

Ein interdisziplinäres Seminar für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften

Giulia Pantiri¹, Lea Mareike Burkhardt², Fatime Beka³, Thomas Wilhelm¹, Volker Wenzel²,
Arnim Lühken³, Dieter Katzenbach⁴

¹Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt a.M.

²Abteilung für Didaktik der Biowissenschaften, Uni Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 13, 60438 Frankfurt a.M.

³Institut für Didaktik der Chemie, Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 7, 60438 Frankfurt a.M.

⁴Institut für Sonderpädagogik, Universität Frankfurt, Theodor-W.-Adorno-Platz 6D, 60323 Frankfurt a.M.

pantiri@physik.uni-frankfurt.de, l.burkhardt@bio.uni-frankfurt.de, beka@chemie.uni-frankfurt.de,
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de, wenzel@bio.uni-frankfurt.de, luehken@chemie.uni-frankfurt.de,
d.katzenbach@em.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Im Projekt E²piMINT arbeiten Vertreter*innen aus den Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Physik mit der Sonderpädagogik zusammen, um ein inklusives und interdisziplinäres MINT-Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren. Dafür wurde jeweils ein Projekttag zum Thema „Farben“ und zum Thema „Kleben und Haften“ konzipiert, bei dem die Schüler*innen mit Experimentierkisten arbeiten und Experimente aus den drei Naturwissenschaften durchführen. Im Rahmen des Projekts wurde auch ein interdisziplinäres Seminar für Lehramtsstudierende entwickelt, das im Sommersemester 2024 stattfand.

Das Seminar war offen für alle Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften (Gymnasium, Haupt- und Realschule, Förderschule). Die Studierenden wurden in Arbeitsgruppen eingeteilt, die jeweils eine Experimentierkiste nach dem vorgestellten Konzept entwickelten. Dabei hatten sie die Möglichkeit, sich mit Personen aus anderen naturwissenschaftlichen Fächern auszutauschen und die in die Kisten integrierten inklusiven Merkmale (Experimentieranleitungen in einfacher Sprache, Hilfekarten usw.) kennenzulernen. Während des Seminars nahmen sie auch an einer Lehrkräftefortbildung teil und erprobten die selbst entwickelten Experimentierkisten mit Schulklassen verschiedener Schulformen. Im Artikel werden das Seminar und die dabei entstandenen Materialien zum Thema „Kleben und Haften“ vorgestellt. Außerdem werden Vorteile, Grenzen und Verbesserungsmöglichkeiten des Seminars diskutiert.

1. Kontext des Seminars

1.1. Das Projekt E²piMINT

Das Design-Based-Research Projekt E²piMINT („Evidenzbasierte Entwicklung praxistauglicher inklusiver MINT Vermittlungskonzepte für die Schule“) stellt sich der Aufgabe, inklusive Vermittlungskonzepte für die Sekundarstufe I zu entwickeln, um Lehrkräften eine konkrete und praxistaugliche Unterstützung anzubieten (DBR Collective, 2003; Wilhelm & Hopf, 2014). Unter allen Herausforderungen der Inklusion fokussiert das Projekt vor allem auf die Anwesenheit von Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Regelschulen. Den größten Anteil haben dabei Schüler*innen mit den Förderschwerpunkten „Lernen“, „Sprache“ und „emotional und soziale Entwicklung“ (Kultusministerkonferenz, 2022). Seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahr 2009 und der damit entstandenen Veränderung des Beschulungsortes von Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf stehen die Lehrkräfte vor der Herausforderung, den Unterricht für Schüler*innen mit höchst unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zu gestalten, ohne dass der Zeitaufwand für die Vor- und

Nachbereitung stark steigen kann (Arndt & Werning, 2013). Buchhaupt et al., 2019). Dabei ist es schwierig, allen Lernenden zu ermöglichen, dass sie gemeinsam arbeiten und aktiv sowie effektiv am Unterricht teilnehmen können. In den Naturwissenschaften kann der Aufwand für Lehrkräfte noch einmal deutlich steigen, wenn Experimente eingesetzt werden.

Um die verschiedenen Fächer zu verbinden, arbeiten im Projekt E²piMINT Vertreter*innen aus der Didaktik der drei Naturwissenschaften und der Sonderpädagogik zusammen. Ein Austausch zwischen den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken und der Inklusionspädagogik, der sonst oft selten stattfindet, wird dadurch erleichtert (Menthe & Hoffmann, 2015; Stinken-Rösner et al., 2020).

1.2. Das verwendete Unterrichtskonzept

Grundlage für das Unterrichtskonzept im Projekt E²piMINT ist das „Lernen am gemeinsamen Gegenstand“ (Feuser, 1982). In diesem Rahmen kann eine Balance zwischen individualisierten und gemeinschaftlichen Handlungsmustern gefunden werden. Das Experimentieren bietet dabei eine kraftvolle Gelegenheit, Wege zu finden, allen die Teilnahme zu

ermöglichen (Brigham et al., 2011). Deswegen wurde die Stationenarbeit als Methode ausgewählt.

Die Stationen sind in Form von Experimentierkisten gestaltet, die im Projekt „Forscherboxen“ genannt werden. Heterogene 3er- oder 4er-Gruppen arbeiten mit den Forscherboxen und wechseln zwischen Einzelarbeitsphasen, in denen jede*r Schüler*in die Verantwortung für das eigene Experiment trägt, und Gruppenarbeitsphasen, in denen die sozialen Kompetenzen und der Austausch innerhalb der Gruppe gefördert werden. Das Ziel besteht nicht darin, alle Stationen zu bearbeiten, sondern sich intensiv mit einer Box zu beschäftigen, sodass einerseits jede Person zu „Expert*in“ für den eigenen Versuch wird und andererseits alle Teilnehmer*innen einer Gruppe gemeinsam zu „Expert*innen“ des Themas der Box werden können. Aufbauend darauf werden die Forscherboxen so gestaltet, dass sie vier Einzelversuche und eine Gruppenaufgabe bzw. ein Gruppenexperiment enthalten. Um mögliche Zugangsschwierigkeiten zu überwinden und das Interesse am Thema zu steigern, enthält jede Box neben schriftlichen auch Video-Anleitungen, Hilfekarten und Zusatzaufgaben (Pantiri et al., 2023).

1.3. Fächerübergreifende Themen

Im Projekt E²piMINT wurden zwei Themen ausgewählt, die sich gut für eine Verknüpfung der drei naturwissenschaftlichen Fächer eignen: das Thema „Farben“ und das Thema „Kleben und Haften“. Pro Thema sind sieben verschiedene Forscherboxen mit Unterthemen vorgesehen, die das Hauptthema aus unterschiedlichen Perspektiven behandeln.

Das Thema „Farben“ wurde im Schuljahr 2022/23 entwickelt und erprobt (Pantiri et al., 2024a). Die dazu ausgearbeiteten Forscherboxen sind in Pantiri et al. (2024b) vorgestellt. Zunächst wurden die Boxen in den Schülerlaboren der Goethe-Universität mit verschiedenen Schulklassen getestet. Anschließend wurden sie an Schulen ausgeliehen, um ihre Einsetzbarkeit in der Schulpraxis zu untersuchen.

Das Thema „Kleben und Haften“ wurde im Rahmen eines Seminars für Lehramtsstudierende im Sommersemester 2024 entwickelt. Die entstandenen Forscherboxen wurden im Schuljahr 2024/25 in den Schülerlaboren der Goethe-Universität getestet und anschließend an Schulen ausgeliehen. Dieses Seminar und diese Boxen werden im Folgenden vorgestellt.

2. Das interdisziplinäre Seminar

In den Instituten für Didaktik der Chemie und der Physik sowie in der Abteilung für Didaktik der Biowissenschaften der Goethe-Universität gibt es Seminare, in denen Experimentiersituationen für das Lehr-Lernlabor (Haupt et al., 2013) entwickelt und mit Schulklassen getestet werden. Teilweise haben die Studierenden auch die Möglichkeit, eigene kleine Forschungsprojekte zu planen und durchzuführen.

Neu war im Sommersemester 2024 zum einen, das Seminar für Studierende aller Studiengänge der Sekundarstufe I und aller Naturwissenschaften zu öffnen, und zum anderen das Ziel, Erkenntnisse zum Thema Inklusion in der Schule zu vermitteln. Dies geschah durch die Vorstellung eines erprobten Unterrichtskonzepts und die Sammlung von Praxiserfahrungen. Im Rahmen des Seminars konnten die Studierenden am Forschungsprojekt E²piMINT teilnehmen und wertvolle Inhalte und Materialien in einer ersten Version vorschlagen. Diese wurden nach einer Überarbeitung und Pilotierung in dem Forschungsprojekt eingesetzt.

2.1. Ziel des Seminars

Das Hauptziel der Studierenden im Seminar war die Entwicklung und Erprobung eines inklusiven Schülerlabors zum Thema „Kleben und Haften“ für die Sekundarstufe I nach dem Unterrichtskonzept des Projekts E²piMINT. Die notwendigen Schritte, um dieses Ziel zu erreichen, sind im Folgenden aufgelistet:

- Konzeption und Entwicklung von NaWi-Forscherboxen (jede Box wurde von einer Gruppe Studierender entwickelt),
- Vorbereitung einer Fortbildung für Lehrkräfte der Sekundarstufe I aller Schulformen und Teilnahme an dieser,
- Erprobung der entwickelten Forscherboxen mit Schulklassen,
- Überarbeitung der Materialien nach Reflexion und der Erprobung.

2.2. Teilnehmende am Seminar

Am Seminar im Sommersemester 2024 nahmen insgesamt 23 Lehramtsstudierende der Fächer Physik, Biowissenschaften und Chemie teil. Vertreten waren das Lehramt Gymnasium, Haupt- und Realschule und Förderschule. Die Arbeitsgruppen, die zustande kamen, waren – soweit möglich – fächergemischt, um den Austausch zwischen den verschiedenen Perspektiven zu erleichtern. Die finale Abgabe der Arbeits- und Entwicklungsergebnisse im Seminar erfolgte in Form eines Portfolios, in dem alle Experimentier- und Unterrichtsmaterialien sowie Hinweise für Lehrkräfte enthalten waren.

2.3. Ablaufplan und Organisation des Seminars

Abbildung 1 zeigt den Ablaufplan des Seminars dargestellt, der im Folgenden ausführlich beschrieben wird. Getestet wurden die entwickelten Materialien mit fünf Schulklassen: einer Klasse der 7. Jgst. eines Gymnasiums, einer (Hauptschul-)Klasse der 7. Jgst. einer kooperativen Gesamtschule, einer Mittelstufenklasse einer Förderschule, einer Klasse der 8. Jgst. einer Förderschule und einer (Gymnasial-)Klasse der 9. Jgst. einer kooperativen Gesamtschule.

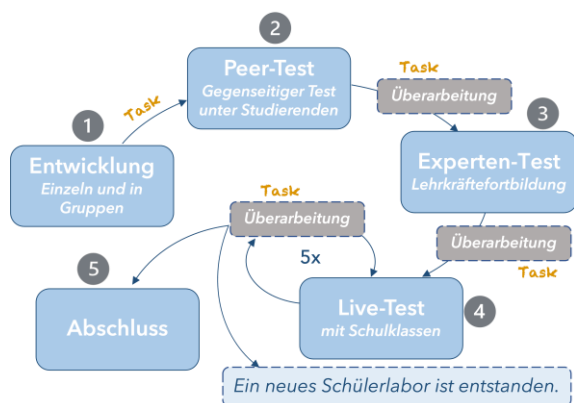


Abb. 1: Ablaufplan des Seminars in Sommersemester 2024 (eigene Darstellung).

2.3.1. Die Entwicklungsphase im Seminar

Im ersten Schritt des Seminarablaufs wurden die Forscherboxen entwickelt. Zu Beginn des Seminars fand eine einführende Sitzung statt, in der das Thema und der Plan des Seminars sowie die Aufgaben für die Studierenden vorgestellt wurden. Danach gab es die erste Aufgabe: Die Studierenden sollten Experimente aus einer oder mehreren Naturwissenschaften herausuchen, die sich mit dem Thema „Kleben und Haften“ befassen und für die Sekundarstufe I geeignet erscheinen.

Ab der zweiten Sitzung folgte die Entwicklungsphase, die drei Einzelsitzungen à 90 Min. umfasste. In dieser Phase wurden die gefundenen Experimente in der Runde und mit den betreuenden Personen besprochen, die endgültige Auswahl getroffen, die Experimente an die Personen verteilt und die Arbeitsgruppen gebildet. Die Gruppeneinteilung fand nach Themen statt: Die Experimente mussten zu thematische Forscherboxen gruppiert werden, weshalb auch die Personen in entsprechenden Gruppen eingeteilt wurden. Die Gruppen waren meistens gemischt und die Experimente entsprachen nicht unbedingt den Fächern der einzelnen Personen. Dies unterstützte den Austausch in der Gruppe und im gesamten Seminar. Während der Entwicklungsphase hatte jede*r Studierende zum einen eine individuelle Aufgabe, d. h. er/sie musste einen Einzelversuch entwickeln und die entsprechenden Hintergrundinformationen, die Materialliste, die Anleitung und ggf. Hinweise erstellen. Zum anderen hatte jede Gruppe die Gruppenarbeiten und Hilfestellungen für die Forscherboxen zu entwickeln. Die Einzelpersonen und die Gruppen waren dafür verantwortlich, dass die Experimente nach Anleitung funktionierten, bereits ausprobiert wurden und die Materialien verfügbar waren (wobei die Beschaffung und Bestellung der Materialien von den betreuenden Personen übernommen wurde).

2.3.2. Der Peer-Test

Nachdem die erste Version jeder Forscherbox fertiggestellt war, fand im zweiten Schritt des Seminars ein Peer-Test statt (eine Doppelsitzung à 180 Minuten). Die Studierenden testeten die Versuche der anderen

Gruppen und gaben Feedback zur Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien.

2.3.3. Der Experten-Test

Im dritten Schritt des Seminars fand eine Lehrkräftefortbildung statt, die in der Abbildung 1 als „Experten-Test“ gekennzeichnet ist, und eine Doppelsitzung in Anspruch nahm. Dabei testeten die Lehrkräfte die Versuche und gaben aus ihrer Perspektive Feedback zur Überarbeitung der Materialien. Die Studierenden konnten von dem Praxiswissen der Lehrkräfte profitieren und danach ihre Materialien überarbeiten.

2.3.4. Der Live-Test

Im vierten Schritt wurden die Forscherboxen mit Schulklassen erprobt, was in der Abbildung als „Live-Test“ bezeichnet wird (fünf Doppelsitzungen). Schulklassen verschiedener Schulformen nahmen am Schülerlabor teil (pro Sitzung eine Klasse). Die Studierenden betreuten die Experimente und beobachteten Stärken und Schwächen der Arbeits- und Experimentiermaterialien. Nach jedem Besuch einer Schulklasse konnten die Studierenden oder die Gruppen selbst entscheiden, ob eine Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien nötig war. Je nach Studiengang und Fach hatten die Studierenden verschiedene Anwesenheitspflichten. So ergab sich, dass nicht alle an allen Terminen teilnehmen mussten, sondern nur an einigen ausgewählt.

2.3.5. Seminarabschluss

Im fünften und letzten Schritt wurde das Seminar am Ende des Semesters gemeinsam mit den Studierenden reflektiert. Einige Ergebnisse und Erkenntnisse aus dieser Reflexion werden im Folgenden vorgestellt.

3. Evaluation des Seminars

Am Ende des Seminars nahmen die Studierenden an einer schriftlichen Befragung mit offenen Fragen zur Evaluation des Seminars teil. Dabei sollten sie über das Seminar reflektieren und ihre Meinung mitteilen. Im Anschluss fand eine freiwillige mündliche Diskussion über einige der in den Fragebögen behandelten Themen statt. In diesem Abschnitt wird auf die aus der qualitativen Analyse gewonnenen positiven Erkenntnisse und Verbesserungsvorschläge der Studierenden eingegangen.

An der Befragung nahmen 14 der 23 Teilnehmenden des Seminars teil. Hauptgrund für diese Quote ist die nicht vorsehbare Überschneidung des letzten Sitzungstermins mit verschiedenen Prüfungsterminen der Studierenden.

3.1. Positive Rückmeldungen

Die am häufigsten genannten Stärken des Seminars werden – nach Kategorien gruppiert – hier vorgestellt. Dabei wird jeweils angegeben, wie viele Studierende denselben Vorteil genannt haben. Argumente, die von weniger als drei Studierenden genannt wurden, werden im Allgemeinen nicht berücksichtigt – es sei denn, dass relevante Gründe vorliegen.

- Interdisziplinarität (12 Nennungen bei 14 Studierenden): Damit ist die Möglichkeit gemeint, die Perspektive anderer Naturwissenschaften kennenzulernen und einen sinnvollen Austausch mit anderen Studierenden zu haben („man lernt voneinander“). Zum Zeitpunkt des Seminars gab es kein anderes Seminar, das die drei NaWi-Fächer kombinierte.
- Praxis-Bezug und Kontakt mit Schülerinnen und Schülern (8 von 14): Vorteile sind beispielsweise, dass man einen „tieferen Einblick in die Denkweise der Lernenden“ bekommt und die erstellten Materialien in der Praxis mit genug Zeit ausprobieren kann.
- Förderung der Kreativität (8 von 14): Die Studierenden konnten eigene Experimente entwickeln und ihre Kreativität einbringen. Dies war durch die Flexibilität und Freiheit möglich, die ihnen gelassen wurde.
- „Es hat Spaß gemacht.“ (3 von 14): Obwohl nur drei Studierenden diesen Vorteil genannt haben, ist es wichtig zu betonen, dass man, wenn man selbst Spaß bei der Vorbereitung einer Unterrichtseinheit hat, bessere Ergebnisse erreichen kann.

3.2. Kritische Rückmeldungen

Die Rückmeldungen sind nach Haupt- und Unterkategorien gruppiert und es wird angegeben, wie viele Studierende denselben Vorschlag gegeben haben. Vorschläge von weniger als drei Studierenden werden im Allgemeinen nicht berücksichtigt – es sei denn, dass relevante Gründe vorliegen.

Was die Organisation des Seminars betrifft, gab es folgende Rückmeldungen:

- a) Aufgabengestaltung und Transparenz (11 von 14): Der Vorschlag, die Aufgaben klarer zu kommunizieren, kam nach der Feststellung, dass zu Beginn des Seminars nicht klar war, dass so viele Überarbeitungen nötig sein würden. Viele Studierende fühlten sich von der Menge der Aufgaben überfordert.
- b) Die Lernplattform, die als Ablageplattform für Materialien verwendet wurde, übersichtlicher gestalten (6 von 14): Es gab zu viele Ordner und es war nicht klar, wo sich die endgültige und letzte überarbeitete Version eines Unterrichtsmaterials befand.
- c) Mehr Zeit (4 von 14): Die Studierenden brauchten sowohl für die Überarbeitung der Materialien nach der Fortbildung als auch während der Seminarsitzungen teilweise mehr Zeit als geplant, um die Materialien vor Ort zu verbessern und einige Ideen sofort zu testen.
- d) Themenvergabe besser gestalten (4 von 14): Einige Studierende hatten aufgrund von Dopplungen Versuche zugeteilt bekommen, die nicht ihre erste Wahl waren.

- e) Die Lehrkräftefortbildung soll für alle verpflichtend sein (2 von 14): Viele Studierende waren der Meinung, dass die Lehrkräftefortbildung für alle verpflichtend sein sollte. Obwohl dies nur von zwei Studierenden explizit als Verbesserungsvorschlag genannt wurde, ist es ein wichtiger Vorschlag. In mündlichen Gesprächen – auch während der Sitzungen – wurde er häufig von unterschiedlichen Studierenden geäußert, sowohl von denjenigen, die an der Fortbildung teilgenommen haben, als auch von denjenigen, die nicht anwesend waren.

An inhaltliche Rückmeldungen ist zu nennen:

- f) Drei der 14 Studierenden gaben an, dass das Thema uninteressant war.
- g) Drei der 14 Studierenden gaben an, dass ihnen eine tiefere Vorstellung des Themas sowie eine genauere Besprechung der Experimente gefehlt habe.

3.3. Anpassungsideen

Die Verbesserungsvorschläge stellen nicht die Idee des Seminars an sich infrage, was sich auch an den positiven Anmerkungen der Studierenden zeigt. Sie kritisieren vielmehr die Organisation und die Einsetzbarkeit in der Praxis. Hier werden vorläufigen Ideen an möglichen Anpassungen gelistet:

- a) Den Seminarplan besser erstellen und zu Beginn transparenter kommunizieren, dass je nach den Verbesserungsvorschlägen, die nach dem Besuch einer Schulklasse geäußert werden, oder je nach festgestellter Schwierigkeit, mehrere Überarbeitungen als geplant notwendig sein können.
- b) Die digitale Lernplattform umstrukturieren, z. B. mit weniger Ordnern.
- c) Eine zusätzliche Sitzung ohne Anwesenheitspflicht einplanen, in der die Studierenden vor Ort sein können, um die Materialien zu überarbeiten und Live-Feedback von den Dozierenden zu erhalten.
- d) Eine gemeinsame Plattform benutzen, auf der man sofort sehen kann, ob ein Versuch bereits ausgewählt wurde oder nicht. Wenn es trotzdem zu Dopplungen kommt, sollten die Versuche nicht durch die Dozierenden, sondern durch die Studierenden zugeteilt werden.

Um der in Punkt g) geäußerten Kritik nachzukommen, kann die erste Sitzung so gestaltet werden, dass die Teilnehmenden eine tiefere inhaltliche Einführung in das Thema erhalten. Zusätzlich können die bereits zur Verfügung gestellte vertiefende Materialien erweitert werden. Einzelne Experimente können dann vor Ort intensiver besprochen werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle oben genannten Punkte leicht umsetzbar sind. Elf der vierzehn Studierenden, die an der Befragung teilnahmen, haben sich zur Frage, ob sie ein solches Seminar wieder besuchen möchten, positiv geäußert und dessen Wichtigkeit anerkannt.

3.4. Weitere Aspekte

Fünf der 14 Studierenden gaben im Feedbackbogen an, dass es bei der Gruppenarbeit zu Schwierigkeiten gekommen sei. Beispiele dafür sind, dass sie sich eine bessere Absprache innerhalb der Gruppe gewünscht hätten und die Aufgaben nicht immer fair verteilt wurden.

Zu beachten ist außerdem, dass die Planung und Durchführung eines solchen Seminars organisations- und zeitaufwändig sind, weshalb die Betreuung durch mindestens zwei Personen empfohlen wird. Je nach Thema müssen viele Experimentiermaterialien besorgt und ein guter Überblick über alle Experimente gewährleistet werden.

4. Die sieben Forscherboxen zum Thema „Kleben und Haften“

In diesem Abschnitt werden die sechs im Laufe des Seminars entwickelten Forscherboxen vorgestellt. Zusätzlich wird die siebte Forscherbox präsentiert, die in einer Staatsexamensarbeit entwickelt wurde und in die Erprobung im Rahmen des Seminars integriert wurde (siehe Webseite des Projekts unter: https://www.bio.uni-frankfurt.de/162697607/Inklusiven_NaWi_Unterricht_mit_Forscherboxen_gestalten_Sek_I).

4.1. Kleben und Haften in der Tier- und Pflanzenwelt

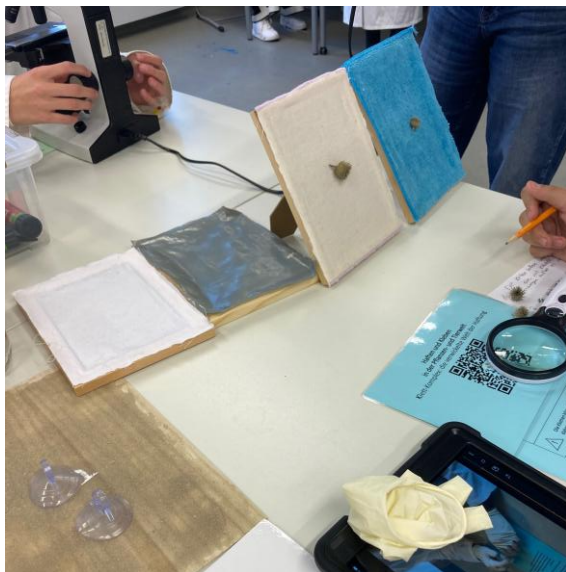


Abb. 2: Experimente mit Kletten und Saugnäpfen aus der Forscherbox „Kleben und Haften in der Tier- und Pflanzenwelt“ (eigene Erstellung).

Der Fokus dieser Box liegt auf einigen physikalischen und chemischen Prinzipien des Klebens und Haftens, wie sie in der Natur zu finden sind. Viele Lebewesen nutzen diese, um an Oberflächen zu haften oder sich daran zu befestigen. Diese Fähigkeiten haben sich im Laufe der Evolution für verschiedene Zwecke wie Fortbewegung, Nahrungsbeschaffung, Schutz oder die Verbreitung von Samen entwickelt. Sie können auch als Inspirationsquelle für technische

Innovationen dienen. Beispiele dafür sind Klettverschlüsse oder Saugnäpfe. Leitfragen, die sich mit der Bearbeitung der Box vertiefen lassen, sind u. a.: Wie kann der Gecko an der Wand laufen? Warum haften Blütenpollen an den Beinen der Bienen?

4.2. Welcher Kleber eignet sich für welche Oberfläche?

Mit der zweiten Box sollen Schüler*innen erkennen, dass es viele verschiedene Klebstoffe gibt und dass die Auswahl des richtigen Klebers für eine Oberfläche entscheidend ist, um eine zweckmäßige Verbindung herstellen zu können. Die Experimente der Box sind in Form eines Rätsels gestaltet, bei dem die verschiedenen Kleber unkenntlich gemacht sind. Darüber hinaus wird untersucht, wie sich die Klebfähigkeit durch Veränderungen, z. B. durch Oberflächenbehandlung (Reinigen oder Aufrauen), beeinflussen lässt.



Abb. 3: Verschiedene geklebte Materialien aus der Forscherbox „Welcher Kleber eignet sich für welche Oberfläche?“ (eigene Erstellung).

4.3. Wasser als Klebstoff

Wie und warum kann Wasser als Klebstoff wirken? In dieser Box werden alltägliche Beispiele benutzt, wie das Ankleben von nasser Kleidung an der Haut, um herauszufinden, welche Eigenschaften des Wassers dafür verantwortlich sind, dass es „kleben“ kann. Unter anderem werden Adhäsion und Kohäsion thematisiert, die für alle Kleber wichtig sind. Abschließend wird in der Gruppe diskutiert, warum Wasser allein jedoch kein dauerhafter Klebstoff ist: Bei Verdunstung oder Trockenheit verschwindet die Haftung, da das Wasser selbst nicht mehr anwesend ist.

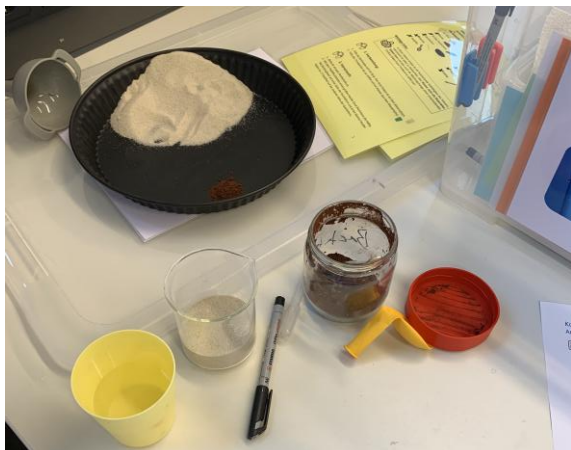


Abb. 4: Experiment zu Sand und Kakao aus der Forscherbox „Wasser als Klebstoff“ (eigene Erstellung).

4.4. Wie stark ist ein Kleber? Klebkraft testen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die maximale Belastbarkeit eines Klebers zu testen. Diese werden hier ausprobiert, indem die Belastbarkeit eines Klebers gemessen wird und die Faktoren untersucht werden, die dabei eine Rolle spielen und die Klebkraft beeinflussen können. Dazu zählen beispielsweise die Art der Materialien, die Oberflächenstruktur, die Klebstoffmenge, die Trocknungszeit und die Umgebungsbedingungen.

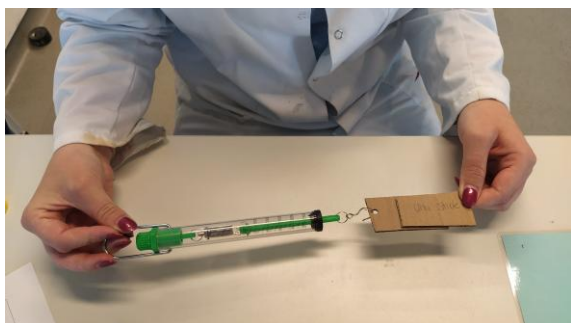


Abb. 5: Experimente mit Klebern und Federwaagen aus der Forscherbox „Wie stark ist ein Kleber? Klebkraft testen“ (eigene Erstellung).

4.5. Kleber lösen

Mit dieser Forscherbox sollen verschiedene Methoden zur Entfernung von Klebstoffen erprobt und ihre Anwendbarkeit im Alltag reflektiert werden. Die Fragestellung ermöglicht es den Lernenden, eigene Erfahrungen, beispielsweise mit Etiketten oder Bastelkleber, mit naturwissenschaftlichen Konzepten zu verknüpfen. Es werden vor allem chemische Methoden mit Lösemitteln ausprobiert, aber auch andere Verfahren, wie das mechanische Abkratzen oder die thermische Behandlung, können erprobt und thematisiert werden. Wie bereits in der zweiten Box zeigt sich auch hier, dass nicht alle Mittel für die Oberfläche und den verwendeten Kleber gleichermaßen geeignet sind.



Abb. 6: Verschiedene Materialien mit aufgeklebten Klebern zum Entfernen aus der Forscherbox „Kleber lösen“ (eigene Erstellung).

4.6. Kleber selbst herstellen

Mit den Experimenten dieser Box können Schüler*innen Klebstoffe aus einfachen, haushaltsüblichen Substanzen selbst herstellen. Beispiele dafür sind Casein-Kleber (aus Milch) oder Gelatine (aus Gummibärchen). Die Experimente bieten einen einfachen Zugang zu naturwissenschaftlichem Arbeiten und helfen, das Verständnis für Alltagschemie zu entwickeln. Neben dem experimentellen Charakter steht der nachhaltige und ressourcenschonende Umgang mit Materialien im Vordergrund. Die entstandenen Naturstoffkleber eignen sich für leichte Anwendungen wie Papier- oder Bastelarbeiten. Sie bieten die Gelegenheit, die Wirkung, die Grenzen und die Zusammensetzung von Klebstoffen kritisch zu reflektieren. Eine Verknüpfung mit der vierten Box ist möglich, indem die Schüler*innen ihre selbst hergestellten Kleber auch testen.



Abb. 7: Vorbereitung verschiedener Naturstoffkleber aus der Forscherbox „Kleber selbst herstellen“ (eigene Erstellung).

4.7. Die Natur als Vorbild – Haihaut- und Lotuseffekt

In dieser Forscherbox werden noch zwei Phänomene aus der Natur aufgegriffen. Zum einen gehen die Lernenden der Frage nach: Warum bleiben die Blätter der Lotuspflanze immer sauber? Der sogenannte Lotuseffekt beschreibt ein Phänomen, bei dem Wasser und Schmutzpartikel von einer Oberfläche abperlen, ähnlich wie bei den Blättern der Lotuspflanze. Dabei nimmt das ablaufende Wasser den Schmutz mit, sodass die Oberfläche sauber bleibt. Zum anderen steht die Frage im Mittelpunkt: Warum haften Seepocken an Wale, aber nicht an Haien? Die Haut von Haien ist mit kleinen Plakoidschuppen bedeckt, die eine raue, hydrodynamische Struktur bilden. Diese verhindert das Anhaften von Seepocken und anderen Organismen. Wale hingegen besitzen eine glatte, weiche Haut ohne solche Schutzmechanismen. Die Schüler*innen lernen durch einfache Experimente mit verschiedenen Pflanzenblättern sowie mit echter Hai- und Fischhaut diese beiden Effekte kennen. Sie bauen Modelle dafür und betrachten die Eigenschaften unter einem Binokular.



Abb. 8: Haihaut unter einem Binokular aus der Forscherbox „Die Natur als Vorbild – Haihaut- und Lotuseffekt“ (eigene Erstellung).

5. Literatur

Arndt, A.K., Werning, R. (2013). Unterrichtsbezogene Kooperation von Regelschulen und Lehrkräften für Sonderpädagogik. Ergebnisse eines qualitativen Forschungsprojektes. In: Ann-Kathrin Arndt und Rolf Werning (Hrsg.): Inklusion:

Kooperation und Unterricht entwickeln. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 12–40.

Brigham, F.J., Scruggs, T.E. and Mastropieri, M.A. (2011). Science Education and Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26: 223-232. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00343.x>

Buchhaupt, F., Hahn, L.; Katzenbach, D., Klein, A. et al. (2019). Evaluation der Modellregion Inklusive Bildung Frankfurt am Main. Frankfurter Beiträge zur Erziehungswissenschaft, 21. Norderstedt.

DBR Collective (2003). Design-Based-Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5-8.

Feuser, G. (1982). Integration = die gemeinsame Tätigkeit (Spielen/Lernen/Arbeit) am gemeinsamen Gegenstand/Produkt in Kooperation von behinderten und nichtbehinderten Menschen. *Behindertenpädagogik* 21 (2), 86–105.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., und Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Unterricht*, 66, S. 324-330.

Inklusiven NaWi-Unterricht mit Forscherboxen gestalten: https://www.bio.uni-frankfurt.de/162697607/Inklusiven_NaWi_Unterricht_mit_Forscherboxen_gestalten_Sek_I (Stand: 30.05.2025)

Kultusministerkonferenz (2022). Sonderpädagogische Förderung in Förder- und Regelschulen. Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz, Dokumentation Nr. 223 - Februar 2020, 128-131. DOI: 10.3278/6001820hw

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert, & O. Musenberg (Hrsg.): *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Stuttgart: Kohlhammer, 131-140.

Pantiri, G.; Burkhardt, L. M.; Wilhelm, T.; Wenzel, V.; Lühken, A.; Katzenbach, D. (2023). Entwicklung praxistauglicher, inklusiver MINT-Vermittlungskonzepte für die Schule - In: Grötzebach, H. & Heinicke S. (Hrsg.): *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2023*, 247 - 251, <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1373/1566>

Pantiri, G.; Wilhelm, T.; Burkhardt, L. M.; Wenzel, V.; Lühken, A.; Katzenbach, D. (2024a). Inklusiver NaWi-Unterricht: Erprobung von Lernstationen zu Farben – In: v. VORST, H. (Hrsg.): *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*,

- Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hamburg 2023, Band 44, 2024, S. 470 – 473, https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/H11_Pantiri.pdf
- Pantiri, G.; Wilhelm, T.; Burkhardt, L. M.; Wenzel, V.; Lühken, A.; Katzenbach, D. (2024b). Forscherboxen und Unterrichtsmaterial zum Thema „Farben“ im inklusiven NaWi-Unterricht. In: GRÖTZEBAUCH, H. & HEINICKE S. (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2024, S. 159-166, <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1455/1627>
- Stinken-Rösner, L. et al. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45
- Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin u.a: Springer Spektrum, 31–42.

Danksagung

Herzlichen Dank an Frau Dr. Edith Nitsche, die das Seminar mit durchgeführt hat. Wir bedanken uns bei ihr für ihre Mitarbeit und Unterstützung.