

CardiaQ

Cardiac Analytics and Recognition using Deep Intelligence and Quantum algorithms

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, Menschen in FT2025, Digitale Technologien 2025	Status	laufend
Projektstart	01.11.2026	Projektende	31.10.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 945.947		
Keywords	quantum machine learning; ecg; cardiac simulation; hybrid; fault-tolerant		

Projektbeschreibung

Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind weltweit mit fast einem Drittel aller Todesfälle die häufigste Todesursache. Über 300 Mio. Aufzeichnungen/Jahr weltweit machen das Elektrokardiogramm (EKG) zum meistgenutzten nicht-invasiven Diagnostikwerkzeug, welches jedoch hoher Variabilität bei der Interpretation und begrenzter Sensitivität gegenüber Pathologien in Frühstadien unterliegt. KI hat diagnostische Auswertungen verbessert, ist jedoch auf große annotierte Datensätze angewiesen und stößt bei seltenen Erkrankungen, heterogenen Populationen oder gerätespezifischen Signalabweichungen an Grenzen. Synthetische EKGs mindern Datenknappheit, doch vereinfachte Simulationen von Anatomie und Rauschen begrenzen ihre physiologische Realitätsnähe.

Quantum Machine Learning (QML) ist ein zukunftsweisendes Forschungsfeld, das auf dem synergetischen Potenzial von Quantencomputing und KI aufbaut. Durch quantenmechanische Operationen in hochdimensionalen Zustandsräumen könnten expressivere Repräsentationen als bei klassischen Ansätzen entstehen. Aktuelle Arbeiten zeigen besonderes Potenzial beim dateneffizienten Lernen komplexer Muster aus kleinen Datensätzen, was vielversprechend für die Erkennung seltener oder subtiler EKG-Anomalien ist. Bereits moderate Verbesserungen der Genauigkeit (5-10%) oder seltenere herzbedingte Hospitalisierungen (1-2%) könnten erhebliche klinische und wirtschaftliche Vorteile bringen.

CardiaQ treibt die Grenzen von QML voran und beschleunigt die Entwicklung spezialisierter Anomalie- und Klassifikationsmodelle für die komplexen, hochdimensionalen Mehrkanal-EKG-Signale. Den Kern von CardiaQ bildet ein breites Portfolio an QML-Ansätzen, das von NISQ-kompatiblen Methoden bis hin zu „early fault-tolerant“ Strategien reicht. Dazu zählen hybride quanten-klassische Modelle wie 4D-hyperkomplexe neuronale Netze und Quantum Reservoir Computing, sowie QML-Architekturen auf Basis fortgeschrittener Quantum Linear Algebra. Dieser Bogen spiegelt den strategischen Entwicklungspfad von heutiger NISQ-Technologie hin zur nächsten Generation quantengestützter KI wider.

CardiaQ wird einen hochrealistischen, öffentlich zugänglichen Datensatz erstellen, der klinisch validierte synthetische und reale Mehrkanal-EKGs kombiniert. Mehr als 30 digitale Zwillinge gesunder und erkrankter Herzen werden mittels kardialer,

elektrophysiologischer Simulationen erzeugt und sollen diagnostisch relevante Muster über mindestens fünf kardiale Pathologien hinweg reproduzieren. Kardiolog:innen werden die physiologische Realitätsnähe mit dem Ziel einer Erkennungsrate von unter 10% synthetischer EKGs validieren.

Das Projekt wird potenzielle Quantenvorteile - insbesondere hinsichtlich Dateneffizienz und Sensitivität gegenüber seltenen kardialen Ereignissen - rigoros evaluieren und dabei aktuelle Hardwarebeschränkungen explizit berücksichtigen.

Evaluierungen auf realer Quantenhardware sowie zur Modell-Erklärbarkeit stärken CardiaQs ganzheitlichen Ansatz und schaffen die Grundlage für eine zukünftige klinische Anwendung.

CardiaQ vereint komplementäre Expertise in QML (RISC Software und Joanneum Research), medizinischer Zeitreihenanalyse (Fraunhofer Austria), kardialer Simulation (NumeriCor) und klinischer Kardiologie (Medizinische Universität Graz) und ebnet damit den Weg zu quantengestützter EKG-Diagnostik der nächsten Generation, die die Patient:innenversorgung verbessert und Österreichs technologische Souveränität an der Schnittstelle Quantentechnologien und KI stärkt.

Abstract

Cardiovascular diseases remain the leading cause of global mortality, accounting for nearly one third of all deaths. The electrocardiogram (ECG), with over 300M recordings annually worldwide, is the most widely used non-invasive diagnostic tool, yet its interpretation suffers from inter-observer variability and limited sensitivity to early-stage pathologies. While deep learning has improved diagnostic interpretation, it depends on large annotated datasets and struggles with rare conditions, heterogeneous populations, and device-specific signal shifts. Synthetic EKGs can mitigate data scarcity, though current simulations often oversimplify cardiac anatomy and noise, limiting physiological realism.

Quantum Machine Learning (QML) is a cutting-edge interdisciplinary field that builds on the synergistic potential of quantum computing and AI. By leveraging quantum phenomena within high-dimensional state spaces, QML may enable more expressive feature representations and enhanced data efficiency compared to classical approaches. Recent studies suggest particular promise in learning complex patterns from limited data, a capability particularly compelling for identifying rare or subtle ECG abnormalities. Even modest performance gains, such as a 5–10% improvement in detection accuracy or a 1–2% reduction in cardiac-related hospitalizations, could translate into substantial clinical and economic benefits.

CardiaQ advances and accelerates the frontiers of QML, developing anomaly detection and pathology classification models specifically designed to handle the dimensionality and temporal complexity of multi-lead ECG signals. At the core of CardiaQ is a versatile portfolio of QML approaches, ranging from NISQ-compatible near-term methods to early fault-tolerant strategies. This includes hybrid quantum-classical models, such as 4D-hypercomplex-valued neural networks and quantum reservoir computing, optimized for current hardware, alongside early fault-tolerant QML architectures built on advanced quantum linear algebra primitives, reflecting a strategic development pathway from current NISQ technology toward next-generation quantum AI.

To address the fundamental data challenge, CardiaQ will establish a high-fidelity, publicly available dataset combining clinically validated synthetic and real patient multi-lead EKGs. More than 30 subject-specific digital twins of healthy and diseased hearts will be generated via whole-heart-torso electrophysiological simulations, reproducing diagnostically relevant patterns across at least five cardiac pathologies. Expert cardiologists will validate physiological realism, targeting a synthetic detectability rate below 10%.

The project will rigorously assess quantum benefits, particularly regarding data efficiency and sensitivity to rare or subtle cardiac events, while explicitly confronting current hardware limitations. Real quantum hardware evaluations and model explainability analyses further reinforce CardiaQ's holistic approach and lay the groundwork for future clinical adoption.

CardiaQ unites complementary expertise across QML (RISC Software and Joanneum Research), medical time-series analysis (Fraunhofer Austria), cardiac simulation (NumeriCor), and clinical cardiology (Medical University of Graz), paving the way toward quantum-powered, next-generation ECG diagnostics that enhance patient care and reinforce Austria's technological sovereignty at the intersection of quantum technologies and AI.

Projektkoordinator

- RISC Software GmbH

Projektpartner

- Fraunhofer Austria Research GmbH
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- Medizinische Universität Graz Klinische Abteilung für Pädiatrische Kardiologie
- NumeriCor GmbH