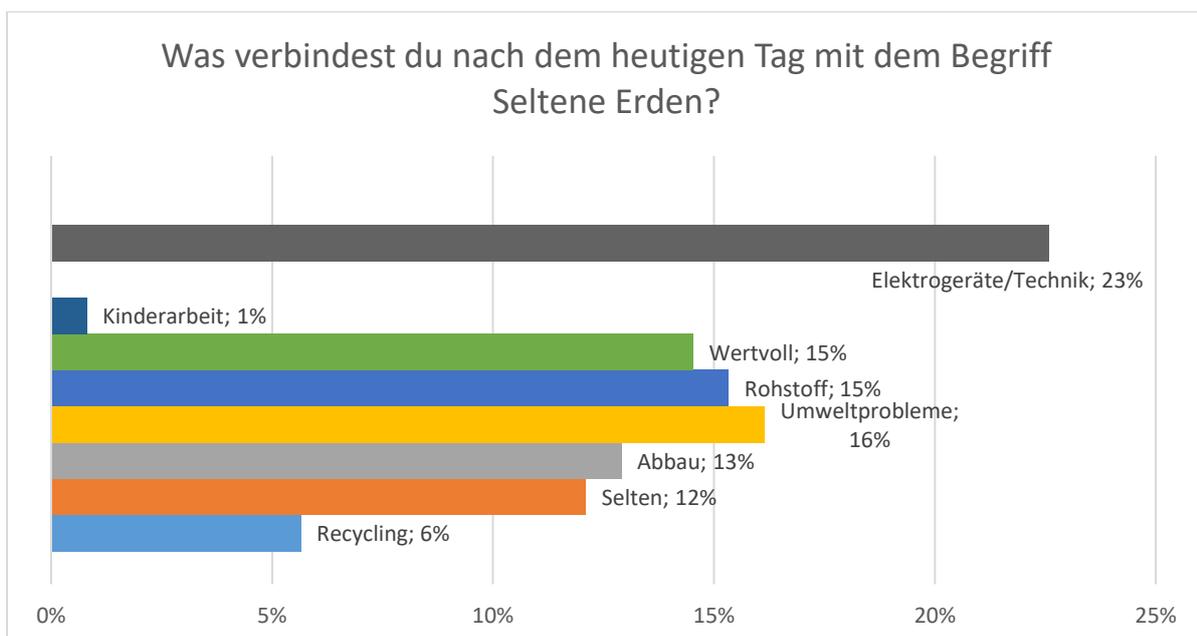


Abbildung 17 Ergebnisse Schluss-Umfrage

Fortbildungen für Lehrkräfte

Die Fortbildungen sollten dazu dienen, den Lehrkräften das notwendige „Know-How“ um die Seltenen Erden und die Funktionsweise eines Flachbildschirms näher zu bringen, damit sie dieses Wissen optimal im Unterricht umsetzen können. Die Fortbildungen wurden von insgesamt 27 Lehrkräften evaluiert.

Wie die Auswertung in Abbildung 18 des Vorwissens um das Innere eines Flachbildschirmes zeigt, besteht bei einem Prozentsatz von 81 % der Lehrkräfte, die noch nie einen Flachbildschirm zerlegt haben, hier auch ein enormer Bedarf.

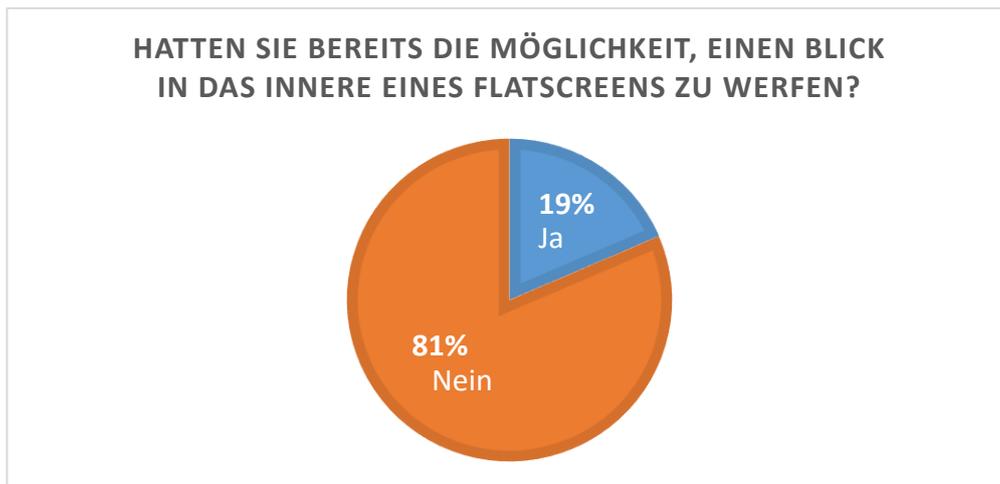


Abbildung 18 Ergebnisse "Wer konnte schon einmal selbst einen Blick in einen Flatscreen werfen?"

Dass die ausgewählten Informationen gut vermittelt wurden, stimmten fast alle Lehrkräfte nach Abschluss der Fortbildungen zu, wie Abbildung 19 zeigt.

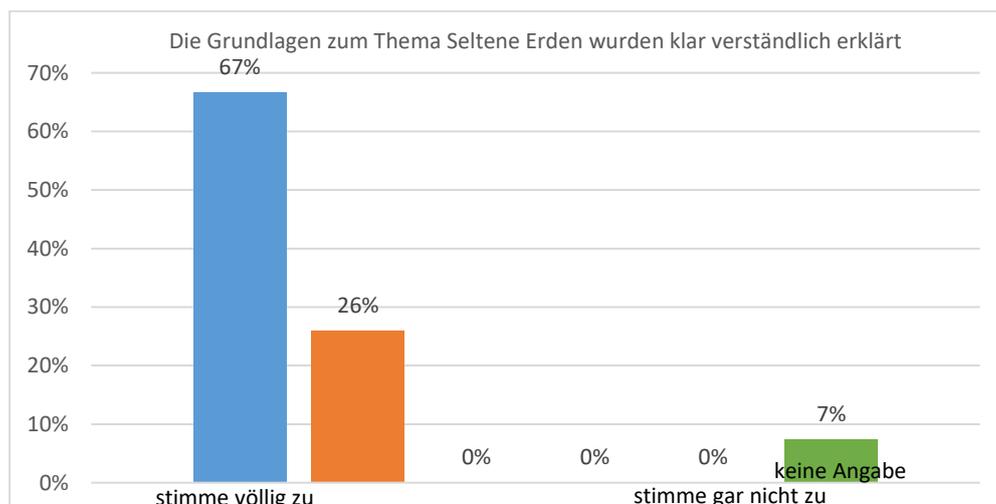


Abbildung 19 Ergebnisse Fortbildungsevaluation

Die Evaluationen zeigten ebenfalls auf, dass die Projektinhalte mithilfe der angewandten Methodik und der erarbeiteten Materialien gut im Unterricht umgesetzt werden können. Die ausgewählten Möglichkeiten und Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung fanden durchgehend

Zustimmung (Abbildung 20). Angemerkt wurde jedoch, dass das Zerlegen der Bildschirme für die Lehrkräfte selbst aufgrund mangelnder Materialien und Zeit nur schwer umsetzbar war. Deshalb wurde die Möglichkeit des Ausleihens des Lehr-Lern-Koffers, sowie die Möglichkeit des Besuchs im DLR_School_Lab Uni Augsburg in diesem Zusammenhang sehr begrüßt.

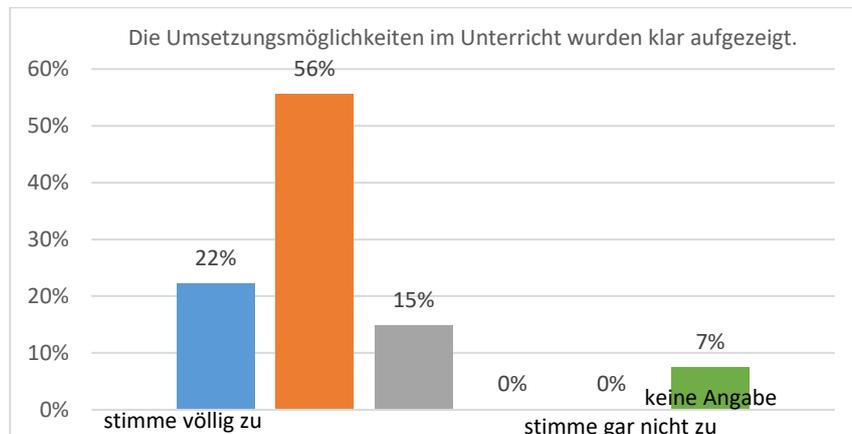


Abbildung 20 Ergebnisse Umsetzbarkeit im Unterricht

6.2 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der freiwilligen Evaluationen des Präsenzbesuchs zeigen deutlich, dass bei den Schüler/-innen ein Konzeptwechsel bezüglich der Seltenen Erden stattgefunden hat. Dabei wurde der Blick für den eigenen Umgang mit Elektrogeräten geschärft und das Bewusstsein der Lernenden für die mit der Nutzung besagter Geräte einhergehenden Umweltfolgen erweitert. Die, unter den Befragten, geringe Assoziation von Seltenen Erden mit der Thematik des Recyclings deutete zum Einen darauf hin, dass Seltene Erden noch immer in viel zu geringem Umfang recycelt werden und zum Anderen zeigte es, dass eben diese Problematik verstärkt angesprochen und behandelt werden muss. Daher wurde insbesondere bei der Konzeption der digitalen Angebote darauf geachtet, der Thematik einen größeren Fokus zukommen zu lassen.

Eine Evaluation der Online-Angebote wird in Form digitaler Evaluationsbögen vorgenommen und ist zum Zeitpunkt des Projektendes noch nicht beendet. Um auch diese Programme zu verbessern, auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und sie erfolgreich zu verstetigen wird die Evaluation daher auch nach Ende der Projektlaufzeit weiter vorgenommen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Schüler/-innen-Evaluationen, dass der Präsenzbesuch im DLR_School_Lab erfolgreich Fachinhalte vermitteln, Konzeptwechsel bei den Teilnehmenden herbeiführen und die Schüler/-innen in ihrer Gestaltungskompetenz fördern konnte. In diesem Sinne wurden mithilfe des Präsenzbesuchs erfolgreich Grundlagen für ein Weiterlernen von Seiten der Schüler/-innen gelegt.

Auch die Evaluationen der Fortbildungen für Lehrkräfte zeigten deutlich, dass auch auf Seite der Lehrenden ein großes Bedürfnis zur Weiterbildung in dieser Thematik vorhanden war. Fast zwei Drittel der Lehrenden stimmte der Aussage zu, dass die Thematik im Unterricht umgesetzt werden sollte, wobei hier das Feedback aufkam, dass ein tatsächliches Auseinandernehmen eines Flachbildschirms nur schwer im Rahmen des schulischen Unterrichts durchführbar sei. Daher wurden mit den Lehr-Lernkoffern Materialien für

Lehrkräfte vorbereitet, die eine Umsetzung im Unterricht deutlich erleichtern. Das Angebot wurde bereits während der Projektlaufzeit von einigen Lehrkräften wahrgenommen.

Die Ergebnisse der Evaluationen machten deutlich, wie wichtig Evaluationen für die konstante Verbesserung der Inhalte sind. In diesem Zusammenhang muss angemerkt werden, dass die Evaluationen stets fakultativ waren und so in einem, im Verhältnis zur Teilnehmendenzahl, vergleichsweise geringeren Umfang wahrgenommen wurden. Hier konnte der Schluss gezogen werden, dass zum Ausfüllen der Evaluationsbögen in Zukunft noch stärker ermutigt werden soll. Im Rahmen der Online-Angebote wurden die Evaluationen möglichst reibungslos in den Programmablauf eingebunden.

Insgesamt zeigen jedoch sowohl die Ergebnisse der Schüler/-innen-Evaluationen als auch der Fortbildungsevaluationen, dass die Stoffreise und die vermittelten Inhalte sowohl bei den Lernenden als auch den Lehrenden auf großes Interesse stießen, fachlich verständlich vermittelt wurden und einen konzeptuellen Wechsel in Bezug auf Seltene Erden, den Umgang mit Elektrogeräten und der eigenen Handlungsfähigkeit ermöglichten.

7. Verstetigung

Um die im Projekt erarbeiteten Inhalte und Materialien auch über das Ende der Projektlaufzeit weiter zu erhalten, wurde eine Verstetigungsstrategie entwickelt. Die folgende Übersicht gibt einen Überblick über die Maßnahmen der Verstetigung.

Tabelle 9 Maßnahmen zur Verstetigung der Projekthinhalte

| Maßnahme | Erklärung |
|--------------------------------------|--|
| Homepage „Flatscreenjourney“ | Die Projekthomepage wird auch in Zukunft ständig erweitert und ergänzt. Zudem werden Fortbildungen und Veranstaltungen über „Flatscreenjourney“ beworben. Alle erarbeiteten Handreichungen, Arbeitsblätter und sonstige Materialien sind als kostenlose Downloads über die Homepage verfügbar. |
| Schülerlaborbaustein | Der Präsenzbesuch im DLR_School_Lab wird unter dem Titel „Nachhaltig – Mit Blick in die Zukunft, Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“ fest ins Angebot des DLR_School_Lab Uni Augsburg übernommen. |
| Wissenschaftssachcomics | Die Wissenschaftssachcomics werden auch in Zukunft weiter Einsatz im Schülerlaborbaustein sowie im digitalen Schulbesuch und dem Selbstlernkurs im Onlinekurslabor finden. Sie stehen sowohl browserbasiert als auch als Download im pdf-Format über die Projekthomepage kostenfrei zur Verfügung. |
| Ergänzende Arbeitsmaterialien | Die, auf die Comics zugeschnittenen Arbeitsblätter sind auch weiterhin als kostenloser Download über die Projekthomepage verfügbar. Außerdem sind sie Teil des Lehr-Lernkoffers. |
| Handreichungen | Die Handreichungen werden auch nach Ende der Projektlaufzeit im Printformat und als kostenloser Download über die Projekthomepage Interessierten zur Verfügung gestellt. |
| Lehr-Lernkoffer | Es wurden eine Reihe von Lehr-Lernkoffern erstellt, die sowohl im Präsenzbetrieb im DLR_School_Lab Verwendung finden als auch als Leihmaterial für interessierte Lehrkräfte dienen. |
| Onlinekurslabor | Der Selbstlernkurs bleibt auch nach Ende der Projektlaufzeit im Angebot des DLR_School_Labs erhalten und wird ggf. zu einem |

| | |
|---|--|
| | Vorbereitungskurs für den Schülerlaborbesuch ummodelliert, wenn wieder Präsenzbesuche im Schülerlabor möglich sind. |
| Digitaler Schulbesuch | Der digitale Schulbesuch bleibt auch nach Rückkehr zum Präsenzbetrieb weiterhin ein Teil des Lehrangebots des DLR_School_Labs Uni Augsburg. Es hat sich herausgestellt, dass mit digitalen Formaten auch Schulen erreicht werden konnten, die nicht im normalen Einzugsgebiet der Stadt und Uni Augsburg liegen. |
| DLR_School_Lab Homepage¹⁷ | Sämtliche Inhalte werden auch über die Homepage der DLR_School_Labs beworben. |
| Fortbildungen | Auch nach Ende der Projektlaufzeit werden weiterhin Fortbildungen für Lehrkräfte und andere Bildungsakteure angeboten. |
| Kooperation mit lokalen KMU | Die Kooperation mit den lokalen KMU bleibt bestehen. |
| Studienbegleitendes Praktikum | Das Konzept zum studienbegleitenden Praktikum ist fertiggestellt. Sobald der Präsenzbetrieb an der Universität Augsburg wiederaufgenommen werden kann, wird das studienbegleitende Praktikum erprobt und bei positiver Evaluierung weitergeführt. |
| Seminar | Das mit dem Lehrstuhl für Grundschulpädagogik zusammen erarbeitete Seminar bleibt auch nach Ende der Projektlaufzeit ein Teil des universitären Lehrangebots. |

8. Fazit

Die Projektidee *Flatscreen und Co unter die Lupe genommen* konnte sehr erfolgreich umgesetzt werden. Die große Nachfrage durch Schulen, Lehrkräfte und weitere Bildungsakteure, die auch während der Corona-Pandemie und aktuell anhält, zeigt, dass das Projekt „den Zahn der Zeit“ getroffen hat. Gerade die praktische Auseinandersetzung mit Seltenen Erden im Schülerlaborkontext fand dabei großen Anklang. Ein haptisches (be)greifen möglich zu machen, ist für Schulen auf Grund fehlender zeitlicher und materieller Ressourcen kaum möglich, bei den im Projekt aufgegriffenen Bildungsinhalten aber unerlässlich. Im Laufe der Projektumsetzung ergaben sich Änderungen und damit auch Ressourcenverschiebungen. Zum einen wurde das geplante Exkursionsangebot durch Schulen auf Grund fehlender zeitlicher Ressourcen kaum nachgefragt, Gespräche im Vorfeld der Projektantragsstellung hatten hierzu ein anderes Bild gezeichnet. Zum anderen konnte das geplante studienbegleitende Praktikum auf Grund fehlender organisatorischer Voraussetzungen nicht wie geplant umgesetzt werden. Durch diese beiden Änderungen wurden Ressourcen frei, die für die Weiterentwicklung des Projekts im Vergleich zum Antrag essentiell waren und im vorliegenden Bericht ausführlich erläutert wurden.

Auf Grund der flexiblen Projektplanung konnte auf die im Frühjahr 2020 hereinbrechende Corona-Pandemie und Schließung von Schulen frühzeitig mit einem Online-Programm reagiert werden. So kam es zu keinem Projektstillstand, sondern die vorhandenen Ressourcen und Expertisen konnten sofort in die Gestaltung eines pandemieportablen Programms gesteckt werden, ein digitales Programm war zu diesem Zeitpunkt schon in Planung. Auf Grund der Corona-Pandemie konnte die praktische nationale Spiegelung des

¹⁷ <https://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-17240/>

Programms an weitere Schülerlaborstandorte nur bedingt stattfinden. Durch die Entwicklung des Online-Programms und Durchführung entsprechender digitaler Veranstaltungen konnte aber letztendlich eine größere Reichweite erzielt werden, als zu Projektantragsstellung geplant war.

Auf Grund des großen Erfolgs des Projekts und der anhaltenden Nachfrage wurden die entwickelten Bausteine zur Verstetigung in das Programm des DLR_School_Lab Uni Augsburg übernommen. Die im Projekt erarbeitenden Unterrichts- und Begleitmaterialien werden ebenfalls weiterhin zur Verfügung stehen. Derzeit wird die Weiterführung der Projektidee in einem anderen Kontext geprüft und Fördermöglichkeiten hierzu sondiert.

Anhang

Der folgende Anhang umfasst:

- Didaktisches Konzept zur Fortbildung für Lehrkräfte (digital)
- Evaluationsbögen (digital)
- Handreichung für Lehrkräfte (analog)
Arbeitsblätter (analog)
- Projektflyer (analog)

Weitere Materialien, insbesondere solche, die nicht als Print-Version existieren, sowie die aktuellsten Versionen sind über die Projekthomepage www.flatscreenjourney.de¹⁸ abrufbar.

¹⁸ www.flatscreenjourney.de

Didaktisches Konzept zur Fortbildung für Lehrkräfte „Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“

Das Ziel des Projektes ist es, den LehrerInnen und SchülerInnen die komplexe Thematik von umweltkritischen Materialien in Theorie und Praxis nahe zu bringen. Der Protagonist ist der Flatscreen (Flachbildschirm) der heute in verschiedensten Anwendungen und Formen genutzt wird. In einem Flachbildschirm sind ca. 40 verschiedene Rohstoffe verbaut, die jeweils eine ganz individuelle Geschichte der Entstehung, des Abbaus und Transports mit all ihren Ausprägungen, negativen wie positiven, in sich tragen.

1. Angliederung der Thematik in den Unterricht

Die Fortbildung für Lehrkräfte zum Projekt Flatscreen und Co unter die Lupe genommen zielt darauf ab, den Lehrkräften grundlegend die Themen Seltene Erden und kritische Metalle näher zu bringen. Außerdem sollen alle Kenntnisse vermittelt werden, die sie zum Halten einer oder mehrerer Unterrichtsstunden benötigen. Dies beinhaltet sowohl theoretische Grundlagen zu Seltenen Erden und kritischen Metallen und wo sie im Alltag zu finden sind (bspw. in Bildschirmen) sowie dem Erstellen von Stoffgeschichten und dem möglichen Aufbau einer Unterrichtsstunde.

Zielgruppe sind dabei LehrerInnen ab der 8. Klasse aller Schularten und unterschiedlicher Fächer.

Das vorgeschlagene Unterrichtskonzept „Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“ verbindet unterschiedlichste Themenfelder und kann daher an verschiedene Fächer angegliedert werden.

Fächerbeispiel Gymnasium:

- Biologie (8. Klasse Ökosysteme unter dem Einfluss des Menschen)
- Deutsch (8. Klasse: Erstellen einer Erzählung)
- Geographie (10. Klasse: Globalisierung, Ursachen, Dimensionen, Auswirkungen)
- Sozialkunde (9. Klasse: Aspekte der Globalisierung)

Fächerbeispiel Realschulen:

- Biologie (10. Klasse: Lokale und globale Auswirkungen auf Ökosysteme durch Eingriffe des Menschen)
- Deutsch: (8. Klasse: Schreiben)
- Geographie: (8. Klasse: China und Indien)
- Kunst: (9. Klasse: Bildnerische Auseinandersetzung mit Wirklichkeit und Fantasie)
- Physik: (10. Klasse: Energieversorgung)
- Sozialkunde: (10. Klasse: Politische Mitwirkungsmöglichkeiten)

Fächerbeispiele Mittelschule:

- Deutsch: (M9: Texte planen und schreiben)
- Ernährung und Soziales (R8: Umwelt und Verbraucherschutz)
- Geographie (R8: Lebensraum Erde)
- Kunst (R9, M9: Gestaltete Umwelt)

- Natur und Technik (M10: Lebensgrundlage digitale Technik)

2. Ziele der Fortbildung

- Grundlegender Einstieg in die Thematiken Seltene Erden und kritische Metalle
- Einstieg in die theoretischen Grundlagen
- Kennenlernen der Methode „Stoffreise“
- Eigene Durchführung der Methode
- Bildschirm mit Seltenen Erden und kritischen Metallen in Verbindung bringen
- Inhalte in den eigenen Unterricht einbauen usw.

Im ersten Teil der Fortbildung sollen die Lehrkräfte einen Einstieg in die theoretischen Grundlagen zu **(umwelt)kritischen Metallen** und **Seltenen Erden** bekommen und eine Idee, wo diese im Bildschirm verwendet werden.

Unter „**umweltkritisch**“ versteht man dabei, dass eine Gefahr für Natur und/oder Menschen besteht. Diese Gefahr kann überall entlang der Wertschöpfungskette eines Stoffes entstehen, wobei gerade die Umweltkritikalität beim Abbau häufig auftritt sowie am Ende der Nutzungszeit von Geräten und Produkten. Dabei kann jedoch nicht von pauschalen Gefährdungen ausgegangen werden, sondern jeder Stoff muss in diesem Sinne einzeln betrachtet und die speziellen Umstände genau geprüft werden. Es können folgende Wirkebenen unterschieden werden:

- Direkt
- Direkt durch die Nutzung
- Direkt durch Folgeschäden
- Indirekt
- Indirekt durch Folgeschäden
- Soziale Wirkebene

Im schulischen Kontext können die nachfolgenden möglichen Umweltauswirkung entlang der stofflichen Wertschöpfungskette, vertieft durch eigene Recherche, thematisiert werden:

- Erz, Rohstoff, Begleitmaterialien
- Abbau des Erzes
- Aufkonzentration im Arbeitsprozess des Abbaus
- Verhüttung, Raffination
- Herstellung von (Zwischen)Produkten
- Transport
- Nutzung
- Re-Phasen
- End-of-Life

Um die unterschiedlichen Auswirkungen verschiedener Stoffe darzustellen, wurden folgende Rohstoffe, welche unter anderem im Flachbildschirm verbaut sind (neben einer Fülle weiterer Stoffe), ausgewählt:

Neodym, Europium, Gold, Indium, Palladium

Die beiden erstgenannten gehören zur Gruppe der Lanthanoiden, welche, inklusive Scandium und Yttrium, auch als **Selten Erden** bekannt sind. Diese historisch bedingte Bezeichnung der Elemente darf heute aber keinesfalls wörtlich genommen werden, denn durch die derzeit

bekanntesten Reserven und den momentanen Jahresverbrauch reichen diese nach heutigem Stand ca. 1.000 Jahre. Diese 17 Seltene Erden Elemente haben ähnliche chemische, jedoch unterschiedliche physikalische Eigenschaften. Diese Ähnlichkeit bedingt auch die Schwierigkeiten bei der Herstellung der einzelnen Elemente, denn die Seltenen Erden können immer nur im Verbund verschiedenster Elemente abgebaut werden und deren Trennung ist energie- und ressourcenaufwändig. Auch im Zusammenhang mit Seltenen Erden spricht man häufig von kritischen Rohstoffen, wobei hier allerdings auch oft die quasi Monopolstellung Chinas bei der Produktion gemeint ist.

Neodym wird hauptsächlich für Magnete in Elektromotoren verwendet. Nur damit können extrem starke Dauermagnete hergestellt werden. Diese sind für die Herstellung flacher Smartphones unabdingbar. Die abgebauten Seltenerdminerale enthalten auch radioaktives Thorium, was spezielle Sicherheitsvorkehrungen erforderlich macht.

Europium ist Bestandteil von Leuchtpulver, das zur Herstellung von Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren und LEDs verwendet wird. Für Farbfernseher früher unausweichlich wird heute für LEDs nur noch ein Bruchteil der damals gebrauchten Mengen benötigt. Große Auswirkungen auf Natur und Umwelt haben die für die Gewinnung notwendigen Rodungen großer Gebiete sowie die eingesetzten Chemikalien.

Indium ist ein durchsichtiger metallischer Halbleiter und essentiell für die Funktionsfähigkeit moderner Bildschirme. Als Indium-Zinn-Oxid Schicht (ITO) dient es zur Ansteuerung von Transistoren und Kondensatoren auf bzw. in Flachbildschirmen. Es wird hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Zink-Raffination gewonnen.

Palladium ist ein Edelmetall und zählt zu den Platingruppenelementen. Es ist wesentlicher Rohstoff für die Herstellung von Autoabgaskatalysatoren. Das größte Abbaugelände befindet sich nahe Norilsk in Sibirien, wo ca. 40% der Jahresproduktion gefördert werden. Die Stadt gilt als die am stärksten verschmutzte in Russland.

Gold wird überwiegend zu Schmuck verarbeitet, jedoch werden ca. 10% für die Elektroindustrie verwendet. Dort dient es zur Erhöhung der Leitfähigkeit auf Platinen. Der Abbau erfolgt unter Verwendung der Chemikalien Quecksilber und Amalgam, wodurch Mensch und Natur erheblich belastet sind.

Die historische Entwicklung der Bildschirme, Anwendungen und Baugruppen wird im Folgenden erläutert.

Die um 1900 ersten Ideen von Fernsehgeräten wurden in den 1920ern zu den ersten käuflichen Exemplaren in die Tat umgesetzt. Jedoch wurden diese erst in den Nachkriegsjahren für alle bezahlbar und die Farbe kam in den 1950er Jahren dazu, nach der Entdeckung Europiums als Leuchtstoff. Seit dem Jahr 2000 halten die Flachbildschirme Einzug in unser Leben und mit dem ersten Touchscreen aus dem Jahr 2007 wurden auch Computer und Tablets revolutioniert.

In einem Flachbildschirm finden wir etwa 40 Elemente und Rohstoffe, die unter anderem zur Herstellung von Rahmenstruktur, Stromversorgung, Display, Lautsprecher, Sende-/Empfangseinheit und Speicher verwendet werden.

Weiter erfolgt die theoretische Erläuterung zu Stoffgeschichten und deren Idee und Konzept bei der Vermittlung komplexer Themen sowie der Ablauf ihrer Erstellung.

Um ein Bewusstsein für die von uns täglich unbewusst verwendeten Rohstoffe zu schaffen, welche in Handys, Bildschirmen und anderen Geräten und Gegenständen verbaut wurden, kann man sich das Konzept der Stoffgeschichten zur Hilfe nehmen. Diese beschäftigen sich mit

den Stoffen und Produkten, mit denen wir uns alle jeden Tag umgeben und die wir ganz selbstverständlich nutzen. Dabei leitet das Konzept dazu an, wie das Sein und Wirken der Stoffe des täglichen Lebens in verschiedenen Zeiten und Räumen methodisch untersucht, dokumentiert und bewertet werden kann. Dadurch werden viele Möglichkeiten offensichtlich, wie jeder Einzelne, aber auch Gesellschaften zu einem umsichtigen, wirtschaftlich effizienten und risikoarmen Umgang mit Stoffen und Ressourcen beitragen können. Die Reise, auf die sich der Einzelne mit dem Stoff bei dieser Art der Auseinandersetzung macht, führt von der „Geburt“ des Stoffes in der Mine über die Herstellung bzw. den Einbau in Produkte bis hin zum Konsum und Gebrauch, bis der Stoff letztlich an seinem Lebens- bzw. Nutzungsende recycelt und damit in den Stoffkreislauf geführt wird. Oder der Stoff wird entsorgt oder irgendwo gelagert.

Die hierdurch entstehende Reise über den gesamten Planeten zeigt auf, welche Menschen, Situationen, Prozesse und Wechselwirkungen den behandelten Stoff prägen, aber auch von diesem geprägt werden. Im Nachfolgen der Geschichte, die der Stoff schreibt, wird dem Einzelnen die eigene Rolle in der Geschichte deutlich und insbesondere die Verantwortung an der Zukunft des Stoffes, die buchstäblich in der eigenen Hand liegt. Genau an diesem Punkt entstehen Aktivierungs- und Eingreifpotentiale für die eigenen Handlungen. Sinnloser, riskanter oder unsachgemäßer Ge- oder Verbrauch des Stoffes steht umsichtigen, zukunftsfähigen und effizienteren Möglichkeiten gegenüber wodurch Alternativen diskutiert, bewertet und umgesetzt werden können. Hierdurch können gerade Schüler*innen aktiv Bezüge in der eigenen Lebensumwelt suchen und finden und diese verantwortlich übernehmen und umsetzen.

Stoffgeschichten erzählen so den gesamten Lebenszyklus eines Stoffes, Elementes oder Produktes und offenbaren dabei vielerlei bekannte und unbekanntes Zusammenhängen, Abhängigkeiten oder Wechselwirkungen, die wiederum Grundlage von Bewertungen, Diskussionen oder Strategien sind. Der „gute“, zukunftsfähige, gerechte und risikoarme Umgang mit den Stoffen kann auf Basis der subjektiven Bedeutung damit nicht nur selbstreflektiert überdacht und diskutiert, sondern langfristig mündig umgesetzt werden.

An erster Stelle steht dabei die Recherche der vielfältigen Informationen rund um den Lebenszyklus des Stoffes und seinen Eigenschaften, wobei auch die kulturellen und politischen Aspekte nicht außer Acht gelassen werden sollen.

Mit Hilfe eines Strukturbaumes kann dann die Informationsflut strukturiert, gegliedert und anschaulich übersichtlich dargestellt werden. Hier bietet sich auch bereits die Möglichkeit, Problemstellungen herauszuarbeiten und sich über den weiteren nachhaltigen Umgang Gedanken zu machen.

Als finaler Schritt steht nun noch die Erstellung der eigentlichen Geschichte des Stoffes aus. Der Kreativität sollen dabei keine Grenzen gesetzt werden. So kann z.B. ein Theaterstück geschrieben und aufgeführt, eine Ausstellung konzipiert oder eine klassische schriftliche Abhandlung geschrieben werden.

Durch die eigenständige Arbeit am Flachbildschirm bzw. im Labor bekommen die Lehrkräfte einen detaillierten Einblick in die, im Bildschirm verwendeten Materialien und ein Gefühl für die Größenordnungen, in denen diese dort zu finden sind.

Den Lehrkräften wird eine Unterrichtsempfehlung nach einem strukturierten Aufbau gegeben, welche jedoch jederzeit an die jeweilige Lerngruppe angepasst und nach Ermessen der Lehrkraft auch durch andere Methoden vermittelt werden kann.

3. Aufbau der Fortbildung

- Einführung zu Seltenen Erden und kritischen Metallen
 - Was sind Seltene Erden und kritische Metalle?
 - Nennung der Rohstoffe, die besprochen werden, also Neodym, Europium, Indium, Palladium, Gold
- Einführung zu Stoffgeschichten
- Erstellen einer Stoffgeschichte
- Zerlegen eines Flachbildschirms
- Experimente im Labor
- Möglicher Aufbau einer Schulstunde
- Handlungsmöglichkeiten

Unterstützt werden die Lehrkräfte nach Absolvierung der Fortbildung durch ein ausführliches Handbuch, mit dem die oben genannten Inhalte noch vertieft und wiederholt werden können. Auf der Projektwebsite www.flatscreenjourney.de kann das Lehrerhandbuch heruntergeladen werden. Außerdem stehen auf der Website Wissenschaftscomics zum Anschauen und Downloaden zur Verfügung, welche einen weiteren äußerst anschaulichen Zugang zu den behandelten Themen bieten.

Evaluationsbögen

Vorab Evaluation „Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“

Herzlich willkommen beim Girls' Day Programm der Material- und Umweltforschung! Wir freuen uns sehr dich heute bei unserem Programm für den Girls' Day begrüßen zu dürfen. Mit der Beantwortung einiger kurzer, anonymer Fragen vorab würdest du uns und unserer Forschung sehr weiterhelfen. Um deine Daten zu anonymisieren und Vorab- und Abschluss-Evaluation zusammenführen zu können möchten wir dich bitten, einen individuellen Code zu verwenden:

| | | |
|--|--|--|
| Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deiner Mutter | | |
| Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deines Vaters | | |
| Tag deines Geburtsdatums | | |

Beispiel: Mutter: Maria Vater: Josef Geburtstag: 08.12.2002 ->

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| M | A | J | F | O | 8 |
|---|---|---|---|---|---|

Vielen Dank für deine Mithilfe! ☺

1. Hast du schon einmal von Seltenen Erden gehört? ja nein

2. Was verbindest du mit dem Begriff Seltenen Erden? Wähle die drei wichtigsten Begriffe!

- Recycling Selten Abbau Umweltprobleme Rohstoff
 Wertvoll Kinderarbeit Noch nie gehört Elektrogeräte/Technik

3. In welchem Zusammenhang hast du bislang von Seltenen Erden gehört?

4. Wenn du an Flatscreens denkst, welche Geräte kommen dir in den Sinn?

5. Hast du schon einmal einen Blick in das Innere eines Flatscreens werfen können?

- Ja Nein

Persönliche Daten

| | | | |
|---------------|----------|----------|---------|
| Schulart | | | |
| Klasse | | | |
| Alter | | | |
| Lieblingsfach | | | |
| Geschlecht | Männlich | Weiblich | Anderes |

Abschlussevaluation „Flatscreen und Co unter die Lupe genommen“

Vielen Dank für deine Teilnahme am Girls' Day Programm der Material- und Umweltforschung! Zum Abschluss unseres Programms möchten wir dich bitten, anonym noch ein paar Fragen zu beantworten. Bitte gebe dafür noch einmal deinen individuellen Code an.

| | | |
|--|--|--|
| Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deiner Mutter | | |
| Erster und letzter Buchstabe des Vornamens deines Vaters | | |
| Tag deines Geburtsdatums | | |

Beispiel: Mutter: Maria Vater: Josef Geburtstag: 08.12.2002 ->

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| M | A | J | F | O | 8 |
|---|---|---|---|---|---|

Vielen Dank für deine Mithilfe! 😊

1. Was verbindest du nach dem heutigen Tag mit dem Begriff Seltene Erden?

Wähle die drei wichtigsten Begriffe!

- Recycling Selten Abbau Umweltprobleme Rohstoff
 Wertvoll Kinderarbeit Noch nie gehört Elektrogeräte/Technik

| | Stimme völlig zu | Stimme zu | Neutral | Stimme nicht zu | Stimme gar nicht zu |
|---|---------------------|--------------|---------|--------------------|------------------------|
| 2. Das Thema Seltene Erden finde ich interessant. | | | | | |
| 3. Ich war neugierig auf das Zerlegen des Flatscreens. | | | | | |
| 4. Das Zerlegen des Flatscreens wurde verständlich erklärt. | | | | | |
| 5. Das Zerlegen des Flatscreens fiel mir leicht. | | | | | |
| 6. Durch das Zerlegen des Flatscreens habe ich viel gelernt. | | | | | |
| 7. Das Zerlegen des Flatscreens hat mir Spaß gemacht. | | | | | |
| 8. Ich fühlte mich beim Zerlegen des Flatscreens sicher. | | | | | |
| 9. Die Betreuer waren aufmerksam. | | | | | |
| 10. Die Betreuer konnten meine Fragen beantworten. | | | | | |
| 11. Die Betreuer waren hilfsbereit. | | | | | |
| 12. Die Betreuer sprachen deutlich und verständlich. | | | | | |
| 13. Die Betreuer waren freundlich. | | | | | |
| 14. Ich weiß jetzt was Seltene Erden sind. | | | | | |
| 15. Wenn ich in Zukunft den Begriff Seltene Erden höre, kann ich etwas darüber sagen. | | | | | |
| 16. Ich will mehr über Seltene Erden wissen. | | | | | |

17. Wirst du deinen Eltern, Freunden oder Verwandten etwas vom heutigen Tag erzählen?

- ja nein

18. Was ich euch noch sagen möchte:
