

## Entwicklung praxistauglicher, inklusiver MINT-Vermittlungskonzepte für die Schule

Giulia Pantiri<sup>1</sup>, Lea Mareike Burkhardt<sup>2</sup>, Thomas Wilhelm<sup>1</sup>, Volker Wenzel<sup>2</sup>, Arnim Lühken<sup>3</sup>,  
Dieter Katzenbach<sup>4</sup>

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

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

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

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

[pantiri@physik.uni-frankfurt.de](mailto:pantiri@physik.uni-frankfurt.de), [l.burkhardt@bio.uni-frankfurt.de](mailto:l.burkhardt@bio.uni-frankfurt.de), [wilhelm@physik.uni-frankfurt.de](mailto:wilhelm@physik.uni-frankfurt.de),  
[wenzel@bio.uni-frankfurt.de](mailto:wenzel@bio.uni-frankfurt.de), [luehken@chemie.uni-frankfurt.de](mailto:luehken@chemie.uni-frankfurt.de), [d.katzenbach@em.uni-frankfurt.de](mailto:d.katzenbach@em.uni-frankfurt.de)

### Kurzfassung

Schon seit längerer Zeit besteht ein erheblicher Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich praxiserprobter und lernwirksamer Unterrichtskonzepte für den inklusiven fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. In diesem Kontext ist das vom BMBF geförderte Design-Based-Research-Projekt E<sup>2</sup>piMINT angesetzt, in dem ein innovatives Vermittlungskonzept für die Sekundarstufe I entwickelt, getestet und evaluiert wird. Dazu entwickelt ein Team aus Vertreter\*innen aller drei Naturwissenschaftsdidaktiken sowie der Sonderpädagogik unter Einbezug von Lehrkräften an Kooperationsschulen Vermittlungskonzepte, die zunächst im Goethe-Schülerlabor der Universität Frankfurt unter kontrollierten Bedingungen erprobt und evaluiert werden. An diese erste Phase schließen sich zwei Design- und Re-Design-Zyklen an, die in den Schulen stattfinden, um die praktische Wirksamkeit im Unterricht zu erforschen. Das erste Design für den inklusiven fachübergreifenden MINT-Unterricht wurde zum Thema „Farben“ entwickelt und im Schülerlabor eingesetzt und erprobt.

### 1. Motivation für das Projekt

Eine Herausforderung im inklusiven fachübergreifenden MINT-Unterricht besteht darin, Schülern\*innen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf durch praxistaugliche Unterrichtskonzepte in den Unterricht einzubeziehen und ein effektives gemeinsames Lernen für alle zu ermöglichen (Feuser, 1982; Kultusministerkonferenz, 2020).

Im Rahmen der didaktischen Forschung sollte mehr Fokus auf die konkrete Unterrichtsgestaltung gelegt werden, die bisher oft nur als Individualisierung des Unterrichts umgesetzt wird und selten auf das gemeinsame Lernen achtet (Buchhaupt et al., 2019). In diesem Kontext zielt das „Design-Based Research“-Projekt E<sup>2</sup>piMINT („Evidenzbasierte Entwicklung praxistauglicher inklusiver MINT Vermittlungskonzepte für die Schule“) darauf ab, ein innovatives Vermittlungskonzept für die Sekundarstufe I zu entwickeln, zu testen und zu evaluieren.

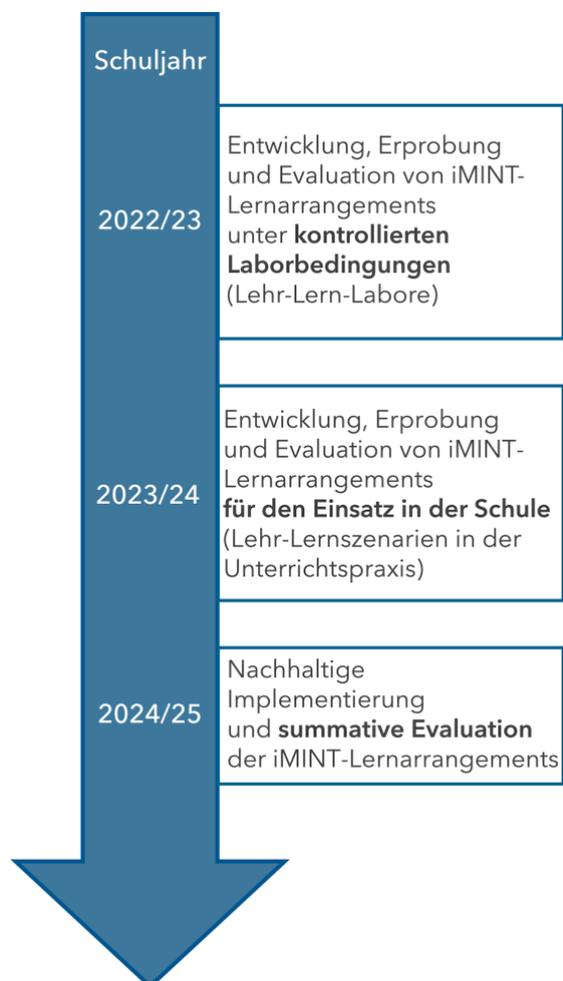
Dazu arbeiten in dem Projekt Vertreter\*innen aus den Bereichen Biologiedidaktik, Chemiedidaktik, Physikdidaktik und Sonderpädagogik zusammen. Von grundlegender Bedeutung ist auch die Kooperation mit und der Einbezug von

Kooperationsschulen und deren Lehrkräfte. In der Durchführung und Datenerhebung werden alle Schulformen berücksichtigt – sowohl inklusive Unterrichtsssettings als auch reine Förderschulen (Arndt & Werning, 2013).

Der Design-Based Research-Ansatz stellt eine wirksame Kombination aus theoretischen und praktischen Ansätzen dar und ermöglicht es, die Wirksamkeit des Unterrichtskonzeptes bereits während der Entwicklungsphase zu prüfen und seine Weiterentwicklung und Verbesserung in die Praxis flexibel umzusetzen (DBR Collective, 2003; Wilhelm & Hopf, 2014).

Zu Beginn des dreijährigen Zyklus (2022-2025) werden inklusive MINT („iMINT“) Lehr-Lernarrangements entwickelt und in den Schülerlaboren der Goethe-Universität Frankfurt mit Klassen aus den Kooperationsschulen erprobt. An diese erste Erprobungs- und Evaluationsphase schließen sich zwei Design- und Re-Design-Zyklen an, die in den Schulen stattfinden (siehe Abb. 1). Die Umsetzung durch Lehrkräfte im Praxisfeld stellt die externe Validität sicher und führt so zu praxistauglichen und passgenauen Unterrichtsarrangements und Materialien für inklusiven NaWi-Unterricht. Neben Beiträgen zur

naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, können die Gestaltungsmerkmale der entwickelten Maßnahmen als Grundlage dazu dienen, in anderen inklusiven MINT-Lehr- und Lernsituationen erfolgversprechende Lernarrangements zu konzipieren.



**Abb. 1:** Zeitplan des E<sup>2</sup>piMINT Projekts.

Die Hauptforschungsfrage des Projektes ist, wie fächerübergreifende naturwissenschaftliche Inhalte für Lernende mit stark divergierenden Lernausgangslagen zugänglich gemacht werden können, damit Lernbarrieren überwunden und gleichermaßen Förderungen angeboten werden können. Dazu nötig ist die Gestaltung und Erstellung von Unterrichtsmaterialien für Lehrende und Lernende, die möglichst direkt und flexibel in der Schule eingesetzt werden können. Untersucht werden u.a. das Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen und die Interessenentwicklung der Lernende.

## 2. Das entwickelte Unterrichtskonzept

### 2.1. Lernstationen

Um ein gemeinsames Lernen zu erreichen, wurde der Unterricht in der Form von Lern- bzw. Experimentierstationen konzipiert und gestaltet. Diese Methode ermöglicht es, sowohl die

Selbständigkeit der Lernende als auch die Gruppenarbeitsfähigkeiten zu fördern und bietet die Gelegenheit, verschiedene Zugänge für heterogene Lerngruppen anzubieten.

Zu einem allgemeinen Hauptthema bietet jede Station ein Unterthema und besteht aus einer Kiste, die „Forscherbox“ genannt wird. Diese enthält alle Materialien, die zur Durchführung der Stationsaufgaben benötigt werden. In der Box befinden sich vier Hauptexperimente sowie weitere optionale Zusatzversuche.

Jede Gruppe besteht in der Regel aus vier Schüler\*innen. Jeder Lernende wählt eines der vier Hauptexperimente aus und führt es in der ersten Arbeitsphase allein durch. Zu jedem Versuch gibt es eine Anleitung (in zwei verschiedenen Formen, wie in Abschnitt 2.3 dargestellt), in der das Material und die Vorgehensweise beschrieben sind.

In der zweiten Phase stellen alle Mitglieder der Gruppe ihre individuellen Ergebnisse zusammen und arbeiten an der Lösung einer gemeinsamen Aufgabe. Dazu wird ein „Gruppenplakat“ erstellt, auf dem alle Ergebnisse der Gruppe dargestellt werden und mit dem die Schüler\*innen ihre jeweiligen Versuche vergleichen. Das Plakat kann nicht völlig frei ausgefüllt werden, sondern es wird im Voraus für sie vorbereitet und die Schüler\*innen füllen die Leerräume, so dass sie damit ihre Ergebnisse auf verschiedene Weisen präsentieren: durch Zeichnen, Einkleben ihrer Produkte oder Beantworten von Fragen. Besteht die Gruppe aus drei und nicht aus vier Schüler\*innen, kann dieser Phase die gemeinsame Durchführung des vierten Hauptversuchs vorausgehen.

Die Aufteilung in diese zwei Phasen wurde gewählt, da bei reiner Gruppenarbeit das Risiko besteht, dass einige Kinder ins Abseits gestellt werden oder freiwillig zurücktreten und das Experiment den stärksten Mitgliedern der Gruppe überlassen oder denjenigen, die sie für „besser“ halten. Andererseits könnten solche starken Schüler\*innen sich gegenüber den anderen durchsetzen wollen, indem sie das Experiment tatsächlich allein durchführen und den anderen nur Nebenaufgaben überlassen.

Wenn die Gruppe das Plakat fertiggestellt hat, kann sie entweder mit der gleichen Kiste weiter experimentieren oder eine andere Kiste bearbeiten. Beide Möglichkeiten sind gleich wichtig: Entweder werden sie zu noch besseren Experten zum Unterthema ihrer Forscherbox oder sie können andere Experimente durchführen, um einen umfassenderen Einblick in das Hauptthema der Aktivität zu erhalten.

Ein Teil des Konzepts ist es, dass nach der ersten Runde die Mitglieder der Gruppe von den anderen als „Expert\*innen“ eines bestimmten Themas angesehen werden. Deshalb öffnet sich die Gelegenheit, in der zweiten Runde bei diesen „Expert\*innen“ Vorschläge und Tipps zu deren Box zu erfragen. Damit werden gewisse Elemente eines

Gruppenpuzzle übernommen, ohne dass jeder in der Funktion des Experten sein Thema anderen erklären muss (Berger & Hänze, 2004).

## 2.2. Die Themen

In dem Projekt E<sup>2</sup>piMINT werden Unterrichtsmaterialien zu zwei Themen erarbeitet. Diese Themen sollen nicht spezifisch zu einer Naturwissenschaft gehören und die Möglichkeit bieten, die drei Fächer gut miteinander zu verbinden. Außerdem sollen möglichst viele handlungsorientierte Versuche angeboten werden (Brigham et al., 2011). Als erstes Thema wurde „Farben“ gewählt und als zweites Thema „Kleben und Haften“.

Das Thema „Farben“ enthält alle oben genannten Merkmale, erlaubt eine gute Interdisziplinarität und kann das Interesse der Lernende fördern. Dabei soll das Thema weitgehend auf der Phänomenebene durch Experimentieren entdeckt und dazu Fragestellungen bearbeitet werden.

Zu dem Thema „Farben“ sind die folgenden Boxen geplant:

- „Farben mischen“: Die Lernende erforschen die Mischung von Farbmitteln (subtraktive Farbmischung). Dabei lernen sie verschiedene Typen von Farbmitteln (Acryl- und Wasserfarben) kennen oder stellen sie selbst her (Ölfarben und farbiges Wasser). Eine Verbindung mit dem Fach Kunst ist hier möglich. Am Ende bekommen sie eine erste Erklärung der Funktionsweise eines Druckers, indem sie einen 4-Pass-Handy-Drucker verwenden.
- „Farben trennen“: Die Lernende erfahren verschiedene Methoden der Chromatografie und entdecken, wie und warum sich die schwarze Tinte eines schwarzen Filzstiftes in verschiedene Farben trennt. Anschließend können sie die Trennung aller anderen Farbstoffe untersuchen.
- „Farben aus Lebensmitteln“: Die Lernende extrahieren Farbstoffe aus verschiedenen Pflanzenteilen (Früchten, Blätter, Wurzeln usw.) mit verschiedenen Methoden (Kochen, Mörser, Reiben usw.). Sie können dann Farbstoffe in verschiedenen Kombinationen mischen und erkennen das subtraktive Mischen von Farbstoffen.
- „Farben als Indikatoren“: Die Lernende entdecken einen Säure-Base-Farbindikator. Sie messen den pH-Wert von verschiedenen Lebensmitteln oder Erden und stellen selbst ein einfaches pH-Meter her.
- „Farben als Darstellungsform“: Die Lernende experimentieren mit Wärmebildkameras und untersuchen die Oberflächentemperatur verschiedener Gegenstände. Dabei lernen sie, wie die für unsere Augen unsichtbare Größe Temperatur mit Hilfe von Farben visualisiert

werden kann (Molz et al, 2022; Vollmer, 2022; Weißnick & Heinicke, 2017).

- „Farbstoffe mikroskopieren“: Mit Hilfe des Mikroskops untersuchen die Lernende die in den Zellen verschiedener Pflanzenarten enthaltenen Farbstoffe.

## 2.3. Verschiedene Zugänge

Das Lesen einer schriftlichen Anleitung kann vor allem für Schüler\*innen mit Lernschwierigkeiten mühsam und frustrierend sein. Aus diesem Grund wurden die Anleitungen in zwei Formen entwickelt: eine schriftliche und eine in Videoformat.

**1: Grundfarben mischen**

1. Ziehe dir Handschuhe an.
2. Befeuchte den Pinsel im Pinselbecher mit Wasser und streiche damit auf eine Wasserfarbe.
3. Mische die Grundfarben in der Palette zusammen. Mache alle möglichen Kombinationen.
4. Probiere deine Farben auf dem Testblatt aus.
5. Wenn du fertig bist, sag uns bitte Bescheid und du bekommst anderen Wasserfarben.

Vergleich deine Ergebnisse mit diesen Farben.

*Dokumentiere deine Ergebnisse auf dem Blatt: male Streifen, Kreise, Bilder... oder etwas anderes!*

Abb. 2: Teil einer schriftlichen Anleitung

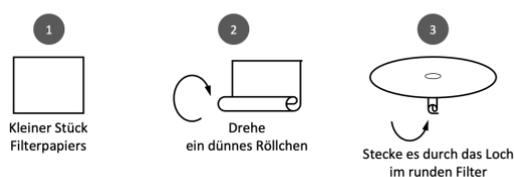
Bei der schriftlichen Anleitung wurde eine einfache Sprache benutzt und die Länge auf maximal zwei Seiten reduziert. Auf einer Seite des Blattes sind die Materialliste und die notwendigen Informationen zur Vorbereitung, auf der anderen Seite wird das Experiment beschrieben (siehe Abb. 2).

Bei den Videos wurde die Legevideo-Technik angewandt, bei der Bilder des Experiments auf dem Bildschirm gezeigt werden und eine Off-Stimme das Verfahren erklärt (siehe Abb. 3). Andere Arten von Videos, wie z. B. Tutorien, sind nicht optimal, wenn die Lernende dann den gesamten Ablauf des Experiments sehen würden und ihre Tätigkeit darauf reduziert wäre zu kopieren, „was der/die Wissenschaftler\*in in der Übung macht“. Die Videoanleitung sollte nur die bildliche und mündliche Version der schriftlichen Anleitung sein.



Abb. 3: Screenshot der Videoanleitung mit Legevideotechnik

Des Weiteren gibt es Hilfekarten, die bestimmte Begriffe oder schwierigere Vorgänge mit Bildern und Fotos darstellen (ein Beispiel in Abb. 4). Sie spielen eine Schlüsselrolle für die Förderung der Selbstständigkeit. Damit soll ein positiver Anreiz für die Schüler\*innen geschaffen werden, sich auf ihre eigenen Fähigkeiten zu verlassen, um Antworten zu finden, die Gruppenarbeit zu fördern und den persönlichen Unterschieden der einzelnen so weit wie möglich zu berücksichtigen. Wenn Schüler\*innen Fragen also haben, stehen ihnen drei Möglichkeiten zur Verfügung: in die Hilfekarten schauen, die anderen Gruppenmitglieder oder die Lehrkräfte bzw. die Betreuer\*innen fragen.



**Abb. 4:** Eine Hilfekarte

Von großer Bedeutung ist die Wahlfreiheit, die den Lernenden im Verlauf der Aktivität gelassen wird. Sie können als Forschergruppe entscheiden, welche Kisten bearbeitet werden und ob sie nach dem ersten Versuch weitere Versuche durchführen wollen oder die Kiste wechseln. Als Einzelpersonen können sie wählen, welchen Anleitungen sie folgen, ob sie die Hilfekarten verwenden oder ob sie lieber erstmal in der Gruppe die Fragen stellen und ob zusätzliche Versuche machen wollen. Diese Freiheit ermöglicht es den Schüler\*innen, während des Experimentierens aktive Protagonisten und nicht passive Teilnehmende zu sein.

### 3. Erprobungsphase

In einer ersten Erprobungsphase wird das Lehr-Lernarrangement zum Thema „Farben“ in den Goethe-Schülerlaboren der Goethe-Universität Frankfurt ausprobiert. Der Fokus des Themas „Farben“ liegt auf der 5. und 6. Jahrgangsstufe. Zu den Klassen der ersten Erprobungsphase gehören jedoch sowohl Grundschulklassen der vierten Jahrgangsstufe als auch Inklusionsklassen der Mittelstufe und Klassen von Förderschulen.

Im Folgenden werden zwei Beispiele für Elemente gegeben, die während dieser Testphase bereits geändert wurden:

a) Aufgrund der beobachteten Schwierigkeit von Schüler\*innen, die Konzentration beim Lesen während des Experimentierens zu behalten, wurden die Anleitungen auf maximal zwei Seiten reduziert. Für Kinder mit Förderbedarf ist es während der verschiedenen Schritte des Experimentierens einfacher, nur eine Seite, die immer gleich ist, im Auge zu behalten, als mehreren Blättern oder einem kleinen Heft zu folgen.

b) Es zeigte sich, dass bei dieser Art von handlungsorientierten Experimenten der direkte Austausch zwischen den Gruppenmitgliedern direkt nach der Beendigung ihrer Experimente im Rahmen des Unterrichtskonzepts bedeutsamer war als das Ausfüllen eines Forscherheftes oder Arbeitsblattes, das während oder nach Beendigung eines Experiments individuell ausgefüllt wird. Dieser Austausch wurde durch strukturierte Gruppenplakaten gefördert, die gemeinsam ausgefüllt werden.

Bereits in der Erprobungsphase werden auch die Akzeptanz und die subjektive Bewertung der Aktivität durch die Schüler\*innen und die sie begleitenden Lehrkräfte erhoben. Dabei wurden die Meinungen der Lehrkräfte mit Feedbackbögen und die der Schüler\*innen in Abschlussdiskussionen und Gruppeninterviews eingeholt.

Die Analyse dieser Daten ist noch nicht abgeschlossen. Dennoch kann gesagt werden, dass die Lehrende und Lernende eine positive Wahrnehmung auf die Aktivität haben. Beispielsweise nennen Lehrkräfte folgenden Stärken:

- der hohe Anteil an manuellen Tätigkeiten, die bei den Versuchen nötig ist (das Experimentieren ist handlungsorientiert),
- die Möglichkeit, viele verschiedene Experimente auszuprobieren,
- die Möglichkeit, ein Ergebnis zu sehen und es nach Hause oder in die Schule mitnehmen zu können,
- die Förderung der Selbstständigkeit der Kinder,
- die Aktivierung von sozialen Kompetenzen.

Es konnte zusätzlich beobachtet werden, dass das Unterrichtskonzept sowohl die Selbstständigkeit der Lernende als auch die Gruppendynamiken erfolgreich fördert. Aufgrund der hohen Heterogenität der Gruppen braucht jedes Kind sein eigenes Tempo und die Möglichkeit, seine besondere Arbeitsweise einzubringen, die für jedes Kind unterschiedlich ist. Wenn diese persönliche Zeit zugelassen wird, werden die Gruppenmitglieder sowohl während ihres eigenen Experiments als auch während der Gruppenarbeit dazu gebracht, sich gegenseitig zu helfen und zu unterstützen, und können das gemeinsame Ziel gut zusammen erreichen.

### 4. Ausblick

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen qualitativen Methoden soll die Interessen- und Wissensentwicklung der Schüler\*innen mit Hilfe von Fragebogen ermittelt werden. Der Fragebogen wird nach einer Pilotierung in die Hauptstudie eingesetzt.

Ab dem Schuljahr 2023/24 sind Lehrkräftefortbildungen zum inklusiven, fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht geplant. Dadurch wird das

Unterrichtskonzept den Lehrkräften aller Schulformen vorgestellt und in den Schulen erprobt. Weiterhin finden im Schuljahr 2023/24 die Entwicklung und Erprobung des zweiten Themas „Kleben und Haften“ statt.

## 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 (Hg.): Inklusion: Kooperation und Unterricht entwickeln. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 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., Scuggs, 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), S. 86–105.*
- Kultusministerkonferenz (2020). Sonderpädagogische Förderung in Schulen. *Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz, Dokumentation Nr. 223 - Februar 2020.*
- Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert, & O. Musenberg (Eds.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (pp. 131–140).* Stuttgart: Kohlhammer.
- 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, S. 223 – 228.*  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-63901-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-63901-6_3)
- Goethe-Schülerlabor Chemie. Thementage des Goethe-Schülerlabors Chemie:  
<https://www.uni-frankfurt.de/53459095/Thementage> (Stand: 0523)
- 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](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 (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin u.a: Springer Spektrum, S. 31–4.*