

Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2

Der Bereich der elektromagnetischen Strahlung zählt zu jenen Bereichen, welche noch wenig im Fokus fachdidaktischer Forschung standen. Von der täglichen mobilen Kommunikation, über die Luftraumüberwachung, Solarien und Röntgenaufnahmen beim Zahnarzt, bis hin zur Infrarotdiode in der Fernbedienung nutzen wir elektromagnetische Strahlung. Um Anwendungen, Gefahren und Nutzen der verschiedenen Strahlungsarten einschätzen zu können, ist ein gutes physikalisches Grundverständnis notwendig.

In den vergangenen vier Jahren wurde, im Rahmen der nun vorliegenden Qualifikationsarbeit, das Wissen über bestehende Schülervorstellungen ausgebaut und neue identifiziert. Zusätzlich konnte im Rahmen dieser Arbeit die Methode Cross-Age Peer Tutoring als wirksam bestätigt und eine mögliche Methode zur Erforschung von Schülervorstellungen exploriert werden. Nachfolgend werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst.

Schülervorstellungen zu Strahlung

Die grundlegende Idee der Dissertation war es die bestehende Lücke in der Literatur zu Schülervorstellungen im Themenbereich Strahlung weiter zu schließen. Trotz der fachdidaktischen Forschungen zum Thema Schülervorstellungen ist dieser Themenbereich kaum erforscht und es liegen wenige gesicherte Ergebnisse vor. Daher wurden SchülerInnen, welche eine fachdidaktische, vorwissenschaftliche Arbeit (VWA) schrieben, leitfadengestützt interviewt. Durch die Analyse mittels Grounded Theory konnten nicht nur Schülervorstellungen gefunden werden. Zusätzlich ermöglichte die Methode die Formulierung einer Theorie, die den Aufbau von Vorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung der untersuchten SchülerInnen beschreibt. Die Ergebnisse der Analyse waren also die Entdeckung von zwei neuen Schülervorstellungen. Eine zum Thema „Künstlich-Natürlich“ sowie eine zweite zum Schwellenwert bei der Einschätzung der Gefährlichkeit von Strahlung. □ Vor allem die erste Schülervorstellung legt den Schluss nahe, dass diese möglicherweise eines jener p-prims darstellt, welche nach diSessa (1993) allem Denken zugrunde liegen und deren Zusammenwirken sich in Schülervorstellungen manifestieren.

Als erste Theorie kann formuliert werden: Die Vorstellungen von SchülerInnen zu Strahlung lässt sich anhand zweier Kategorien verorten. So ordnen SchülerInnen Strahlungsarten entlang der Kategorien „künstlich-natürlich“ bzw. „nützlich-gefährlich“ an. □ Die beiden Achsen symbolisieren auch die dahinterliegenden Vorstellungen, die je nach Kontext aktiviert werden.

Abgesehen von den Ergebnissen in dieser Teilstudie ergab sich auch in anderen Teilstudien die Gelegenheit zur Dokumentation von Schülervorstellungen. So bot sich in einer weiteren Teilstudie in der Concept-Maps der interviewten SchülerInnen analysiert wurden, die Möglichkeit die mentale Konzeption von Wissen abzubilden. Dabei zeigte sich bei den VWA-SchülerInnen, dass die ersten Concept Maps zwar Begrifflichkeiten enthielten, welche zum Kontext passend sind, jedoch keine Ordnung im Sinne der fachlichen Strukturiertheit besitzen. Als Erkenntnis bleibt jene Unordnung in den Concept Maps und die teilweise fachfremden Erklärungsversuche bzw. Zusammenhänge.

Auch in der Teilstudie zum Cross-Age Peer Tutoring fanden sich neue Schülervorstellungen. Vor allem die, im Zuge der Studie verwendeten, offenen Fragebögen boten hier die Gelegenheit Schülervorstellungen zu dokumentieren. So wurde vor allem im Bereich der Röntgenstrahlung die Vorstellung gefunden, dass Röntgenstrahlung vom Knochen reflektiert

wird. Diese Vorstellungen wurden von Müllauer (2016) weiter verifiziert. Auch die Vorstellung, dass UV-Strahlung *blau* bzw. Infrarotstrahlung *rot* ist, wurde in den Antworten der SchülerInnen gefunden.

Die Erhebung der Vorstellungen der untersuchten SchülerInnen zu elektromagnetischer Strahlung zeigte ein einheitliches Bild. Die SchülerInnen hatten am Ende der zwölften Schulstufe kein angemessenes Konzept von Strahlung. Viele Fehlvorstellungen sind durch Alltagswissen und Informationen aus nebulösen Quellen (Internet) gespeist und wurden im Physikunterricht nicht adäquat verändert. Dieser Befund ist überraschend, da die untersuchten SchülerInnen (vor allem die VWA-SchülerInnen) grundsätzlich interessiert am Thema waren.

Abschließend lässt dieser Befund nur eine Schlussfolgerung zu: Es müssen Wege gefunden werden, den Unterricht zum Fachinhalt Strahlung so zu verändern, dass die SchülerInnen am Ende der Schulzeit fachlich fundierte Konzepte besitzen und diese auch verwenden. Dies gilt dabei nicht nur für SchülerInnen, welche zwölf Jahre die Schule besuchen, sondern in besonderem Maß für jene, welche das Schulsystem bereits nach der Pflichtschulzeit (neunte Schulstufe) verlassen.

Vorwissenschaftlichen Arbeit (VWA) als Lerngelegenheit

Die VWA war zum Zeitpunkt der Untersuchung ein Novum in der österreichischen Bildungslandschaft. Die untersuchten SchülerInnen gehörten zur ersten Kohorte, welche diese Arbeit verfassen mussten und es lagen daher für die SchülerInnen keine Erfahrungswerte vor. Umso interessanter sind die Ergebnisse, welche im Lauf dieser Dissertation erarbeitet werden konnten. Die VWA ist als Prüfungsinstrument im Rahmen der Matura konzipiert und wird als solches eingesetzt. Dennoch bietet es den SchülerInnen die potenzielle Möglichkeit, einen Lernprozess zu durchlaufen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen jedoch, dass dies nur zu einem geringen Maß geschieht. So wird von den SchülerInnen am Ende betont, dass sie durch die Bearbeitung der VWA vor allem etwas über Zeitmanagement gelernt hätten. Der fachliche Lernprozess ist auf ein oberflächliches Lernen beschränkt.

Die Hypothese, dass die lange Dauer (über ein Jahr) zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem fachlichen Inhalt führt, konnte nur in einem Fall bestätigt werden. Dies kann nicht als befriedigend angesehen werden. Auch die Reduktion auf das Wissen um das elektromagnetische Spektrum aller SchülerInnen am Ende ist im Anbetracht des Aufwandes ein zu geringes Ergebnis. Abschließend muss die Hypothese, dass die VWA ein Lerninstrument ist, verworfen werden. Eine Veränderung des Ergebnisses ist in den kommenden Jahren möglich. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die SchülerInnen künftig auf das Verfassen und Bearbeiten einer VWA besser vorbereitet sein werden.

In der Analyse eines Falles ermöglichte die Verwendung der objektiven Hermeneutik einen Zugang zu den Vorstellungen eines VWA-Schülers. □Es gelang dabei die Vorstellungen von Erich zum Thema „Was müssen SchülerInnen der sechsten bzw. siebten Schulstufe über UV-Strahlung wissen?“ zu rekonstruieren. Dies ist dahingehend neu, als dass Erich nicht direkt dazu befragt wurde. Dieser Zugang reduziert die soziale Erwünschtheit der Antworten, da der Forschende nicht bei der Entstehung des Artefakts beteiligt ist. Üblicherweise entstehen diese in der direkten Interaktion mit SchülerInnen (Interviews, Videos, Fragebögen) und könnten als Artefakt erster Ebene bezeichnet werden. Die vorliegenden vorwissenschaftlichen Arbeiten stellen Artefakte zweiter Ebene dar. Die SchülerInnen beschreiben darin die Untersuchungen und Ergebnisse, die sie in der Interaktion mit anderen SchülerInnen erhalten haben.

In einer weiteren Teilstudie wurde die Validität von Concept Maps untersucht. Methodisch wurden dabei die Veränderungen in den Concept Maps der VWA-SchülerInnen mit dem Lernfortschritt, der sich in den Interviews, den vorwissenschaftlichen Arbeiten und den

Abschlusspräsentationen manifestierte trianguliert. Das Ergebnis überraschte, da von den sechs betrachteten Fällen zwei nicht valide Ergebnisse zeigten. Diese beiden Fälle (Lilly und Marie) zeigten gegensätzliche Ausprägungen. So zeigte sich im Fall Lilly, dass die Schülerin einen guten Lernfortschritt erkennen ließ, die Concept Map jedoch kleiner wurde und weniger Verbindungen zeigte. Der Fall Maria verhielt sich gegenteilig. Bei ihr deuteten Interview und vorwissenschaftliche Arbeit auf einen sehr geringen Lernfortschritt hin. Sie fertigte am Ende jedoch eine sehr umfassende Concept Map an, die mehrere fachlich richtige Konzepte inkorporierte. Daraus kann vorsichtig geschlossen werden, dass die Validität des Messinstrumentes nur eingeschränkt gegeben ist.

Als letztes Ergebnis zeigte sich, dass die SchülerInnen in der Selbsteinschätzung wenig Überfachliches im Prozess der Erstellung gelernt hatten. Einzig das vorher fehlende Zeitmanagement wurde durchgängig von allen genannt.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Überblick finden sich folgende Erkenntnisse, wobei nicht auf alle im Rahmen dieses Artikels eingegangen werden konnte: □

- Neue Schülervorstellung zum Thema „Künstlich-Natürlich“
- Neue Schülervorstellung zum Schwellenwert bei der Einschätzung der Gefährlichkeit von Strahlung
- Entwicklung einer Master Concept Map
- Entwicklung von Basisideen zum Strahlungsunterricht □
- Bestätigung der Lernwirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring □
- Vorwissenschaftliche Arbeiten stellen kein gutes Lerninstrument dar □
- Problematisierung von Concept Maps als valides Messinstrument □

Leitet man ein Forschungsprogramm von den Ergebnissen ab, so müssen die ersten beiden Ergebnisse noch mit einer größeren Stichprobe statistisch verifiziert werden. Die Entwicklung eines entsprechenden Testinstruments liegt nahe und sollte sobald als möglich in Angriff genommen werden. Dieses zu entwickelnde Testinstrument ist auch für die nächsten beiden Ergebnisse (Master-Map und Basisideen) wichtig. So kann auf Basis dieser beiden Ergebnisse und dem bereits vorhandenen Unterrichtsmaterial mit der Entwicklung eines Lehrgangs für den Unterricht begonnen werden. Dies wurde am AECC-Physik bereits in Angriff genommen und die erste Version des Lehrgangs wird Ende 2017 finalisiert werden. Auch hier wird das zu entwickelnde Testinstrument benötigt um die Lernwirksamkeit des Lehrgangs im Feld sinnvoll beurteilen zu können.

Die Methode des Cross-Age Peer Tutoring scheint nun ausreichend evaluiert, um eine Empfehlung für die Praxis auszusprechen. Hier scheint keine weitere offensichtliche Forschungslücke zu bestehen. Die letzten beiden Punkte sind auch nach diesem Forschungsprojekt Hypothesen, welche es lohnt weiter zu untersuchen. Die vorwissenschaftliche Arbeit ist nicht nur von Seiten der Physikdidaktik ein spannendes Forschungsobjekt, sondern vor allem in der Deutschdidaktik ein „Trending Topic“. Eine genauere Analyse der tatsächlichen Strategien von SchülerInnen zur Bearbeitung dieser Arbeit ist wünschenswert. Auch die Frage nach dem tatsächlichen Potential als Lerninstrument ist noch offen. Die Problematik rund um die Concept Maps eignet sich als Startpunkt für eine eigenständige Forschung. So scheint aufgrund der Ergebnisse, aber auch indiziert durch die Literatur, dass das Analyseinstrument Concept Map genauer validiert werden sollte. So bleibt die Frage nach deren Validität am Ende dieser Arbeit offen. Durch die gute Anwendbarkeit der Concept Maps wäre es aber wünschenswert, wenn die Validität geklärt wäre.

Abschließend bleibt die Erkenntnis, dass das Lernen im Fachbereich der elektromagnetischen Strahlung ein fruchtbares und lohnendes Forschungsgebiet ist, welches unbedingt stärker in den Fokus der fachdidaktischen Forschung rücken sollte.

Literatur

- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2/3), 105-225
- Müllauer, C. (2016). Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. AECC Physik. Vienna, University of Vienna.