

# Quantenkryptographie als Thema für den Physikunterricht DD 5.20

Cordula Reisch

c.reisch@tu-braunschweig.de

Torsten Franz

torsten.franz@tu-braunschweig.de

Technische Universität Braunschweig | IFdN | Abt. Physik und Physikdidaktik

## Abstract

Quantenkryptographie kann einen motivierenden Kontext für die Grundkonzepte der Quantenphysik bieten. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde eine Unterrichtseinheit zur Quantenkryptographie mit Photonen erstellt und an einem Physikkurs der 11. Jahrgangsstufe getestet. Wir stellen die Unterrichtsmaterialien sowie die Ergebnisse von Interviews und Fragebögen vor.

## Stundenverlauf

Die geplante Unterrichtseinheit gliederte sich in drei Unterrichtssequenzen, aufgeteilt auf vier 45-minütige Unterrichtsstunden mit acht Arbeitsblättern:

### 1. Stunde: Klassische Kryptographie

1. Cäsar-Verschlüsselung
2. Vigenère-Verschlüsselung und One-Time-Pad
3. Zusatz: RSA-Verfahren

### 2. Stunde: Quantensysteme

4. Photonen und Polarisation
5. Steckbrief: Photonen

### 3. und 4. Stunde: Quantenkryptographie

6. Sender und Empfänger
7. Angreifer
8. BB84-Protokoll

zu den Arbeitsblättern:



Das BB84-Protokoll liefert einen zufälligen Schlüssel für das binäre One-Time-Pad. Mögliche Angreifer werden bei der Schlüsselübertragung entdeckt. Die Sicherheit beruht auf den Quanteneigenschaften von Photonen.

## Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau besteht aus einer Taschenlampe, zwei Polarisationsfiltern und einem Radiometer. Um Messungen durchzuführen, werden die Polarisationsfilter in die gewünschte Einstellung gedreht und die Lichtintensität mit dem Radiometer gemessen.



Die Ergebnisse müssen anschließend für ein einzelnes Photon interpretiert werden: Bei einem Winkel von  $45^\circ$  zwischen den Polarisationsrichtungen gelangt gerade in 50% der Fälle ein Photon, das durch den ersten Filter gekommen ist, auch durch den zweiten Filter.

## Evaluation der ersten Durchführung

Dieser Unterrichtsentwurf wurde im zweiten Schulhalbjahr 14/15 an einem Braunschweiger Gymnasium mit 19 Schülerinnen und Schülern durchgeführt und mithilfe eines Fragebogens und drei Interviews evaluiert.

### Wesentliche Ergebnisse aus den Fragebögen:

- **Große Motivation:** 10 der 19 Befragten freuten sich darauf, mehr über Quantenphysik zu erfahren.
- **Hohes Interesse:** Nahezu alle Schülerinnen und Schüler (18) gaben an, Interesse an dem Thema Quantenkryptographie zu haben.
- **Unterschiedliche Vorerfahrungen:** Schülerinnen und Schüler, die bereits in anderen Fächern, bsw. Informatik, klassische Kryptographie kennengelernt hatten, beurteilten das Tempo der Einheit als zu langsam.

### Wesentliche Ergebnisse der Interviews:

- **Vorstellungen von Photonen:** Unteilbarkeit und statistisches Verhalten werden als wesentliche Aspekte von Photonen benannt.
- **Wiedergabe von Lernzielen:** Die befragten Schülerinnen und Schüler begründeten die Sicherheit von quantenkryptographischen Systemen mithilfe der Eigenschaften von Photonen (Statistisches Verhalten und Störung durch Messung).

### Rückschlüsse aus den Befragungen:

- **Stärkerer Bezug zur Lebenswelt:** Verknüpfung von Kryptographie mit moderner Kommunikation
- **Vertiefende Themen:** Weiterführende Informationen zu Quantencomputern und der technischen Umsetzung von quantenkryptographischen Systemen