

# Quanteninformatik in der Schule: Erste Ergebnisse



Image of students with a quantum computer generated by DALL-E.

## HINTERGRUND

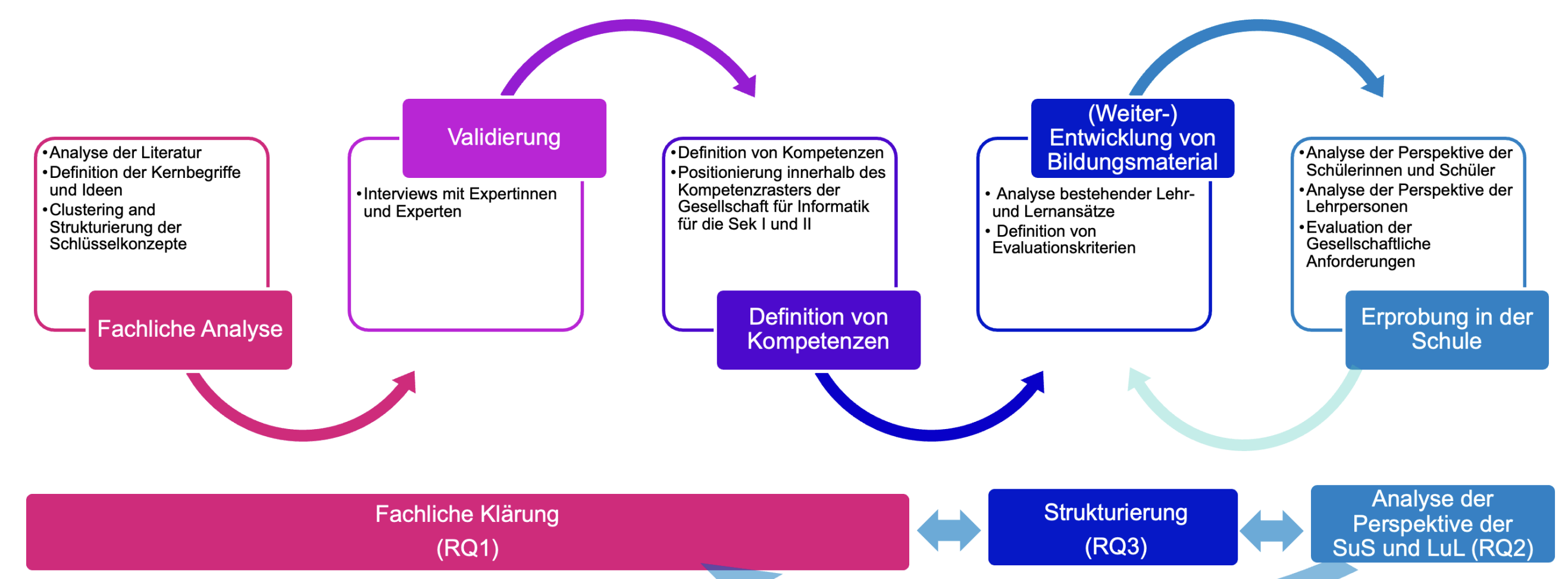
- Anwendung von Eigenschaften der Quantenphysik in der Informatik (z. B. Quantenkryptographie, Quantencomputing)
- Hat das Potenzial, Informatik und Gesellschaft grundlegend zu verändern
- Als Thema für den Informatikunterricht in den Sekundarstufen I und II mit wenigen Ausnahmen (z. B. [1]) kaum erforscht
- Grundlegende Konzepte der Informatik werden durch Quanteninformatik aus anderer Perspektive betrachtet, neue Denkweisen können erlernt werden
- Umfangreiche empirische und theoretische Studien fehlen noch

## ALLGEMEINE FORSCHUNGSFRAGEN

- **RQ1:** Welche Relevanz und Bedeutung hat Quanteninformatik für den Informatikunterricht in der Sekundarstufe I und II?
  - **RQ1.1:** Was sind die zentralen Konzepte, Ideen und Praktiken der Quanteninformatik, insbesondere im Hinblick auf den Informatikunterricht?
  - **RQ1.2:** Welchen Beitrag zur Informatikdidaktik kann die Quanteninformatik als Thema in der Schule leisten?
- **RQ2:** Welche Perspektive (z. B. Wissenstand, Erwartungen, Interesse) haben die Lernenden und Lehrenden auf die Quanteninformatik?
- **RQ3:** Wie könnte ein didaktischer Ansatz für den Unterricht der Quanteninformatik aussehen, der sich an den zuvor definierten Kernideen, Praktiken und Kompetenzen orientiert?

## PROZESSMODELL

Die Methodik orientiert sich an der didaktischen Rekonstruktion [2] und umfasst folgende Arbeitsschritte:



Grafik 1: Prozessmodell zur Beantwortung der Forschungsfragen

## METHODISCHER ANSATZ (RQ1)

Identifikation und Kategorisierung der Schlüsselkonzepte der Quanteninformatik (in Anlehnung an Grillenberger und Romeike [3]);

Analyse von Schlüsselkonzepten des Datenmanagements) in zwei Phasen:

1. Phase: Untersuchung der Domäne aus didaktischer Perspektive
2. Phase: Strukturierung der Domäne in einem breiteren Bezugsrahmen

Anschliessend: Prüfung jedes Schlüsselkonzepts auf seinen Bezug zu den Kompetenzen in den GI-Empfehlungen für Bildungsstandards in Informatik (Sekundarstufen I und II) [4; 5]; Definition von Kompetenzen

## ERSTE ERGEBNISSE: KOMPETENZRASTER FÜR DIE QUANTENINFORMATIK IN DER SEK I UND II

	<b>Quanten-Information</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden zwischen Qubits (Quantenbits) und Bits als Informationseinheiten.</li> <li>• erläutern, welche neuen Möglichkeiten der Informationsverarbeitung durch Qubits möglich sind.</li> </ul>
	<b>Quanten-Informatiksysteme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Grundlagen des Aufbaus von Quantencomputern und deren Funktionsweise.</li> <li>• nutzen eine formale Sprache zur Interaktion mit einem Quantencomputer.</li> </ul>
	<b>Quanten-Algorithmen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären, wie Quanten-Algorithmen zur Lösung wichtiger Probleme in der Informatik beitragen können.</li> <li>• erklären und interpretieren gegebene Quanten-Algorithmen.</li> </ul>
	<b>Quanten-Kryptografie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären, warum das heute am häufigsten verwendete Verschlüsselungsverfahren durch Quantencomputer gefährdet wäre.</li> <li>• überprüfen, wie das BB84-Schlüsselaustauschprotokoll funktioniert und wenden es selbst an.</li> <li>• erklären die Vorteile der Quantenverschlüsselung und wie sie sich von anderen Methoden unterscheidet.</li> </ul>
	<b>Quanten-Fehlerkorrektur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären, warum Quanten-Fehlerkorrektur grundlegend bei der Entwicklung von Quantencomputern ist.</li> </ul>
	<b>Quanten-Informatik, Mensch und Gesellschaft</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• benennen zukünftige Wechselwirkungen zwischen Quanteninformatik und ihrer gesellschaftlichen Einbettung</li> <li>• bestimmen mögliche Entscheidungen, Normen und Verhaltensweisen als Reaktion auf die Chancen und Risiken der Quanteninformatik.</li> </ul>

- Vertiefung der GI-Empfehlungen
- Opportunity-to-learn-Standards [5, S. V] (mögliche Kompetenzen, (noch) nicht empirisch evaluiert)
- Grundlage für zukünftige Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien, Unterrichtskonzepte

Weiterführende Informationen in „Quanteninformatik: Schlüsselkonzepte und Kompetenzen“ [6]

Grafik 2: Kompetenzraster für die Quanteninformatik für die Sekundarstufe I und II

## LITERATUR

- [1] Michaeli, T.; Seegerer, S.; Romeike, R.: Quanteninformatik als Thema und Aufgabengebiet informatischer Bildung. In: INFOS 2021. S. 1–10, 2021.
- [2] Ira Diethelm, Peter Hubwieser and Robert Klaus. 2012. Students, Teachers and Phenomena: Educational Reconstruction for Computer Science Education. In R. McCartney & M.-J. Laakso (Eds.), 12th Koli Calling.
- [3] Grillenberger, A.; Romeike, R.: Key concepts of data management: an empirical approach. In: Proceedings of the 17th Koli Calling. ACM, Koli Finland, S. 30–39, Nov. 2017.
- [4] Arbeitskreis Bildungsstandards: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Beilage der GI e. V. in LOG IN 150/151/28, 2008.
- [5] Arbeitskreis »Bildungsstandards SII«: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II. Beilage der GI e. V. in LOG IN 183/184/36, 2016.
- [6] Paparo, G., Waldvogel, B., Grillenberger, M.: Quanteninformatik: Schlüsselkonzepte und -kompetenzen. In: INFOS 2023. pp. 1–10 (in press).