

Von den Anfängen zur Anwendung: 5 Jahre Competence Framework for Quantum Technologies

Franziska Greinert*, Rainer Müller*

*Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften
f.greinert@tu-braunschweig.de

Kurzfassung

Das European Competence Framework for Quantum Technologies (CFQT) ist der europäische Referenzrahmen zur Standardisierung der Quantentechnologie-Bildung. Es bietet eine gemeinsame Sprache zu Themen und Konzepten rund um Quantentechnologien mit Beschreibungen von Kompetenzleveln, strukturiert in der Content Map und dem Proficiency Triangle. Zusätzlich werden in den sogenannten Qualification Profiles typische Qualifikationen aufgezeigt, die für die Arbeit im Quantentechnologie-Kontext relevant sind. So kann das CFQT etwa für die Definition von Lernzielen, die Planung von Bildungsangeboten oder den Vergleich von Qualifikationen genutzt werden. Das CFQT basiert im Wesentlichen auf zwei Studien: einer iterativen Fragebogenstudie in Anlehnung an die Delphi-Methode (2020/2021) und der Analyse von 34 Interviews mit Fachkräften aus der Industrie (2023). Diskutiert werden die Einflüsse dieser Studien auf das CFQT bzw. die drei Teile des CFQT (Content Map, Proficiency Triangle und Qualification Profiles) sowie Anwendungsfälle des CFQT in Deutschland, der EU und weltweit.

1. Das CFQT

Das European Competence Framework for Quantum Technologies (CFQT) [1, 2] ist der Referenzrahmen zur Beschreibung, Planung und zum Vergleich von Kompetenzen, Bildungsangeboten und Qualifikationsprofilen im Bereich der Quantentechnologien. Ziel ist die Etablierung einer gemeinsamen Sprache und Struktur für die Aus- und Weiterbildung sowie

für die Personalentwicklung im Bereich der Quantentechnologien und der zugehörigen, aktuell entstehenden Industrie. Das CFQT besteht aus drei zentralen Bestandteilen (s. Abb. 1):

- a) Content Map: Acht „Content Domains“ mit insgesamt 42 Subdomains decken das gesamte Spektrum der Quantentechnologien ab, von Grundlagen und physikalischen Prinzipien über

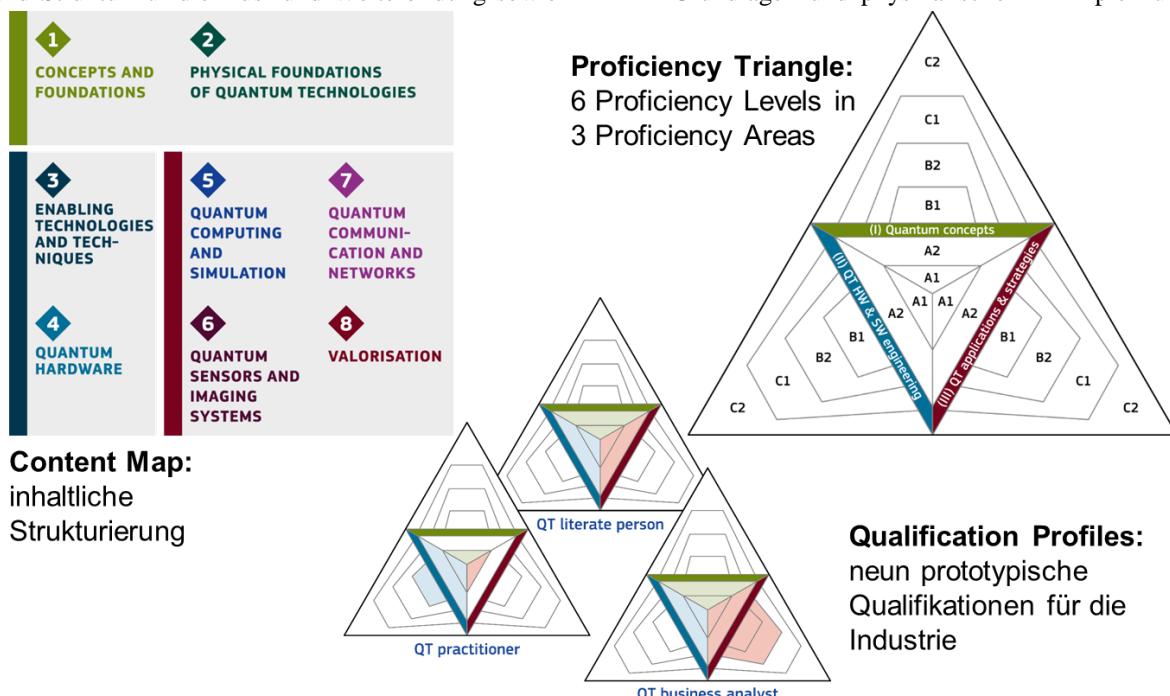


Abb. 1: Komponenten im CFQT (eigene Darstellung mit Elementen aus dem CFQT [1, 2]).

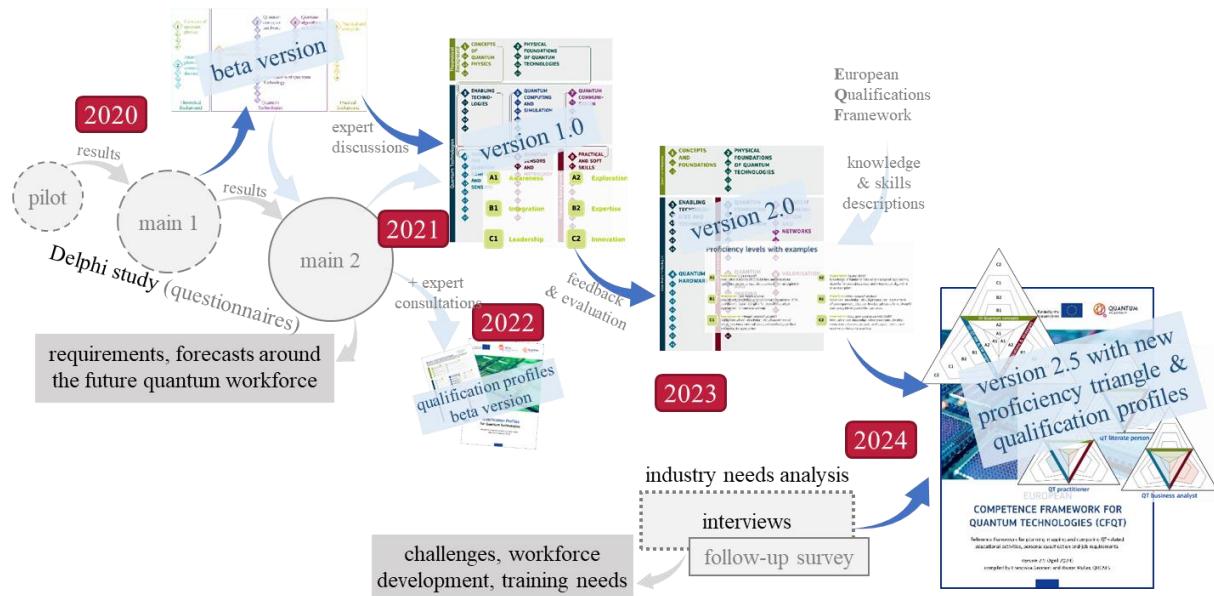


Abb. 2: Überblick über die 5 Jahre Entwicklung des CFQT (eigene Darstellung mit Elementen aus verschiedenen CFQT-Versionen [1, 2]).

Enabling Technologies und Quanten-Hardware, hin zu den drei Bereichen Quantencomputing, Quantenkommunikation und Quantensensorik und zugehörige Anwendungen, sowie wirtschaftlichen Aspekten und dem Impact der Quantentechnologien.

- b) Proficiency Triangle: Darstellung der sechs Proficiency Levels für die drei Proficiency Areas, das die Tiefe und Breite der erworbenen Fähigkeiten vergleichbar visualisiert. Die Proficiency Levels sind beschrieben auf Basis von Wissen und Fähigkeiten (Knowledge und Skills).
- c) Qualification Profiles: Neun prototypische Qualifikationsprofile bilden die typische Rollen und Karrierewege im Quantenbereich ab, inklusive beispielhafter Personas, empfohlener Ausbildungswegen und benötigter Kompetenzen.

Das CFQT unterstützt die Entwicklung zielgerichteter Bildungsangebote, die Orientierung bei der Karriereplanung und die Standardisierung von Qualifikationen von und Anforderungen an Fachkräfte. Es wurde im Rahmen der Europäischen „Quantum Flagship“ Initiative entwickelt und vom Publications Office der Europäischen Union heraus gegeben.

2. Entwicklung des CFQT

Die Entwicklung des CFQT erfolgte iterativ, im Wesentlichen basierend auf zwei umfangreichen empirischen Studien mit Teilnehmenden aus Europa sowie die regelmäßige Sammlung von Rückmeldungen aus der Quantum Education Community und Konsultation von weiteren Experten (s. Abb. 2).

2.1. Delphi Studie

In einer dreistufigen Umfrage wurden Anforderungen, Kompetenzen und Prognosen für die zukünftige Quantum Workforce erhoben, mit insgesamt 188

Antworten. Diese Studie bildete die Grundlage für die erste Version des CFQT, wie in Ref. [3] beschrieben. Die Entwicklung der initialen Content Map ist auch in einem Tagungsbeitrag von 2021 [4] dokumentiert.

2.2. Interview-basierte Industriebedarfsanalyse

Aufbauend auf der ersten Studie wurden 34 Interviews mit Fachkräften aus der Industrie geführt, um konkrete Qualifikations- und Trainingsbedarfe, bevorzugte Lernformate und Herausforderungen bei der Personalentwicklung zu identifizieren. Ergebnisse aus den Interviews wurden durch einen Nachfolgefrahgebogen validiert. Die Studie ist in Ref. [5] publiziert. Die Erkenntnisse flossen direkt in Version 2.5 des CFQT ein: Die zentralen benötigten Kompetenzen spiegeln sich in den Beschreibungen der Proficiency Levels wider, während die in den Interviews diskutierten Rollen in den neun prototypischen Qualification Profiles abgebildet sind.

3. Neu in 2025: Zertifikationsschema

Mit Version 3.0 (April 2025) wurde das CFQT um ein „Certification Scheme for Quantum Technology Proficiency“ [6] erweitert. In diesem werden die im CFQT beschriebenen Proficiency Levels durch konkrete Angaben zu den zugehörigen Anforderungen besser messbar und vergleichbar. Das Schema beinhaltet typische Aufgabentypen und konkrete Beispieldurchgaben für die unteren Proficiency Levels. So wird illustriert, wie Wissen und Fähigkeiten praktisch nachgewiesen werden können. Für die höheren Stufen werden typische Qualifikationsarbeiten beschrieben – von typischen universitären Abschlussarbeiten bis hin zu strategischen Analysen. So unterstützt es Lehrende bei der Entwicklung von Kursen und Prüfungen und bietet Lernenden und Entscheidungsträgern Orientierung bei der Auswahl und Bewertung von Qualifikationen.

4. Anwendungen des CFQT

Das CFQT findet bereits in vielfältigen Kontexten Anwendung und bietet zahlreiche weitere Nutzungs möglichkeiten, darunter:

- a) Planung und Vergleich von Bildungsangeboten: mit dem CFQT lassen sich Curricula strukturieren, Lernziele definieren und Studiengänge vergleichen. Die Content Map und die Proficiency Levels helfen, Angebote passgenau auf Zielgruppen zuzuschneiden, sowie Bedarfe und Redundanzen zu ermitteln.
- b) Karriereplanung und Selbstbewertung: Lernende und Berufstätige können ihre eigenen Kompetenzen anhand der erreichten Proficiency Levels und der abgedeckten Content Subdomains einschätzen, sowie – etwa in Anlehnung an die Qualification Profiles – Ziele definieren und sich auf dieser Basis gezielt weiterentwickeln.
- c) Bedarfe und Stellenausschreibungen: Unternehmen können – etwa mit Hilfe der Qualification Profiles – Bedarfe identifizieren, gezielt Anforderungen für Stellen formulieren und die Qualifikationen von Fachkräften vergleichen. So erleichtert das CFQT die Kommunikation zwischen Arbeitgebern und (potenziellen) Mitarbeitenden und ermöglicht einen gezielten Aufbau von kompetenten Teams.
- d) Standardisierung und Zertifizierung: Das neue Certification Scheme unterstützt die Entwicklung europaweit vergleichbarer Zertifikate. So wird die Anerkennung von Qualifikationen gefördert.
- e) Politik und Förderprogramme: Das CFQT dient als Referenzrahmen für die Entwicklung und Bewertung von Förderprogrammen und unterstützt die strategische Entwicklung der Quantum Workforce auf europäischer Ebene.

5. Fazit

Das CFQT ist ein zentrales Instrument zur Entwicklung einer zukunftsfähigen Quantum Workforce. Durch die Kombination aus inhaltlicher Breite, und Klarheit in den Anforderungen bietet es eine solide Grundlage für Bildung, Training und Personalentwicklung im Quantenbereich – in Europa und darüber hinaus. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und die Einführung des Certification Scheme stärken die Rolle des CFQT als (europäischer) Referenzrahmen für Quanten-Kompetenzen.

Weitere Details finden sich in der Dissertationsschrift *Towards the standardization of quantum technology education: Continuous analysis of quantum workforce requirements and related educational needs, and compilation of the European Competence Framework for Quantum Technologies* (F. Greinert, 2025, eingereicht).

6. Literatur

- [1] Greinert, F., Müller, R. (2025): European competence framework for quantum technologies (CFQT) – Reference framework for planning, mapping and comparing QT-related educational activities, personal qualification and job requirements. Herausgeber: European Commission: Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, Quantum Flagship. Publications Office of the European Union, 2025, DOI [10.2759/8917117](https://doi.org/10.2759/8917117)
- [2] Greinert, F., Müller, R.: European Competence Framework for Quantum Technologies (CFQT), Zenodo-Sammlung mit Versionen und ergänzenden Materialien, DOI [10.5281/zenodo.6834598](https://doi.org/10.5281/zenodo.6834598) (Stand: 05/2025)
- [3] Greinert, F., Müller, R., Bitzenbauer, P., Ubben, M. S., Weber, K.-A. (2023): Future quantum workforce: Competences, requirements, and forecasts. In: Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 19 (2023), 010137, DOI [10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010137](https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010137)
- [4] Gerke (VH Greinert), F., Müller, R., Bitzenbauer, P., Ubben, M. S., Weber, K.-A. (2021). Ermittlung von Anforderungen an künftige Quanten-Fachkräfte: Zwischenbericht aus der Delphi-Studie. PhyDid B virtuell, S. 495–500. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1160> (Stand 5/2025)
- [5] Greinert, F., Ubben, M. S., Dogan, I. N., Hiltfert-Rüppell, D., Müller, R. (2024): Advancing quantum technology workforce: industry insights into qualification and training needs. In: EPJ Quantum Technol., 11 (2024), 82, DOI [10.1140/epjqt/s40507-024-00294-2](https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-024-00294-2)
- [6] Greinert, F., Hiltfert-Rüppel, D., Müller, R. (2025): Certification Scheme for Quantum Technology Proficiency. Zenodo, DOI [10.5281/zenodo.15210732](https://doi.org/10.5281/zenodo.15210732)

Förderung

This work is part of a project that has received funding from the *European Union's Horizon Europe research and innovation programme* under grant agreement No 101070193.



This publication reflects only the views of the authors, the European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.