

Rüdiger Scholz<sup>1</sup>  
Susanne Weßnigk<sup>2</sup>

Leibniz Universität Hannover  
<sup>1</sup>Institut für Quantenoptik  
<sup>2</sup>Institut für Didaktik der Mathematik und  
Physik

### **foeXlab – das Schülerlabor des Outreachprojekts Ö im Sonderforschungsbereich CRC 1227 (DQ-mat)**

#### **Die Trias Fachwissenschaft, Wissenschaftskommunikation und Fachdidaktik**

*foeXlab* steht für „Forschen und experimentieren im Labor für Schülerinnen und Schüler“. In diesem Beitrag stellen wir zusammen, welche Bedeutung und Wirkung Grundkonzepte und Spezifitäten der Trias Fachwissenschaft – Wissenschaftskommunikation – Fachdidaktik auf konzeptionelle Entscheidungen für die Arbeit des *foeXlab*-Labors haben. Abb. 1 illustriert die Grundstruktur der Argumentation.

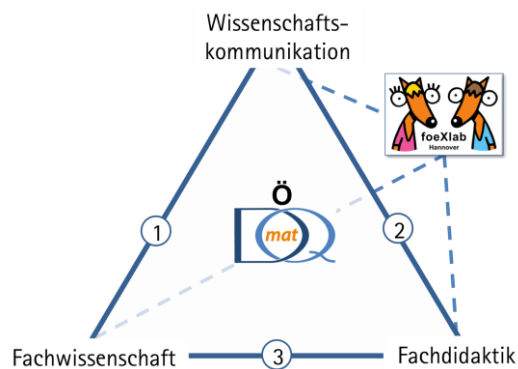


Abb. 1 Zur Positionierung des *foeXlab*-Labors

#### **... the increasing gap between science and the public → (1)**

Auch im 21. Jahrhundert wird die Notwendigkeit von Wissenschaftskommunikation nicht bezweifelt (WiD, 2009). Damit enden jedoch bereits wesentliche Gemeinsamkeiten der Autoren in der wissenschaftssoziologischen Betrachtung. Der Kommunikationsbegriff selbst, die Zielrichtung der Kommunikation, die Sicht auf Charakteristika des Zielpublikums, ... nur wenig scheint konsensfähig (Dernbach, Kleinert & Münder, 2012). Auf der konkreten Ebene der wissenschaftlichen Arbeit Einzelner ist die Funktion der Wissenschaftskommunikation jedoch evident (Dernbach et al., 2012): Aufklärung, Legitimation, kritische Reflexion, Einsicht in die Relevanz von Forschung und schließlich die Interessensförderung beim potenziellen Nachwuchs. Die Grundentscheidung im DQ-mat Outreachprojekt für den Aufbau eines Schülerlabors als wissenschaftskommunikative Maßnahme beruht auf dieser Liste, stützt sich aber zusätzlich auf den wissenschaftshistorischen Befund, dass sich die Quantenphysik einer Popularisierung allein durch den Grundcharakter ihres Theoriegehalts entzieht, mangelt es dort doch gerade bei den Wesenszügen an Denkbildern die an klassisch-physikalische anknüpfen können (Bensaude-Vincent, 2001).

Zentrale Forschungsinhalte des Sonderforschungsbereiches DQ-mat sind die experimentelle und theoretische Erschließung der Eigenschaften großer, wechselwirkender und verschränkter Quantensysteme und Anwendungen in der Quantenmetrologie, nicht zuletzt, um hochgenaue Messverfahren für einen Test fundamentaler Physik einzusetzen. Die *foeXlab*-Grundkonzeption nimmt diese Inhalte auf und verbindet sie mit dem Bildungsauftrag für die gymnasiale Oberstufe (vgl. Kerncurriculum NdS):

- Experimente jenseits normaler schulischer Möglichkeiten (Weßnigk & Euler, 2014)
  - Schülerexperimente für die Sek II (statistische Optik, 1-Photon-Optik; Quantenmetrologie und Interferometrie – hands on und minds on) (Scholz, Friege & Weber, 2016)
- Übergeordnetes Ziel ist die Förderung von Interesse und Motivation beim jungen Forschungsnachwuchs (Hidi & Renninger, 2006).

### **Wissenschaftskommunikative Bezüge der Fachdidaktik → (2)**

Die besondere wissenschaftskommunikative Ausrichtung des DQ-mat Outreach-Projektes als Schülerlabor, also Bildungsanstrengungen als Wissenschaftskommunikation, legt die enge Kooperation mit der Fachdidaktik nahe. Mehr noch, der Physikdidaktik kommt in diesem Projekt im Verhältnis zur Fachwissenschaft eine vielgestaltige Aufgabe zu, die deutlich über die klassische Beforschung einer Schülerlaboraktivität hinausgeht:

- Die Fachdidaktik fördert und evaluiert die unterrichtstaugliche Rekonstruktion von fachwissenschaftlichen Inhalten für die Verwendung im *foeXlab* und
- sie initiiert und begleitet die Vernetzung des Schülerlabors mit den klassischen Bildungsträgern und mit anderen passenden außerschulischen Lernorten (Science Center).
- Sie soll auf wissenschaftskommunikative und vor allem auch auf didaktische Reflexe in den DQ-mat Projektgruppen (beispielsweise für die Bereitstellung einschlägig einsetzbarer Materialien) zurückwirken.

### ***foeXlab* als außerschulischer Lernort und multivalentes Schülerlabor → (3)**

Die rasante Zunahme der Anzahl etablierter Schülerlabore von etwa 50 auf über 250 in den Jahren zwischen 2000 und 2010 (Quelle: Lernort Labor) gab ausreichend Motivation für die Entwicklung einer Evidenzbasis zur Charakterisierung und Kategorisierung der Schülerlabore. Die Übertragung dieser Ergebnisse auf die Aufgaben der Fachdidaktik in Bezug auf das *foeXlab* liegen damit auf der Hand:

- Sie begleitet die Arbeit des *foeXlab* mit theoriegestützter kritischer Reflexion,
- sie entwickelt und reflektiert evidenzbasierte fachdidaktisch begründete Gelingensfaktoren für die *foeXlab*-Arbeit,
- sie entwickelt und nutzt ein Forschungsinventar für die Beforschung spezifischer didaktischer Grundelemente wie einer quantenoptischen Prägung der Methodik und dem Einsatz einer Driving Question (vgl. Fortus et al., 2013).

### *Merkmale und Zielsetzung eines klassischen Schülerlabors*

Bereits im Vorfeld einer theoriegestützten Evaluation lassen sich sinnvolle Randbedingungen für das *foeXlab* aus der bestehenden Forschung ableiten.

- Unterstützung naturwissenschaftlicher Bildung durch die Vernetzung von Schule und außerschulischen Lernorten (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015). Im Zusammenhang des *foeXlab* bedeutet dies: Die Experimente sind auf die Curricula abgestimmt und passen zum aktuellen schulischen Unterricht;
- den Schwerpunkt der Arbeit bildet selbstständiges Experimentieren – hands on sowie minds-on (Euler, 2001);
- eine angemessene personelle und finanzielle Ausstattung ermöglicht forschungsorientiertes Arbeiten im *foeXlab* (Rehm & Parchmann, 2015);
- die Arbeit des *foeXlab* wird professionell (theoriebasiert) reflektiert (Haupt et al., 2013);
- Originalität und Kreativität bilden ein Rückgrat des *foeXlab* (Rehm & Parchmann, 2015);
- die Einbindung des *foeXlab* in die Forschungslandschaft von DQ-mat ermöglicht einen Einblick in typische Arbeitsweisen der beteiligten Forschungseinrichtungen und fördert den direkten Kontakt zu den am Forschungsprozess beteiligten Menschen;
- das Angebot wird auf den Bedarf der Schulen abgestimmt (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011).

*Folgerungen und methodische Implikationen für die Anlage des foeXlab*

Forderungen (Gelingensfaktoren) an das *foeXlab* als informelle Lernumgebung (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Labudde, 2000)

- Authentizität
- Verständlichkeit der Darstellungen
- sichere und förderliche Betreuung beim Experimentieren
- wahrnehmbare Freiheitsgrade (Entwicklung selbsttätige Argumentationen)
- kognitive Aktivierung durch motivierende Fragestellungen (Situiertheit)
- Bereitstellung sozialer Kontexte und multipler Perspektiven (beruflicher Art).

*Physik im foeXlab*

Das Selbstverständnis des *foeXlab* als Quantenoptik-Labor prägt den fachlichen und methodischen Anspruch: Die Bearbeitung und das Verständnis von Experimenten, die einen Konzeptwechsel im physikalischen Weltbild der Schülerinnen und Schüler ermöglichen. Geeignete Unterrichtskonzepte sind bis heute Inhalt fachdidaktischer Forschung (Wiesner, 1994; Fischler & Lichtfeld, 1994; Ireson, 2000; Müller & Wiesner, 2000; Küblbeck & Müller, 2000; Rode, 2017; Heusler & Franz, 2017; Pospiech & Schorn, 2016), diese liefert Rahmen und Anknüpfungspunkte für die *foeXlab*-Quantendidaktik:

- Quantenphysik ist im Oberstufenunterricht obligatorisch
- das Münchner Konzept der Quantenmechanik (milq) definiert **Wesenszüge der Quantenphysik** (Interferenz & Superposition, Stochastische Interpretation, Quantenaspekte der Messung, Komplementarität; Müller & Wiesner, 2000);
- heute verfügbare avancierter Messtechnik macht exklusiv quantenoptische Phänomene für den Unterricht zugänglich, die einen Konzeptwechsel unterstützen: **Antibunching bei 1-Photonenzuständen** und **Verschränkung** als singularär quantenmechanische Wesenszüge (Rode, 2017; Heusler & Franz, 2017);
- spezifische Wesenszüge von Quantenobjekten werden experimentell zugänglich;
- die **Verschränkung** wird zum Kernphänomen technologisch populärer Anwendungen wie Quantencomputer und -kryptographie (Pospiech, 2016).
- Eine Auswahl der Experimente und die Zielsetzung ihrer Auswertung wird durch eine „Driving Question“ bestimmt: **Wo bleibt die Interferenz, wenn die Welle weg ist?** Die entsprechenden Experimente: **Korrelationsexperimente** sowie **klassische und nicht-klassische Interferometrie**.

**Fachdidaktische Forschungsfragen**

Die beschriebenen methodischen und fachinhaltlichen Grundentscheidungen eröffnen ein weites Feld fachdidaktischer Forschung. Unsere Forschungsfragen:

1. Durch welche spezifischen Maßnahmen kann die aktuelle Forschung des SFB DQ-mat in das Outreachprojekt Ö eingebunden werden?
2. Welche spezifischen Maßnahmen des Projektes Ö und der Forschungsprojekte des SFB DQ-mat tragen zu einer erfolgreichen Verbindung bei?
3. Welche Potenziale ergeben sich daraus für a) den Forschungscluster und b) die Bildungsprozesse von Jugendlichen?
4. Wie und in welchem Umfang gelingt es im Schülerlabor *foeXlab* (a) das Interesse und Selbstkonzept für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Bereich der Quantenoptik zu beeinflussen? (b) das Verständnis für Grundlagen der Quantenphysik zu verbessern?

Das *foeXlab* wird am 18.01.2018 offiziell die Arbeit aufnehmen.

We acknowledge financial support from DFG through CRC 1227 (DQ-mat), project Ö.

**Literatur**

- Bensaude-Vincent, B. (2001). A genealogy of the increasing gap between science and the public, *Public Understand. Sci.* 10, 99.
- Dernbach, B., Kleinert & Chr., Münder, H. (Hrsg.) (2012). *Handbuch der Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS.
- Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel & M. Euler (Hrsg.). *Lernort Labor. IPN Materialien*. Kiel: IPN.
- Fischler, H. & Lichtfeld, M. (1994). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Quantenphysik. *Physik in der Schule* 32, 276.
- Fortus, D., Abdel-Kareem H., Chen J., Forsyth B., Grueber D., Nordine J. & Weizman A. (2013). Why do some things stop while others keep going? In *Investigating and Questioning Our World Through Science and Technology (IQWST)*. Greenwich, CT: Activate Learning.
- Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU*, 66(6), 324 – 330
- Heusler, S. & Franz, T. (2017). Verschränkung als Wesenszug der Quantenphysik. In G. Friege & R. Scholz (Hrsg.). *Argumentieren in der Quantenphysik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.
- Hidi S. & Renninger, A. K. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST*, 41 (2), 111 – 127.
- Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre-university physics students. *Phys. Educ.*, 35 (1)
- Küblbeck, J. & Müller R. (2000). *Die Wesenszüge der Quantenphysik*. Praxis Schriftenreihe, Band 60, Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2000). Das Münchner Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. *Physik in der Schule*, 38, 126.
- Pospiech, G. & Schorn, B. (2016). Der Quantencomputer in der Schule, *PdN – Physik in der Schule*, 65, 5.
- Rehm, M. & Parchmann, I. (2015). Lernvielfalt Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 147, 2 – 7.
- Rode, M. (2017). Argumente und falsche Freunde im Unterricht über Quantenphysik. In G. Friege & R. Scholz (Hrsg.). *Argumentieren in der Quantenphysik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte - Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen, *MNU*, 64, 362 – 369.
- Scholz, R., Friege, G. & Weber K.-A. (2016). Undergraduate experiments on statistical optics, *Europ. J. Phys.*, 37.
- Schwarzer, S. & Itzek-Greulich, H. (2015). Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 147, 8 – 13.
- Weßnigk, S. & Euler, M. (2014). Wie die Produktion von Eierlöffeln das Image von Chemie und Physik verändern kann. *Chemkon*, 21(3), 123 – 128.
- WiD (2009). *Wissenschaft im Dialog*, Perspektivenpapier; Abgerufen von <https://www.wissenschaft-im-dialog.de/medien/publikationen-fotos-videos>.
- Wiesner, H. (1994). Quantenphysik im Physikunterricht – was und wie? *Physik in der Schule*, 32, 242.