

Forscherboxen und Unterrichtsmaterial zum Thema „Farben“ im inklusiven NaWi-Unterricht

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

¹Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main

²Abteilung Didaktik der Biowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max von-Laue-Str. 13, 60438 Frankfurt am Main

³Institut für Didaktik der Chemie, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max von-Laue-Str. 7, 60438 Frankfurt am Main

⁴Institut für Sonderpädagogik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Theodor-W.-Adorno-Platz 6D, 60323 Frankfurt am Main

pantiri@physik.uni-frankfurt.de, l.burkhardt@bio.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 Rahmen des Design-Based Research Projektes E²piMINT wird ein inklusives und interdisziplinäres Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I entwickelt, getestet und evaluiert. Eine Herausforderung, die dieses Projekt angeht, besteht darin, Lehrkräften eine wirksame Unterstützung für die Unterrichtsgestaltung zu bieten. Dafür wurde ein Projekttag zum Thema „Farben“ konzipiert und in den Schülerlaboren der Goethe-Universität Frankfurt durchgeführt, an dem insgesamt 38 Schulklassen teilnahmen. Bei diesem Konzept arbeiten die Schüler*innen während des Projekttagess an Stationen, die in Form von Forscherboxen erstellt wurden, und führen Experimente zu verschiedenen Themen in den Perspektiven der drei Naturwissenschaften durch. An die Erprobung im Schülerlabor schließt sich eine zweite Phase in der Schule an, um die praktische Wirksamkeit des entwickelten Konzeptes in schulischen Lernumgebungen zu erforschen.

In diesem Artikel werden das Konzept und die erstellten Materialien zum Thema „Farben“ vorgestellt. Die Materialien umfassen sowohl das Experimentiermaterial der Boxen als auch helfende Unterrichtsmaterialien wie Anleitungen in verschiedenen Formen und Hilfekarten. Das entwickelte Unterrichtsmaterial enthält besondere inklusive Merkmale, deren praktische Wirksamkeit erprobt wurde und die im Artikel beschrieben werden.

1. Kontext

1.1. Das Projekt E²piMINT

Seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahr 2009 hat sich der Beschulungsort von Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf (SPF) in Deutschland stark verändert. So stieg in dieser Zeit der Anteil aller Schüler*innen mit SPF, die eine allgemeinbildende Schule besuchten, von 19,8 % auf 44 % im Jahr 2020 (Kultusministerkonferenz, 2022). Den größten Anteil haben dabei Schüler*innen mit den Förderschwerpunkten „Lernen“, „Sprache“ und „emotional soziale Entwicklung“. Es besteht daher ein Bedarf, aus der Forschung konkrete Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung zu entwickeln. Häufig werden Vorschläge nur auf die Notwendigkeit der Individualisierung des Unterrichts reduziert (Arndt & Werning, 2013; Buchhaupt et al., 2019). Eine Herausforderung besteht darin, Unterrichtsgestaltungsformate zu entwickeln, die Schü-

ler*innen mit höchst unterschiedlichen Lernvoraussetzungen eine gemeinsame Bearbeitung ermöglichen. Es muss eine Balance zwischen individualisierten und gemeinschaftlichen Handlungsmustern gefunden werden, um das „Lernen am gemeinsamen Gegenstand“ zu ermöglichen (Feuser, 1982). Dieser Anspruch ist bisher in der praktischen Arbeit nicht genügend erreicht. Ein Grund dafür wird in dem selten vorhandenen Austausch der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken mit der Inklusionspädagogik gesehen (Menthe & Hoffmann, 2015); Stinken-Rösner et al., 2020). Dieser Aufgabe stellt sich das „Design-Based Research“-Projekt E²piMINT („Evidenzbasierte Entwicklung praxistauglicher inklusiver MINT Vermittlungskonzepte für die Schule“), in dem Vertreter*innen aus der Didaktik der drei Naturwissenschaften mit der Sonderpädagogik zusammenarbeiten, um eine Synergie der unterschiedlichen Expertisen zu nutzen und um innovative und inklusive Vermittlungskonzepte zu entwickeln (DBR Collective, 2003; Wilhelm & Hopf, 2014).

Innerhalb des Projekts wurde ein inklusives Unterrichtskonzept entwickelt (siehe Abschnitt 1.2), das zunächst in den Schülerlaboren der Goethe-Universität Frankfurt unter kontrollierten Bedingungen erprobt wurde (Pantiri et al., 2023) und im Abschnitt 3 ausführlich beschrieben wird. Dafür wurde das Thema „Farben“ und die 5. bis 7. Jahrgangsstufen gewählt. An diese Forschungsphase schließt sich eine zweite Phase an, bei der die Wirksamkeit des Konzeptes unter Feldbedingungen, also in der Schulpraxis, geprüft wird. Außerdem werden die beiden Phasen (Labor- und Feldbedingungen) mit einem zweiten Thema „Haften und Kleben“ wiederholt, um eine andere Altersspanne zu betrachten (7. bis 9. Jgst.) und um eventuelle Zusammenhänge zu einem bestimmten Thema zu untersuchen. Der Ablaufplan des Projektes ist in Abbildung 1 dargestellt.

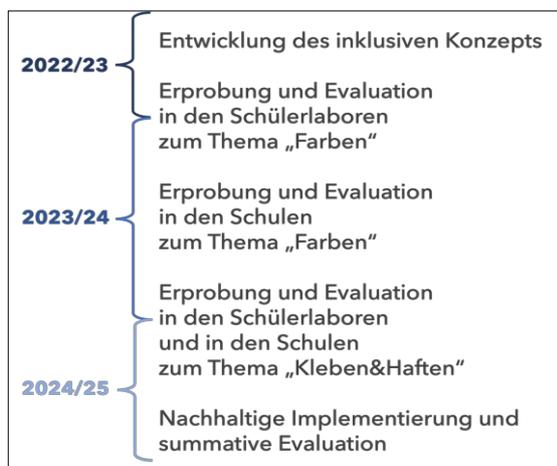


Abb. 1: Ablaufplan des Projekts E²piMINT

Als Zielgruppe wendet sich das Projekt an Schüler*innen der Sekundarstufe I aller Schulformen. Dabei sind von besonderer Bedeutsamkeit die Gesamtschulen, die sich in Hessen stark entwickelt haben: integrative Gesamtschulen (IGS) und kooperative Gesamtschulen (KGS). Bei integrativen Gesamtschulen handelt es sich um Schulen mit gemischten Klassen, in denen alle Schüler*innen unabhängig von evtl. Förderbedarf gemeinsamen unterrichtet werden, und in denen nur in einzelnen Fächern die Schüler*innen nach Leistung aufgeteilt werden. Bei kooperativen Gesamtschulen handelt es sich um Schulen, in denen es nebeneinander unterschiedliche Klassenarten gibt (Hauptschul-, Realschul-, Gymnasial- und Förderklassen), die aber miteinander kooperieren und unter dem gleichen Dach gesammelt werden. Dabei können einzelne Fächer gemeinsam unterrichtet werden (Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen). Aufgrund der Organisation und dem Ziel der Gesamtschulen gab es von diesen den meisten Zuspruch zum Konzept bzw. am meisten Interesse am Schülerlabor, wie in der Abbildung 2 zu sehen ist. Allerdings sind derzeit im Projekt fast alle Schulformen vertreten. Eine Stärke des Konzeptes besteht darin, dass es nicht nur für stark heterogene Klassen gut geeignet ist, sondern auch für homogenere Schulklassen.

Das Projekt E²piMINT wird mit verschiedenen Forschungsmethoden untersucht. U. a. werden das Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schüler*innen in den Naturwissenschaften und beim Experimentieren, das inhaltliche Verständnis der betrachteten Themen und die Einflüsse der Gruppendynamik erforscht (Pantiri et al., 2024). Die begleitende Forschung wird in diesem Artikel jedoch nicht im Detail vorgestellt.

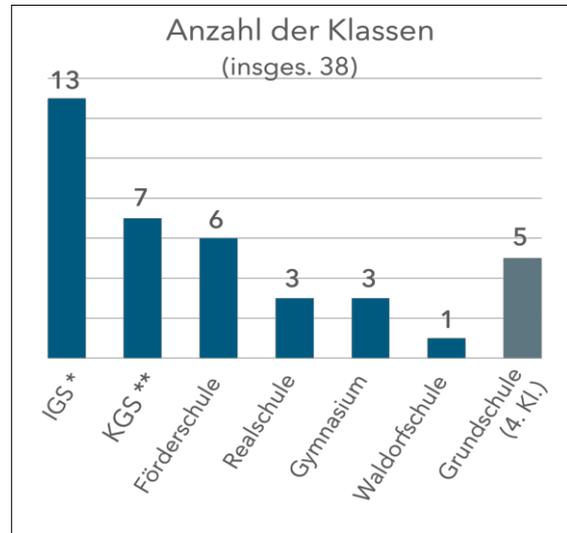


Abb. 2: Besuche des Schülerlabors „Farben“, Zeitraum 2/2023 bis 3/2024. *IGS: Integrierte Gesamtschulen, **KGS: Kooperative Gesamtschulen

1.2. Das entwickelte Unterrichtskonzept

Zentral ist die Stationenarbeit mit stark handlungsorientierten Experimenten. Die Schüler*innen arbeiten in der Regel in Vierer-Gruppen an einer Station zusammen (auch Dreier-Gruppen sind möglich) und können danach die Station wechseln. Die Stationen sind in Form von Forscherboxen konzipiert, wobei für das Thema „Farben“ sieben verschiedenen Forscherboxen entwickelt wurden (siehe Abb. 3), die in Abschnitt 4 inhaltlich vorgestellt werden. Die verwendeten Anleitungen und Hilfen werden in Abschnitt 2 beschrieben.



Abb. 3: Forscherboxen zum Thema „Farben“

Die Teilnehmende im Schülerlabor waren u. a. Schüler*innen (SuS) mit individuellen Förderbedarfen in heterogenen Klassen, wobei die meisten SuS den Förderschwerpunkten „Lernen“, „Sprache“ und „emotionale und soziale Entwicklung“ zugeordnet waren. Aus diesem Grund war es eine große Herausforderung, allen eine Teilnahme zu ermöglichen, aber gleichzeitig Einzelarbeit und extreme Differenzierung zu vermeiden.

Ausgehend von der Beobachtung, dass bei Gruppenarbeit oft die Gefahr besteht, dass die Arbeit den Stärksten überlassen wird oder von diesen absichtlich übernommen wird, besteht bei dem entwickelten Konzept die Gruppenarbeit mit der Forscherbox aus zwei Hauptphasen. Jede Forscherbox enthält jeweils vier Experimente, die sich durch die Methoden oder Gegenstände voneinander unterscheiden lassen, so dass jede/r Schüler*in der Gruppe ein eigenes Experiment hat. In einer ersten Phase arbeiten die SuS allein und eigenständig an ihrem eigenen Experiment, obwohl sie trotzdem Ideen mit der Gruppe austauschen und sich gegenseitig helfen können. In der zweiten Phase geht es um die Zusammenarbeit. Die SuS bekommen eine gemeinsame Gruppenaufgabe, die im Zusammenhang mit den vier einzelnen Experimenten ihrer Forscherbox steht. Alle Gruppenmitglieder müssen mitarbeiten, um diese Gruppenaufgabe zu lösen. Auf diese Weise kann jede*r Schüler*in selbstständig an einer eigenen Aufgabe arbeiten und Ergebnisse erzielen, die sich von denen der Gruppe unterscheiden und dennoch thematisch vergleichbar sind. Dies fördert die Wertschätzung der individuellen Arbeit und gleichzeitig die Teamarbeitsfähigkeiten, was weniger Raum für die Durchsetzung einiger auf Kosten anderer lässt. Sowohl die Ergebnisse aus den Einzelversuchen als auch die von der Gruppenarbeit werden abschließend auf ein Gruppenplakat eingetragen. Das Ausfüllen des Plakats ist ein wichtiger Abschluss der Gruppenarbeit, da die Arbeit aufgeteilt wird und jede*r Schüler*in die Versuchsergebnisse der anderen wahrnehmen kann.

2. Die inklusive Gestaltung einer Forscherbox

Als besondere Inklusionsmaßnahme haben wir für die SuS unterschiedliche Zugänge zu den Experimenten entwickelt. Für jedes Experiment gibt es eine in einfacher Sprache geschriebene Experimentieranleitung in gedruckter Form. Um insbesondere SuS mit Barrieren im Bereich „Lesen“ zu unterstützen, gibt es aber auch eine äquivalente Experimentieranleitung in Form eines Lege-Videos, das mit einem Tablet angeschaut werden kann. Zusätzlich sind in jeder Forscherbox gestufte Hilfekarten vorhanden, die die SuS bei Bedarf nehmen können. Für leistungsstärkere SuS sind Zusatzaufgaben vorbereitet, sodass diese SuS noch tiefer in das Thema einsteigen können. Alle genannten Maßnahmen werden im Folgenden im Detail vorgestellt.

2.1. Schriftliche Anleitungen

Die schriftlichen Anleitungen in einfacher Sprache sind jeweils auf zwei Seiten begrenzt, wie auf den Abbildungen 4 und 5 zu sehen ist. Auf der Vorderseite befindet sich die Materialliste (mit Bildern begleitet) und wichtige Grundinformationen. Auf der Rückseite ist die ausführliche Beschreibung des Versuchs zu lesen.



Abb. 4: Beispiel einer schriftlichen Anleitung, Vorderseite

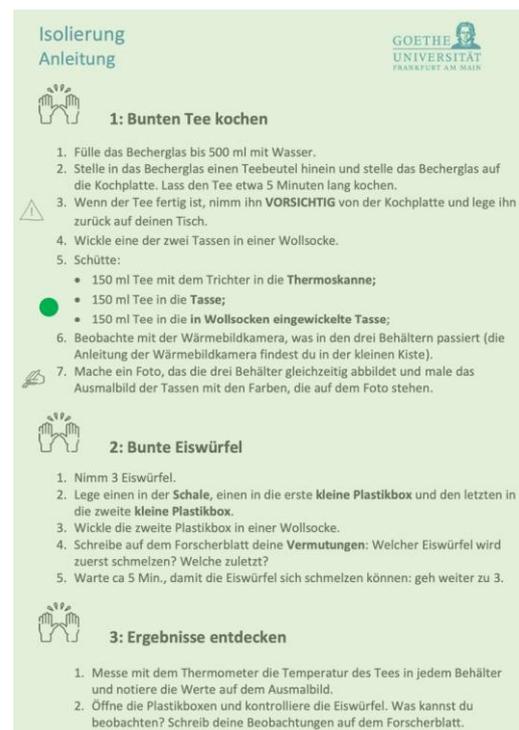


Abb. 5: Beispiel einer schriftlichen Anleitung, Rückseite

In der ersten Einzelarbeitsphase haben die SuS wenig Möglichkeit, frei zu experimentieren: Sie müssen zunächst jeden Schritt der Anleitung befolgen, die aus diesem Grund in kleinen Schritten beschrieben ist, und haben erst nach Abschluss des Experiments die Möglichkeit, freier weiter zu experimentieren. Um insbesondere SuS mit Förderbedarf zu unterstützen, werden wasserlösliche Marker bereitgestellt, mit denen die SuS die bereits erledigten Schritte durchstreichen können und so eine visuelle Hilfe für die Reihenfolge der Durchführung erhalten. Schließlich ist immer dann, wenn eine Hilfekarte existiert (siehe Abschnitt 2.3), ein Hinweis auf der Anleitung angegeben (der grüne Punkt in Abbildung 5).

2.2. Videoanleitungen

Zu jeder schriftlichen Anleitung wurde ein Video in Lege-Technik aufgenommen (siehe Abb. 6). Diese Technik wurde anderen vorgezogen (zum Beispiel Tutorien), da sie es ermöglicht, eine alternative Version der schriftlichen Anleitung zu erstellen und gleichzeitig die Ergebnisse nicht vorwegzunehmen, was die Selbständigkeit der Schüler*innen während dem Experimentieren einschränken würde.

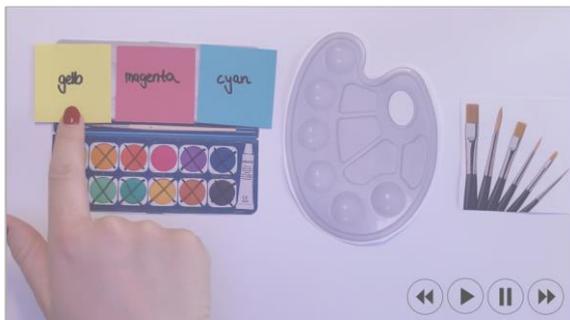


Abb. 6: Beispiel aus einem Lege-Video

Die Videos sind alle vertont. Bei den gezeigten Bildern handelt es sich meist um Fotos der realen Gegenstände und Geräte, die die SuS im Experiment verwenden, um eventuelle Schwächen in der Visualisierung zu berücksichtigen. Die Videos können während des Betrachtens pausiert werden, falls einzelne Schritte noch einmal überprüft werden müssen und um das Arbeitstempo des Einzelnen zu berücksichtigen.

2.3. Hilfekarten



Abb. 7: Hilfekarte mit schwierigen Begriffen

Zur Förderung von verschiedenen Zugängen sind in jeder Box gestufte Hilfekarten vorhanden. Die SuS können selbst wählen, ob und wann sie diese Hilfen benutzen wollen. Für das Thema „Farben“ sind sie in zwei Stufen konzipiert: Entweder zeigen sie nur die Bedeutung einzelner Wörter, die den SuS schwierig oder unbekannt sind (siehe Abb. 7) oder sie erklären mit aufeinanderfolgenden Bildern schwierige Verfahren (siehe Abb. 8).

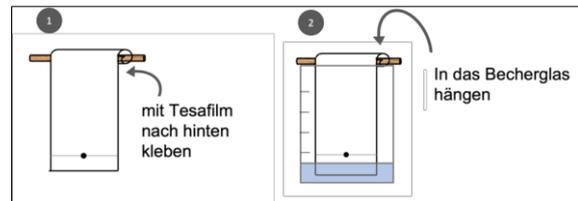


Abb. 8: Hilfekarte mit dargestelltem Verfahren

Auf die Hilfekarten wird in den Anleitungen hingewiesen. Die Entscheidung, welche Schritte oder Begriffe mit den Hilfekarten gezeigt werden sollen, wurde während der Pilotierung des Konzepts infolge der qualitativen Beobachtungen getroffen.

2.4. Zusatzaufgaben

Insbesondere beim Wechsel von Einzel- zu Gruppenarbeit kann es vorkommen, dass einige SuS schneller sind als andere und auf die anderen Gruppenmitglieder warten müssen. Um Wartezeiten zu vermeiden, befinden sich in jeder Box einige Zusatzaufgaben, die nach Interesse durchgeführt werden können. Sie nehmen in der Regel weniger Zeit in Anspruch als die Einzelversuche und können in Einzel- oder Gruppenarbeit durchgeführt werden. Bei starkem Interesse der ganzen Gruppe können sie auch als zusätzliche Gruppenarbeit durchgeführt werden. Inhaltlich bieten sie die Möglichkeit, tiefer in das Thema einzusteigen, indem sie u. a. neue Gegenstände benutzen oder eine zusätzliche Methode verwenden.

2.5. Gruppenarbeit und Gruppenplakat

Wenn alle SuS mit den einzelnen Versuchen fertig sind, kommen sie zur Gruppenarbeit zusammen. Alle einzelnen Ergebnisse sind an dieser Stelle wichtig: Es handelt sich um einen Austausch zwischen den SuS, aber auch um eine kleine Aufgabe, die sie zusammen bearbeiten sollen. Die Aufgabe endet in allen Fällen mit dem Ausfüllen eines Gruppenplakats. Die Gruppenplakate sind vorgestaltet und enthalten Verständnisfragen, die alle gemeinsam beantworten sollen, sowie Kästchen, in die die SuS ihre Ergebnisse einkleben oder hineinmalen müssen (siehe Abb. 9 als Beispiel).

In der Pilotierung und in der Hauptstudie wurde mehrmals festgestellt, dass ein Gruppenplakat besser funktioniert als einzelne Arbeitsblätter, bei denen die SuS die Fragen allein beantworten müssen. Somit werden die sozialen Kompetenzen gefördert und die Verantwortung für die Gruppenergebnisse wird von allen übernommen. Außerdem können die SuS die Ergebnisse der anderen sehen und sie mit den eigenen

vergleichen. Dies bietet auch die Möglichkeit, gemeinsam über die Experimente nachzudenken und zu reflektieren; es können neue Fragen auftauchen und die Überlegungen dazu am Ende wieder in das Plenum eingebracht werden.



Abb. 9: Gruppenplakat (Vorder- und Rückseite)

3. Das Schülerlabor „Farben“

Um das Konzept zu testen und u. a. die Wirksamkeit der inklusiven Gestaltung zu prüfen, wurde ein Schülerlabor mit insgesamt 38 Schulklassen durchgeführt. Es fand in den Schülerlaboren der Goethe-Universität Frankfurt im Zeitraum Februar 2023 bis März 2024 statt. Jeder Schülerlabortag dauerte vier bis fünf Stunden, die wie folgt organisiert waren (siehe auch Abb. 10). Am Anfang stand eine kurze Einführungspräsentation, in der der Ablauf des Tages, die Themen der Forscherboxen und einige wichtige Hinweise erläutert wurden. Nach einer Einteilung in heterogene Gruppen (entweder durch die begleitende Lehrkraft oder durch die SuS mit der Zustimmung der Lehrkraft), wählte jede Gruppe eine Forscherbox, mit der sie anfangen wollte (keine Dopplungen möglich). Die erste Experimentierunde dauerte 40 bis 50 Minuten

und nach einer 20-minütigen Pause konnten die SuS an einer zweiten Box arbeiten. Je nach Zeit war auch eine dritte Experimentierunde möglich. Zum Schluss kamen die SuS zu einem angeleiteten Plenum zusammen, bei dem sie sich mit den Betreuenden über den Inhalt austauschten und bei dem die SuS noch neue Fragen stellen und gemeinsam über die Ergebnisse nachdenken konnten. Es wurde ihnen auch angeboten, in der Abschlussrunde die angefertigten Gruppenplakate zu Hilfe zu nehmen, die sie außerdem am Ende des Tages mit in die Schule nehmen konnten. Bemerkenswert ist ein weiterer Vorteil des Konzepts: Sowohl ab der zweiten Experimentierunde als auch in der Abschlussphase wurde die Gruppe, welche als erste an einer Box gearbeitet hatte, als Experten-Gruppe von den anderen betrachtet und konnte so die gewonnenen Erfahrungen mit der Box helfend austauschen. Damit werden einige ausgewählte Elemente eines Gruppenpuzzles übernommen (Berger & Hänze, 2004).

4. Die sieben Forscherboxen zum Thema „Farben“

Für das Thema „Farben“ wurden die folgende Forscherboxen konzipiert. Sie betrachten das Thema aus den Perspektiven der drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik und es besteht in einigen Fällen keine scharfe Trennung zwischen den Disziplinen. Die Materialien sind in den meisten Fällen sehr alltagsnah und den SuS bereits bekannt (zum Beispiel Lebensmittel, Filzstifte und Temperafarben, Blumen und Blätter). Dies ermöglicht es den SuS einerseits, diese Materialien aus einer wissenschaftlichen Perspektive kennenzulernen und zu untersuchen, was für sie neu und ungewohnt sein kann. Andererseits erleichtert es ihnen den Zugang zu den Experimenten: Durch die Verwendung vertrauter Materialien liegt der Schwerpunkt für sie auf der Auseinandersetzung

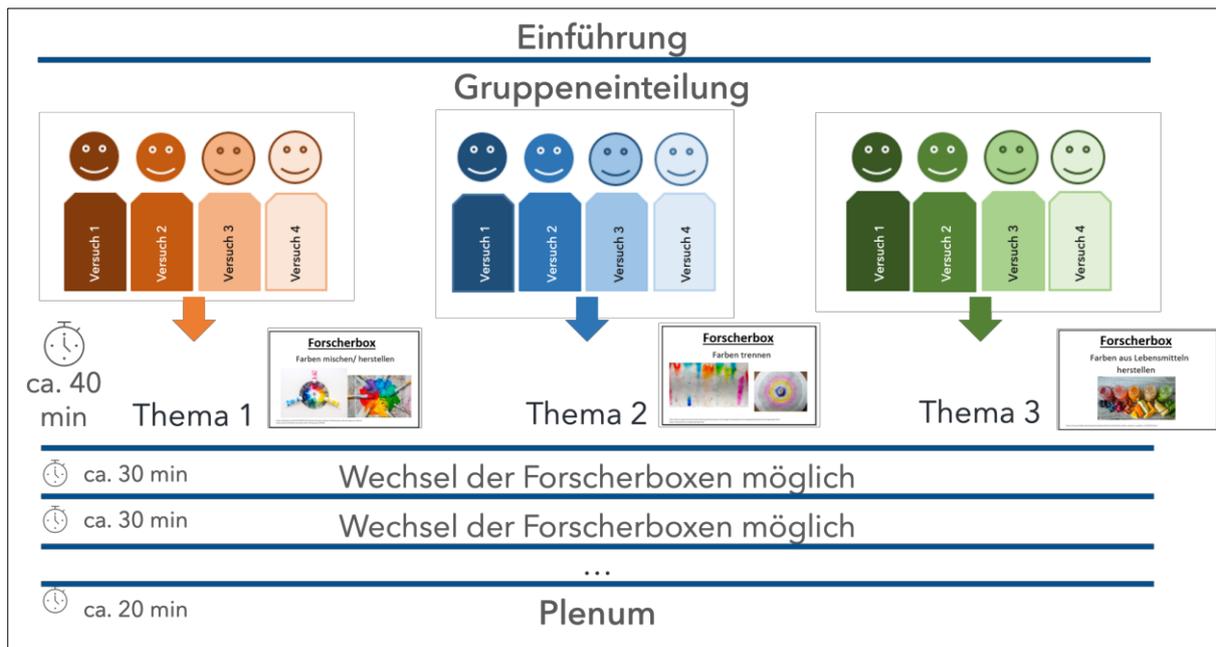


Abb. 10: Ablaufplan eines Schülerlabortages

mit neuen Laborgeräten und wissenschaftlichen Verfahren (Brigham et al., 2011).

4.1. Farben mischen

Mit der Box „Farben mischen“ werden physikalische und chemische Eigenschaften von Farbstoffen erforscht (subtraktive Farbmischung). Die SuS arbeiten nur mit den drei Grundfarben der subtraktiven Farbmischung und lernen, wie man nur aus diesen drei alle anderen Farben erhalten kann. Dabei lernen sie verschiedene Formen von Farbstoffen (Acryl- und Wasserfarben) kennen oder stellen sie selbst her (Ölfarben und gefärbtes Wasser). Diese Box lässt sich besonders gut mit der zweiten und dritten Box und zusätzlich mit dem Fach Kunstverbindung verbinden. Eine leitende Frage für die Gruppenarbeit ist es, wie ein Farbdrucker funktioniert. Dabei haben sie einen 4-Pass-Handy-Drucker zur Verfügung, um das Druckverfahren zu beobachten, zu beschreiben und zu erklären.



Abb. 11: Gefärbtes Wasser, mit Krepppapier hergestellt

4.2. Farben trennen

Beim Thema „Farben trennen“ werden verschiedene Methoden der Chromatografie verwendet, um das Farbstoffgemisch eines schwarzen Filzstiftes zu untersuchen. Es wird deutlich, dass sich das Schwarz in verschiedene Farben trennt. Es kann weiter untersucht werden, wie andere Farbstoffgemische sich trennen und entdeckt werden, dass die drei Grundfarben (der subtraktiven Farbmischung) sich nicht weiter trennen lassen. Deshalb ist diese Box mit der ersten verbunden (Goethe-Schülerlabor Chemie).



Abb. 12: Ergebnisse aus der Chromatografie mit schwarzer Filzstiftfarbe: Filterpapier-Methode (links) und Säulenchromatografie-Methode (rechts)

4.3. Farben aus Lebensmitteln herstellen

Mit Hilfe der Box „Farben aus Lebensmitteln herstellen“ werden Farbstoffe aus verschiedenen Pflanzenteilen (Früchte, Blätter, Wurzeln usw.) mit verschiedenen Methoden (Kochen, Lösen, Reiben usw.) gewonnen. Die Farbstoffe werden anschließend in verschiedenen Kombinationen gemischt und auch in diesem Fall kann das subtraktive Mischen von Farbstoffen betrachtet werden. Ein Vergleich zwischen den selbsthergestellten Farben und bereitgestellten Lebensmittelfarben ist auch möglich.



Abb. 13: Zwei Schüler*innen arbeiten mit Lebensmitteln und stellen verschiedene Farbstofflösungen her

4.4. Farben als Indikator

Mit der Box „Farben als Indikator“ wird ein Säure-Base-Farbindikator thematisiert. Die SuS bestimmen den pH-Wert verschiedener Lebensmittel oder Erdproben und stellen selbst ein einfaches pH-Meter her. Ziel ist hier nicht, den pH-Wert chemisch-mathematisch zu verstehen, sondern zu erkennen, dass die Farben in diesem Fall als „Anzeiger“ für eine Stoffeigenschaft zu betrachten sind.



Abb. 14: Bestimmung des pH-Wertes verschiedener Erdproben (oben) und Lebensmittel oder Flüssigkeiten (unten)

4.5. Farben mikroskopieren

Mit Hilfe des Mikroskops werden die in den Zellen verschiedener Pflanzenarten enthaltenen Farbstoffe untersucht. Dafür können die SuS auch kleine Stücke der Lebensmittel benutzen, die in der dritten Forscherbox verwendet werden. Die Lernenden beschäftigen sich auch mit der Frage, wie die Spurensicherung der Polizei funktioniert und können auch ihre Fingerabdrücke unter dem Mikroskop betrachten.

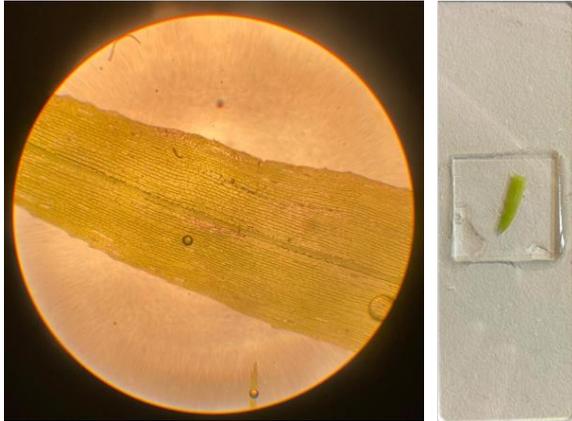


Abb. 15: Wasserpestblatt unter dem Mikroskop (links) mit dem entsprechenden Präparat (rechts)

4.6. Hat Wärme eine Farbe?

Bei der Box „Hat Wärme eine Farbe?“ wird eine Wärmebildkamera verwendet, um die Oberflächentemperatur verschiedener Gegenstände zu visualisieren. Dabei wird gezeigt, wie die physikalische Zustandsgröße Temperatur mit Hilfe eines Farbcodes für eine visuelle Wahrnehmung übersetzt werden kann (Molz et al., 2022; Vollmer, 2022; Weßnigk & Heinicke, 2017). Die Farben gelten in diesem Fall als „Darstellungsform“. Zu diesem Zweck ändern die SuS die Farbskala der Kamera (die auch in Grautönen erhältlich ist), denn ein wichtiges Ziel der Box ist es, das präkonzeptuelle Denken „heiß = rot“ und „kalt = blau“ sowie weitere Schülervorstellungen zur Wärme (Fischler & Schecker, 2018) zu verändern und zu erweitern.

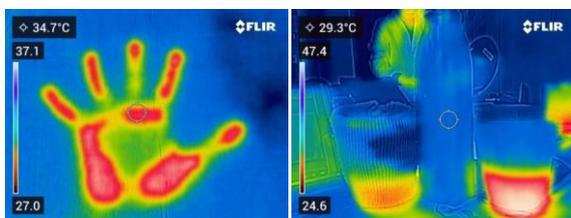


Abb. 16: Bilder der Wärmebildkamera, die während der Projekttagen gemacht wurden. Handabdruck auf dem Tisch (links); Heißer Tee in verschiedenen Behältnissen (rechts)

4.7. Bunte Flammen

Mit der Box „Bunte Flammen“ lernen die SuS wie farbige Flammen entstehen können. An dieser Stelle wird das Erlebnis von bunten Feuerwerken in Erinnerung gerufen. Eine leitende Frage ist: Wie kann man

Flammen färben und welches Salz ermöglicht welche Farbe? Die Lernenden arbeiten dabei mit einer offenen Flamme, weshalb in diesem Fall eine Betreuung notwendig ist.



Abb. 17: Experiment der Box „Bunte Flammen“

5. Ausblick

Alle Themen und Materialien zu den Themen „Farben“ und „Haften und Kleben“ werden in den Schuljahren 2023/24 und 2024/25 Lehrkräften verschiedener Schularten vorgestellt. Es werden Lehrkräftefortbildungen entwickelt und durchgeführt, um Schulen mit dem Konzept vertraut zu machen und ihnen neue Möglichkeiten der inklusiven Gestaltung anzubieten. Die Zusammenarbeit mit Schulen ist ein zentraler Punkt des E²piMINT-Projekts, um die Praxistauglichkeit der Unterrichtsmaterialien zu gewährleisten.

6. 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.
- Berger, R.; Hänze, M. (2004). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 205-219.
- 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.
- Fischler, H.; Schecker, H. (2018): Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.). Schülervorstellungen und Physikunterricht, https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_7, 139-152.
- Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen, <https://kultus.hessen.de/Schulsystem/Schulformen-und-Bildungsgaenge/Gesamtschule> (Stand: 31.05.2024)
- Kultusministerkonferenz (2022). Sonderpädagogische Förderung in Förder- und Regelschulen. Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz, Dokumentation Nr. 223 - Februar 2020, 128-131. DOI: 10.3278/6001820hw
- Goethe-Schülerlabor Chemie. Thementage des Goethe-Schülerlabors Chemie: <https://www.uni-frankfurt.de/53459095/Thementage> (Stand: 31.05.2024)
- 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.
- Molz, A.; Wilhelm, T.; Kuhn, J. (2022). Das Unsichtbare sichtbar machen: Smartphones als Wärmebildkamera. In: Wilhelm, T.; Kuhn, J. (Hrsg.): Für alles eine App. Ideen für Physik mit dem Smartphone, Springer-Spektrum, 5, 2022, 223 – 228. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63901-6_3
- Pantiri, G.; Burkhardt, L. M.; Wilhelm, T.; Wenzel, V.; Lühken, A.; Katzenbach, D. (2023). Entwicklung praxistauglicher, inklusiver MINT-Vermittlungskonzepte für die Schule - In: Grötzebauch, 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. (2024). 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
- Stinken-Rösner, L. et al. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45
- Vollmer, M. (2022). Infrared Cameras as Smartphone Accessory: Qualitative Visualization or Quantitative Measurement?. In: Haglund, J., Jeppsson, F., Schönborn, K.J. (eds) Thermal Cameras in Science Education. Innovations in Science Education and Technology, vol 26. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85288-7_9
- Weßnigk, S., Heinicke, S. (2017). Die Wärmebildkamera – ein Beitrag zur Sinneswahrnehmung. Unterricht Physik Nr. 159 / 160.
- 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

Im Projekt E²piMINT arbeitet seit April 2023 die Masterstudentin Fatime Beka als studentische Hilfskraft. Sie hat außerdem ihre Masterarbeit im Rahmen des Schülerlabortags durchgeführt und geschrieben, im Rahmen dessen sie die siebte Box „Bunte Flammen“ vollständig entwickelt, realisiert und betreut hat. Wir möchten uns bei ihr an dieser Stelle für ihre Mitarbeit und Unterstützung bedanken.