

Q-NEXUS NF

Quantum-enabled Neurofeedback for EXtended clinical USE

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, Menschen in FT2025, Digitale Technologien 2025	Status	laufend
Projektstart	01.10.2026	Projektende	30.09.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	24 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 499.916		
Keywords	Quantum sensing (OPM-MEG); multimodal neurofeedback; fMRI-OPM mapping & model transfer; real-time QC pipeline; Sondierung feasibility package		

Projektbeschreibung

Ausgangssituation, Problemstellung oder Motivation

Viele klinisch relevante Gehirnaktivitäten in Neurologie und Psychiatrie sind extrem schnell und komplex: Sie verändern sich im Millisekundenbereich und zeigen sich als Netzwerkdynamik. EEG ist zwar weit verbreitet, liefert bei komplexen Fragestellungen aber nicht immer genug räumliche Genauigkeit. Konventionelles MEG erfasst schnelle neuronale Aktivität direkt, ist jedoch wegen kryogener SQUID-Technologie und fixer Infrastruktur teuer und schwer in die Routineversorgung zu integrieren. Optisch gepumpte Magnetometer (OPM-MEG) versprechen kopfnahе Messungen ohne Kryotechnik mit mehr Komfort und Flexibilität – für den klinischen Einsatz braucht es aber belastbare Evidenz zu Reproduzierbarkeit, Kalibrierstabilität und wirksamer Störunterdrückung. Echtzeit-fMRT ermöglicht eine präzise anatomische Zieldefinition (Regions of Interest, ROIs), ist wegen der Verzögerung aber nur eingeschränkt für schnelles Neurofeedback geeignet. Daher kombinieren wir beides: fMRT liefert das „Wo“, OPM-MEG das „Wann und Wie“.

Ziele und Innovationsgehalt

Q-NEXUS NF ist eine fokussierte Sondierung mit dem Ziel einer klaren Go/No-Go Entscheidung für einen klinischen Ablauf, der fMRT und OPM-MEG für Neurofeedback kombiniert. Der Innovationskern liegt in der Verknüpfung von fMRT definierten ROIs mit OPM-Signalen. Über Kalibrierung, Ko-Registrierung und eine explizite Qualitätskontrolle wird so zustandsabhängiges Neurofeedback mit Millisekunden Sensitivität möglich.

Das Konzept umfasst zwei Phasen: Phase A etabliert und validiert das initiale fMRT-OPM Mapping (ROI Zuordnung, Merkmalsabgleich, Stabilitätsmetriken, Kalibrierroutinen). Phase B nutzt fMRT als Anker, um komplexe Zustände besser zu identifizieren, und überführt die daraus gewonnenen Randbedingungen in OPM-basierte Modelle für Neurofeedback Sitzungen. Methodisch wird aus Signalsoptimierung, robuster Artefaktbehandlung und multivariaten Ähnlichkeitsmaßen eine

einfach interpretierbare 2D-Emotionslandkarte abgeleitet.

Zur Risikoreduktion folgt Q-NEXUS NF einem gestuften Vorgehen „von Referenz zur Praxis“: Vergleichsmessungen in einer high-tech Referenzumgebung, Überprüfung in einer kompakten Testumgebung sowie klar definierten Kontrollpunkten der Qualitätssicherung.

Erwartete Ergebnisse bzw. Erkenntnisse

Das Projekt liefert ein entscheidungsreifes Evidenzpaket: (1) einen dokumentierten Betriebsbereich für OPM-MEG (Feldkontrolle, Driftmonitoring, Interferenzminderung, Artefaktbehandlung, Qualitätsschwellenwerte), (2) einen reproduzierbaren Werkzeugkasten für das fMRT-OPM Mapping mit Akzeptanzkriterien für Konsistenz, Stabilität und Latenz sowie (3) einen Demonstrator für qualitätsgesichertes Neurofeedback mit Sicherheitsmechanismen und einer visuellen Darstellung, die für Patientinnen und Patienten verständlich ist.

Der Nutzen für Patientinnen und Patienten liegt in komfortablerem, zielgerichteterem Training mit optimiertem Feedback und entsprechenden Schutzmechanismen gegen unzuverlässige Signale sowie erweiterten Diagnose- und Therapie Möglichkeiten. Bei Erfolg kann Neurofeedback einfacher betreibbar, mobiler und bei Skalierung günstiger werden, mit realistischer Perspektive, Neurofeedback auf eine neue Ebene zu heben. Langfristige Anwendungen reichen von Therapie und Rehabilitation über Psychiatrie und neuropsychiatrische Erkrankungen bis zu Diagnostik/Monitoring sowie einer robusten Plattform für Wissenschaft und Forschung in den Neurowissenschaften.

Abstract

Initial situation, problems or motivation

Clinically relevant brain activities in neurology and psychiatry evolve on millisecond time scales and as distributed networks. EEG is widely available, but spatial specificity and artefact robustness can be insufficient for complex targets. Conventional MEG measures fast neuronal dynamics directly, yet is costly and hard to deploy because it relies on cryogenic SQUID technology and fixed infrastructure. Optically pumped magnetometers (OPM-MEG) promise scalp-close, cryogen-free sensing; clinical translation requires evidence for reproducibility, calibration stability and interference suppression in clinic-near environments. Real-time fMRI provides precise anatomical targeting via ROI definitions, but its latency limits rapid feedback. A combined approach is therefore attractive: fMRI anchors “where” activity occurs, while OPM-MEG captures “when/how” it unfolds.

Goals and innovation content

Q-NEXUS NF is a focused feasibility (“Sondierung”) study aiming for a clear go/no-go decision on a clinic-near workflow integrating fMRI and OPM-MEG for real-time neurofeedback. The innovation is a translation-grade pipeline linking fMRI-defined ROIs to OPM-derived features through cross-modal calibration, co-registration and explicit quality control, enabling state-aware feedback with millisecond sensitivity. Phase A establishes and validates the initial fMRI-OPM mapping (ROI assignment/feature alignment, anchor-state acquisition, stability metrics and calibration routines). Phase B uses fMRI as an anchor to disambiguate complex states and transfers constraints into OPM-based models to support scalable feedback sessions. The framework combines real-time signal optimisation, robust artefact handling and multivariate similarity measures for an interpretable 2D state map. Risk is reduced via a staged “reference-to-practice” strategy: benchmarking in

a reference environment, verification in a compact testbed with controlled field management and phantom checks, and quality control gates that pause feedback when thresholds are violated.

Desired results or findings

The project will deliver: (1) a documented operational envelope for OPM-MEG (field control, calibration cadence, drift monitoring, interference mitigation, artefact handling and quality control thresholds); (2) a reproducible fMRI-OPM mapping toolkit with acceptance criteria for consistency, stability and end-to-end latency; and (3) an end-to-end demonstrator of quality-controlled real-time neurofeedback with session orchestration, logging and safety fallbacks, plus a patient-understandable 2D state representation.

This could lift clinical neurofeedback to a new level: simpler to operate, more mobile and flexible in clinic-near or outpatient settings, potentially cheaper at scale, and applicable to a broader range of patients and environments. More specific targets and faster, state-aware feedback have a realistic prospect of improving training outcomes, supporting therapy and rehabilitation as well as applications in psychiatry and neuropsychiatric disorders. Beyond neurofeedback, the validated workflow can enable new options for diagnostics and monitoring of fast brain-network dynamics and provide a robust platform for science and research in neuroscience.

Projektkoordinator

- RISC Software GmbH

Projektpartner

- Research Center for Non Destructive Testing GmbH
- Universität Linz