

# Smartphone-gestützte Experimente zur Quantenphysik

## Motivation

### Gängige Schulexperimente zur QM

- Häufig komplex / Black Box für SuS
- Typischerweise kostenintensives Equipment
- ⇒ Häufig reine Demonstrationsversuche

### Potential von Smartphones

- Verschiedene interne Sensoren
- Fast alle Jugendlichen haben darauf Zugriff<sup>1</sup>

### Zielsetzung

- Entwicklung von **Schülerexperimenten** zur Quantenphysik mit *phyphox* als Messdatenerfassungssystem
- Übersichtliche, leicht verständliche Aufbauten ⇒ Möglichkeit des niederschweligen Einsatzes an Schulen und Hochschulen
- Aufbauten als DIY-Projekte ⇒ Steigerung des Schülerinteresses durch handwerkliche Tätigkeiten
- Durchführung der Experimente im Rahmen regelmäßiger Workshops
- Evaluation hinsichtlich des **Schülerinteresses** und der **Usability/Reproduzierbarkeit**

## Experimente

### Messung des Planck'schen Wirkungsquantums

- Die für das Leuchten einer LED mindestens notwendige Spannung entspricht ungefähr der Photonenenergie des emittierten Lichts<sup>2</sup>.
- Messung der **Lichtintensität** über die **Smartphone-Kamera**.
- **Spannungsversorgung** über einen hierfür programmierten, bluetooth-fähigen **Mikrocontroller** oder die **E-Lehre-Box** von *phyphox*.

Dieser kann im Rahmen eines DIY-Projektes zur sogenannten **phyphox:h-Box** erweitert werden.

### Untersuchung der quantisierten Leitfähigkeit von Nanodrähten

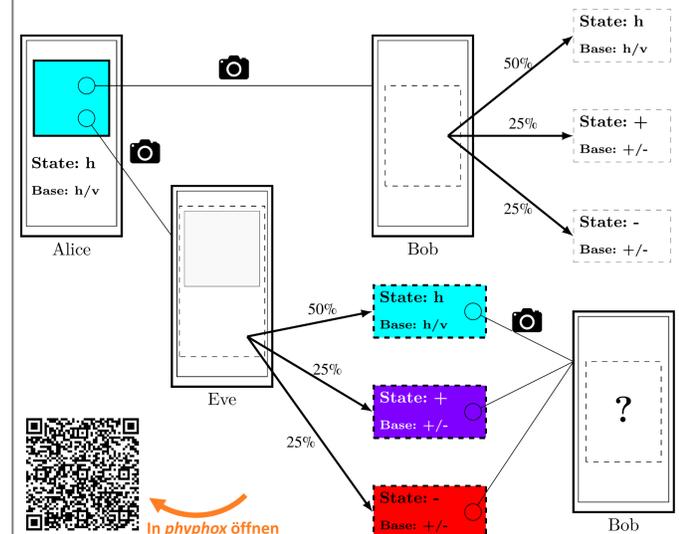
- Beim Herstellen oder Trennen des Kontakts zweier Metalldrähte bilden sich Nanodrähte aus<sup>3</sup>.
- Die Leitfähigkeit in diesen ist quantisiert. ⇒ Die **Spannungsmessung** mit Oszilloskop zeigt **diskrete Stufen**<sup>3</sup>.
- Eine hohe Duktilität begünstigt die Ausbildung von Nanodrähten (⇒ vergoldeter Kupferdraht).
- **Spannungsmessung** an Kontaktstelle über die **E-Lehre-Box** oder ein **Oszilloskop**

Materialunabhängig gilt  $\sigma_0 = \frac{2e^2}{h}$

Auswertung  
In *phyphox* In zu diesem Zweck geschriebenem Auswertungsprogramm

### Analogieexperiment zur Quantenkryptographie

- Imitiert das sogenannte BB84-Verfahren<sup>4</sup>.
- Als Analogie **Benötigt Einzelphotonen in insgesamt vier verschiedenen Polarisationszuständen.**
- Die Farben können mit der Kamera eines anderen Smartphones erkannt und der Polarisationszustand „gemessen“ werden.



**1**  
Bestimmung der Schwellenspannungen verschiedenfarbiger LEDs

Number of data points: 101  
Threshold voltage: 1.86 V  
Error on threshold voltage: 0.07 V

**2**  
Berechnung der korrespondierenden Photonenergien ( $E_{ph} = e \cdot U$ )  
+  
Auftragung über der Frequenz  $f$

## Quantenjahr 2025

### ab 10/2024: Einsatz im Physikalischen Praktikum der Chemie

- Online-Datenbank für Messergebnisse
- Feedbackbögen

### ab 01/2025: Workshops für Lehrkräfte

- Vorstellung der verschiedenen Experimente
- Plug'n Play vs. Build'n Play
- Lehrerinterviews

### ab 04/2025: Optionaler Praktikumsversuch in verschiedenen physikalischen Praktika

USABILITY

2025

2026

### ab 01/2025: Monatliche Workshops für SuS an der RWTH Aachen

- Pre- bzw. Posttest vor und nach jedem Workshop
- Einzelinterviews
- Schülergeleitete Gruppeninterviews
- Fragebögen

### Facetten

- Experimenteller Aufwand × theoretischer Anspruch
- Plug'n Play vs. Build'n Play
- Schüleraktivität

SCHÜLERINTERESSE

## Literatur

<sup>1</sup>Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest: JIM-Studie 2023: Jugend, Information, Medien (2023). Verfügbar unter: <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2023/>

<sup>2</sup>Pili, U. & Violanda, R. (2019). *Smartphone-based measurement of the Planck's constant with light-emitting diodes*, S. 2. In: *Physics Education*, 54(2) 023007.

<sup>3</sup>Pascual, J.I., Méndez, J., Gómez-Herrero, J., Baró, A. M., Garcia, N., Landman, U., Luedtke, W. D., Bogachek, E. N., Cheng, H.-P. (1995). *Properties of Metallic Nanowires: From Conductance Quantization to Localization*. In: *Science*, 267(5205), S. 1793-1795

<sup>4</sup>Reddy, S., Mandal, S., Mohan, C. (2023). *Comprehensive Study of BB84, A Quantum Key Distribution Protocol*. In: *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(10).



Johannes Schlaf

AG Prof. Dr. Heinke  
I. Physikalisches Institut IA  
RWTH Aachen University  
schlaf@physik.rwth-aachen.de