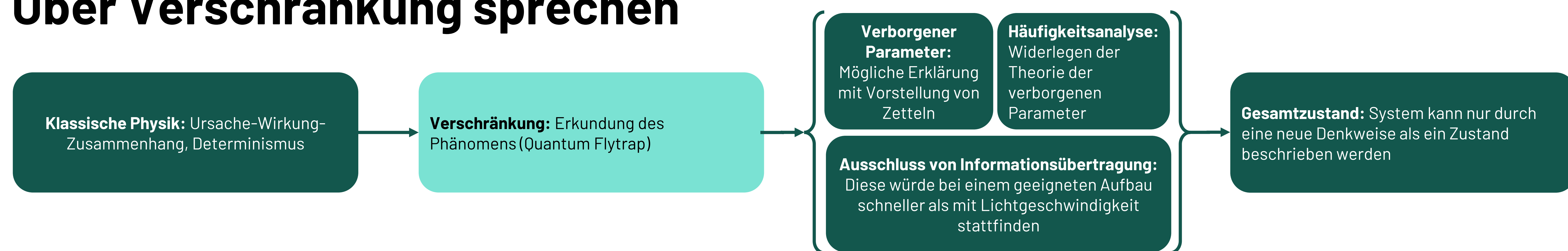


Schülerlaborbaustein Quantenphysik Über Verschränkung sprechen



Rahmenbedingungen

- TRR360: Forschungsprojekt zu Constrained Quantum Matter (ConQuMat) mit dem Ziel, neue Physikalische Phänomene durch Reduzierung der Freiheitsgrade hervorzubringen
- Dreistündiger Schülerlabor-Baustein im Rahmen des Outreach-Projekts des TRR360
- Ziel: Brücke schlagen zwischen Schulwissen und TRR360 Forschung
- Zielgruppe: Schüler*innen der Oberstufe, Leistungskurse
- Fünf Stationen (siehe oben)

Wie spricht man über Verschränkung?

- Relevanz
 - „Die Sprache bestimmt das Denken“ [2]
 - Formulierungen können zur Entstehung von Schülervorstellungen beitragen [3]
- Praxis (häufiges Vorgehen)
 - Widerlegen einer „Lokalen Theorie“, die wie folgt definiert ist:

„Änderungen an einer Stelle wirken sich in kurzer Zeit nur in der unmittelbaren Umgebung, also lokal aus“ [4]

„Lokal“ bedeutet hier, dass keine Information oder Wirkung schneller übertragen werden kann als mit Lichtgeschwindigkeit.“ [5]
- Problem: Hervorrufen von Schülervorstellungen
 - Aus dem Widerlegen der lokalen Theorie folgt, dass in der Nicht-Lokalen Theorie Information bzw. eine Wirkung schneller als mit Lichtgeschwindigkeit übertragen wird (Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zwischen den beiden Messungen)
- Konzeptionsidee
 - Alternativvorschlag zum Sprechen über Schülervorstellungen: Bei der Messung an einem Photon wird der Zustand des Gesamtsystems präpariert (Vermeidung von Ursache und Wirkung)
 - Thema „Verschränkung“ mit dem geringen benötigten Vorwissen, aber zugleich grundlegender Andersartigkeit als Einstieg in die Quantenphysik (Münchner Unterrichtskonzeption zur Quantenphysik (milq) und Erlanger Unterrichtskonzept enthalten Verschränkung nicht [6][7])

Simulation mit “Quantum Flytrap”

- Verwendung und Darstellung geeignet für Schüler*innen
- Großer Funktionsumfang, u.a. Demonstration von Verschränkung (siehe Abb. 1)

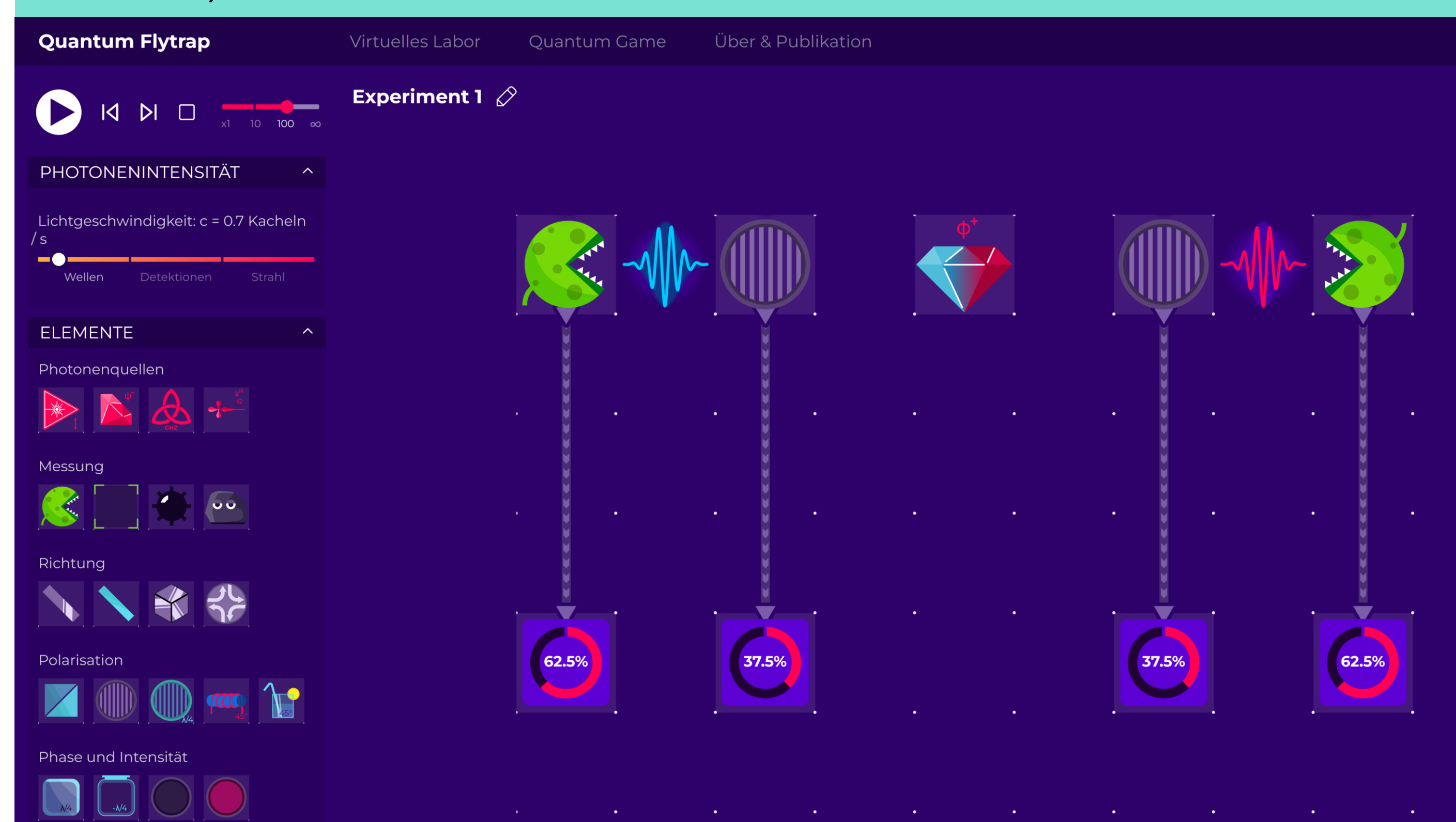


Abb. 1: Screenshot aus Quantum Flytrap [1]. Der bunte Kristall in der Mitte erzeugt (im Bezug auf Polarisation) verschränkte Photonen (als blaues bzw. rotes Wellenpaket dargestellt), die entweder beide am Filter absorbiert oder beide (wie hier zu sehen) transmittiert werden. Dieser Aufbau wird in Station 2 verwendet.

Offene (empirische) Fragen

- Wie werden die Begriffe „Gesamtzustand“ und „Präparation“ für Schüler*innen verständlich?
- Kann das Umgehen des Begriffs „Lokale Theorie“ Verwirrung vermeiden?
- Ist das Thema „Verschränkung“ als Einstieg in die Quantenphysik geeignet?

Literatur:

- [1] Jankiewicz Klem, Migdał, P. & Grabarz Paweł. *Virtual Lab by Quantum Flytrap*. Abgerufen am 27. Juli 2026, von <https://lab.quantumflytrap.com/lab>
- [2] Rincke, K., Krabbe, H. (2020). Sprache im Physikunterricht. In: Kircher, E., Girwidz, R., Fischer, H. (eds) *Physikdidaktik | Grundlagen*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_10, S. 370
- [3] Schecker, H., Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In: Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (eds) *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_1, S. 13
- [4] Küblbeck, J. & Müller, R. (2003). *Die Wesenszüge der Quantenphysik: Modelle, Bilder, Experimente* (2. Aufl.), S. 74
- [5] Seite „Bellsche Ungleichung“. In: Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 20. Juli 2026, 17:24 UTC. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bellsche_Ungleichung&oldid=268973227 (Abgerufen: 31. Juli 2026)
- [6] Müller, R., Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Quantenphysik. In: Wilhelm, T., Schecker, H., Hopf, M. (eds) *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2_11, S. 352
- [7] Bitzenbauer, Philipp: *Quantenoptik an Schulen. Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*. Berlin : Logos Verlag 2020, 397 S. – (Studien zum Physik- und Chemielernen; 303) – (Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, [2020]) – URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-334074 – DOI: 10.25656/01:33407; 10.30819/5123, S. 42