

## Didaktische Rekonstruktion EM-Strahlung

### Einleitung

Wie kann elektromagnetische Strahlung bereits in der Sekundarstufe I unterrichtet werden? Diese Frage wird im Rahmen eines Dissertationsprojektes erörtert. EM-Strahlung stellt dabei ein anspruchsvolles Thema dar, das es erst lernwirksam für die Sek. I aufzubereiten gilt. Unsere Arbeiten orientieren sich am Modell der didaktischen Rekonstruktion, bei dem fachlicher Inhalt und die Perspektiven der Lernenden gleichberechtigt bei der Rekonstruktion des Themenbereichs berücksichtigt werden (Duit et al., 2012). Die hier präsentierte Rekonstruktion baut dabei auf bestehenden Forschungsarbeiten zu Schülervorstellungen und Lernprozessen zu EM-Strahlung (Neumann, 2013; Plotz, 2017a) sowie auf didaktischen Entwicklungsarbeiten zur geometrischen Optik (Haagen-Schützenhöfer, 2016; Wiesner et al., 1995) auf. Im Zuge des Rekonstruktionsprozesses wurden grundlegende Erklärungsangebote entwickelt, mit einzelnen Schüler\*innen mit der Methode der Akzeptanzbefragungen evaluiert und anhand der daraus resultierenden Forschungsergebnissen adaptiert. Die hier präsentierte Arbeit stellt die vierte Überarbeitungsschleife im Entwicklungsprozess dar.

### *Der Unterrichtsansatz*

Während die Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes zu EM-Strahlung am Anfang steht, gibt es zur geometrischen Optik bestehende Konzepte, die auf langjähriger Forschung basieren und deren Lernwirksamkeit bereits nachgewiesen ist. In den Arbeiten von Wiesner et al. (1995), die von Haagen-Schützenhöfer (2016) fortgeführt wurden, kommt die Behandlung von Licht in der Sek. I ohne das Wellen- oder Teilchenmodell aus. Licht wird im Lichtbündel-Modell eingeführt, Vorgänge stets vom Sender zum Empfänger verfolgt und die Ausbreitung mittels Lichtkegel nachempfundenen Pfeilen dargestellt. Unser Unterrichtskonzept baut auf diesen didaktischen Modellen der geometrischen Optik auf. In vorangegangenen Studien konnten wir zeigen, dass sich diese Vorgehensweise bewährt (Zloklikovits & Hopf, 2019, 2020). Die hier präsentierte Studie deckt die Themenbereiche „Was ist Strahlung?“, Ausbreitung, Wechselwirkung mit Materie, EM-Spektrum und Omnipräsenz ab. Die Auswahl der Themen erfolgte auf Basis der Empfehlungen von Plotz (2017b).

### *Neuerungen*

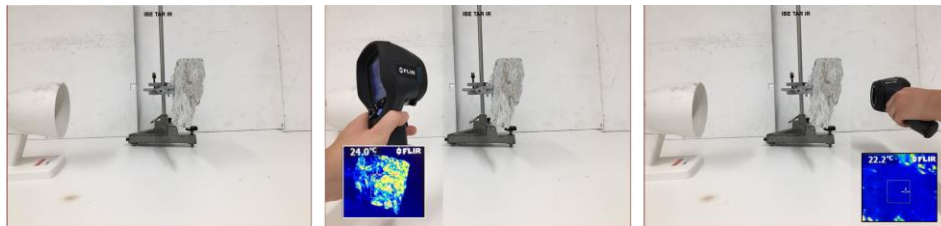
Um zwischen den verschiedenen Strahlungsarten zu unterscheiden, wurde in vorangegangenen Forschungszyklen Energie als charakterisierende Größe verwendet. Unsere Hypothese war es, dass die Rekonstruktion „*Durch Absorption von Strahlung wird Energie aufgenommen und dadurch können verschiedene Prozesse im menschlichen Körper verursacht werden. Energiereichere Strahlung ist gefährlicher.*“ plausibel für Schüler\*innen sei. Während die Vorstellung, dass energiereichere Strahlung gefährlicher ist, sehr einleuchtend für die Schüler\*innen war, zeigten sie Hemmungen, den Begriff der Energie selbst zu verwenden (Zloklikovits & Hopf, 2020). Nachdem hier auch die Variation, Strahlung als eine Form von Energie zu präsentieren, erfolglos war, wurde entschieden, in der vierten Version auf den Energiebegriff zu verzichten. Stattdessen wird das Wort „Wellenlänge“ als charakterisierende Größe eingeführt, ohne allerdings näher auf das zugrundeliegende Konzept einzugehen. Das Sender-Empfänger-Modell wurde bereits in den Vorgängerversionen um die Idee erweitert, dass man für die verschiedenen Strahlungsarten unterschiedliche Empfänger

benötigt. Diese Idee wurde weiter geschärft und als eigenständiges Erklärungsangebot eingeführt.

### **Methode**

Die Erklärungsangebote wurden mit der Methode der Akzeptanzbefragungen evaluiert (Jung, 1992; Wiesner & Wodzinski, 1996). Bei dieser Methode wird einem\*inem Schüler\*in eine Erklärung präsentiert und an Beispielen illustriert. Die Schüler\*innen geben an, ob diese Erklärung verständlich war – hier können Hemmnisse oder divergierende Vorstellungen sichtbar werden. Anschließend wiederholen die Proband\*innen die Erklärung – Auslassungen und Transformationen geben hier Aufschluss darüber, welche Aspekte des Erklärungsangebotes nicht angenommen werden. Anschließend lösen die Schüler\*innen ein bis zwei Aufgaben. Hier wird analysiert, ob sie auf das zuvor präsentierte Erklärungsangebot zurückgreifen, inwiefern das Gelernte angewendet werden kann und welche Probleme dabei auftreten. Ziel dieser Methode ist es Instruktionen zu entwickeln, die von Lernenden gut „akzeptiert“ werden – also die von Schüler\*innen als verständlich und plausibel empfunden werden und die sie auch auf neue Fragestellungen anwenden können.

In der hier präsentierten Studie wurden 17 Akzeptanzbefragungen mit Schüler\*innen der 8. und 9. Schulstufe aus verschiedenen deutschsprachigen Schulen durchgeführt. Coronabedingt wurden die Befragungen online durchgeführt. Demonstrationsversuche wurden in Form von Videos vorbereitet. Die Adaptierung von experimentellen Aufgaben stellte eine Herausforderung dar. Die Experimente wurden als interaktive Bildschirmexperimente (IBE) mittels tet.folio (Haase et al., 2016) realisiert und von der Interviewerin gesteuert: Die Schüler\*innen gaben an, was sie machen würden, wenn sie das Experiment real vor sich hätten, und die Interviewerin stellte dies mittels IBE nach (vgl. Abb. 1). Die Akzeptanzbefragungen wurden audiografiert und anschließend codiert. Um sichtbar zu machen, welche Schritte der Akzeptanzbefragung (Bewertung, Paraphrase, Aufgabe) gelungen sind und welche nicht, wurden die Aufzeichnung in Anlehnung an Haagen-Schützenhöfer (2016) und Burde (2018) anhand eines deduktiv formulierten Codiermanuals codiert und die Ergebnisse in einer Profilmatrix dargestellt (Kuckartz, 2014). Um die Ergebnisse übersichtlich darstellen zu können, wurde das arithmetische Mittel der verschiedenen Codierungen für jedes Erklärungsangebot berechnet (vgl. Abb. 2).



*Abb.1 Interaktives Bildschirmexperiment: mithilfe eines IR-Messgeräts wird die Wechselwirkung von IR-Strahlung mit Materie untersucht*

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Analyse sind in Abb. 2 dargestellt. Die Überarbeitung des Erklärungsangebotes zum Sender-Empfänger-Modell hat die erwünschten Verbesserungen erzielt. Das Einführen einer abstrakten Größe namens „Wellenlänge“ wurde von den Schüler\*innen ebenfalls gut akzeptiert. Die meisten Lernenden gaben an, dieses Wort auch schon aus dem Unterricht zu kennen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Ordnung der Strahlungsarten im Spektrum durchaus anhand der Wellenlänge geschehen kann.

Auffallend war, dass viele Schüler\*innen IR-Strahlung mit Wärme verbinden, obwohl durch das virtuelle Format die Wahrnehmung von IR-Strahlung als „warm“ im Zuge der Erhebung

nicht möglich war. Auch die Assoziation von IR-Strahlung als rotes Licht kam vereinzelt vor, obwohl mit IR-Lampen gearbeitet wurde, die kein sichtbares Licht ausstrahlen. Nach Angabe der Schüler\*innen lässt sich dies in vielen Fällen nicht auf den Unterricht zurückführen, weshalb wir davon ausgehen, dass sie sich hier auf Erfahrungen aus Alltag und Medien beziehen.

Ein ebenfalls interessanter Befund ist, dass manche Schüler\*innen, wenn sie damit konfrontiert werden, dass unterschiedliche Materialien unterschiedlich mit Strahlung wechselwirken, sofort erwähnen, dass dies wohl an der Dichte liegen muss. Wir vermuten, dass dies daran liegt, dass Schüler\*innen in der Sek. I (nur) das Konzept der Dichte als Größe kennengelernt haben, durch die sich Stoffe und ihre Eigenschaften unterscheiden, beispielsweise im Themenbereich „Schwimmen, schweben, sinken“.

Einen interessanten Einzelfall stellt Patricia dar, dessen genauere Analyse noch aussteht. Sie zeigte größere konzeptionelle Schwierigkeiten zum Thema Licht und Optik, was ein Anknüpfen an diesem Themenbereich schwierig machte.

	Alice	Barbara	Cecilia	Daphne	Emmy	Florence	Gladys	Henry	Ida	Jane	Katherine	Lewis	Marie	Nettie	Orna	Patricia	Quinn
Strahlung ist anders als Materie. Sie breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.	3	3	3	3	3	2,7	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Die verschiedenen Strahlungsarten benötigen unterschiedliche Empfänger	3	3	2,8	2,6	2,8	2,8	2,8	3	2,6	2,8	3	3	2,8	2,8	3	2,4	3
Strahlt Strahlung auf Materie, wird ein Teil absorbiert, ein Teil durchgestrahlt, ein Teil zurückgestrahlt; dies hängt von Strahlungsart und Materie ab.	3	2,6	2,8	2,6	3	2,4	2,8	3	3	2,6	2,9	3	2,6	3	3	2	3
Die verschiedenen Strahlungsarten unterscheiden sich durch ihre Wellenlänge. Sie werden im Spektrum angeordnet.	2,8	3	2,8	2,8	3	2,8	3	3	3	2,8	3	2,8	3	3	2,5	2	2,8
Wir werden alltäglich von allen Strahlungsarten in unterschiedlichen Mengen angestrahlt.	3	3	2,8	2,8	3	2,8	3	3	2,8	3	2,3	3	3	3	3	2,5	3
EM-Strahlung hat bei Absorption unterschiedliche Wirkungen auf den menschlichen Körper. EM-Strahlung mit kleiner Wellenlänge ist für den Menschen gefährlich.	3	3	2,8	2,8	2,5	3	3	2,7	3	2,7	3	2,8	3	3	3	2,3	2,8

Abb.2 Darstellung der Mittelwerte der Ergebnisse (3: gelungen, 2: befriedigend, 1: mangelhaft)

### Fazit

Die didaktische Rekonstruktion des Begriffes „elektromagnetischer Strahlung“ ohne explizit auf den Wellen- oder Teilchencharakter einzugehen ist für die Sek. I ist für Schüler\*innen plausibel. Auch auf das Energiekonzept kann verzichtet werden, die Einführung der abstrakten Größe „Wellenlänge“ wird von Schüler\*innen akzeptiert.

Die Adaption bewährter Rekonstruktionen aus der geometrischen Optik für das restliche Spektrum funktioniert sehr gut. Insbesondere das Sender-Empfänger-Modell mit der Erweiterung auf unterschiedliche Empfänger für unterschiedliche Strahlungsarten hat sich sehr bewährt.

### Literaturverzeichnis

- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Logos Verlag Berlin. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction-A framework for improving teaching and learning science. In *Science education research and practice in Europe* (S. 13–37). Springer.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I* [Habilitationsschrift]. Universität Wien, Wien.
- Haase, S., Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Advance online publication. <https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-24768>
- Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop at the University of Bremen*. Kiel: IPN.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Text Analysis: A Guide to Methods, Practice & Using Software*. Sage.
- Neumann, S. (2013). *Schülervorstellungen zum Thema "Strahlung": Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht* [Dissertation]. Universität Wien, Wien.
- Plotz, T. (2017a). *Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung: Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 240*. Logos Verlag Berlin.
- Plotz, T. (2017b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52(1), 14004.
- Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt, D. (1995). *Unterricht Physik, Optik I: Lichtquellen, Reflexion* (2. Aufl.). *Unterricht Physik: Bd. 1*. Aulis-Verlag Deubner.
- Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. *Lernen in den Naturwissenschaften*, 250–274.
- Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2019). Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Kiel.
- Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2020). Akzeptanzbefragungen zu elektromagnetischer Strahlung. In S. Habig (Vorsitz), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. <https://gdcp-ev.de/?p=3802>