

Projekt

Neuartige Gehirn-Maschine Schnittstelle basierend auf Quantensensoren (BrainQSens)

Koordinator:	Prof. Dr. Jörg Wrachtrup Pfaffenwaldring 57 70550 Stuttgart Tel.: 0711/685-65277 E-Mail: wrachtrup@physik.uni-stuttgart.de
Projektvolumen:	2,8 Mio. € (ca. 79% Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.08.2017 bis 31.07.2020
Projektpartner:	➤ Robert Bosch GmbH, Renningen ➤ Universität Ulm ➤ Universität Mainz ➤ Carl Zeiss AG, Oberkochen (assoziiert)

Quantentechnologien – Grundlagenforschung für neuartige Anwendungen

Quantentechnologien sind Technologien, die auf der gezielten Ausnutzung von Quanteneffekten beruhen. Beispiele hierfür sind die Halbleitertechnologien, die Magnetresonanztomografie oder der Laser. Bei aktuellen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen – der zweiten Generation der Quantentechnologien – steht dezidiert der kontrollierte Quantenzustand einzelner oder gekoppelter Systeme im Vordergrund, d. h. seine gezielte Präparation, seine kohärente Kontrolle und nachfolgende Auslese. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für Anwendungen in der Informationsübertragung und -verarbeitung, für höchstpräzise und -sensible Mess- und Abbildungsverfahren oder auch für die Überwindung heutiger Beschränkungen bei der Simulation komplexer Systeme.

Im Themenfeld der Quantentechnologien hat das BMBF einen Strategieprozess der Fach-Community initiiert, welcher die Bedeutung des Themenfelds für den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort Deutschland herausgearbeitet und betont hat. Dies erfolgte im Einklang mit zeitgleichen Bewertungen des Themenfelds im europäischen und internationalen Umfeld. Mit der vorliegenden Fördermaßnahme setzt das BMBF erste Ergebnisse dieser Prozesse um.

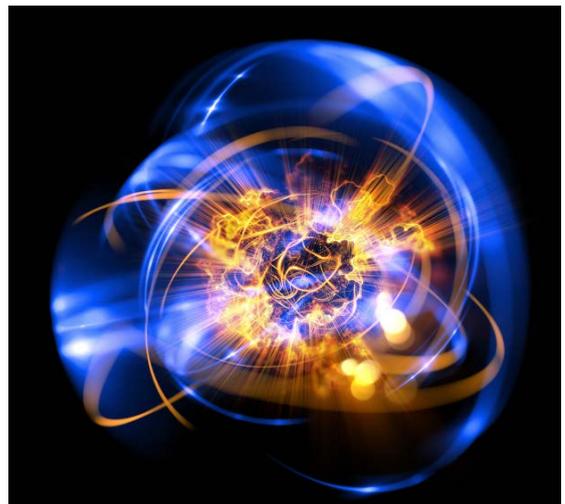


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: rybindmitriy/Fotolia)

Quantensensoren für die hochpräzise Messung schwacher Magnetfelder

Die Forschung an optisch aktiven Farbzentren in Festkörpern hat sich in der vergangenen Dekade rasant entwickelt. Vielfältige Untersuchungen zur optisch detektierten Magnetresonanz (ODMR) in Festkörpern in den 1970er bis 1990er Jahren haben die Grundlage für die Entwicklung von Diamantquantensensoren geschaffen.

Diamant-Magnetfeldsensoren basieren auf dem optischen Nachweis der Elektronenspinresonanz von Stickstoff-Fremdatomen in einem Diamant-Kristallgitter. Die Energieaufspaltung zwischen zwei Elektronenniveaus dieser Fremdatome ist proportional zum zu messenden Magnetfeld.

Die zentrale Eigenschaft von solchen NV-Zentren (NV=Nitrogen/Vacancy) ist die lange Lebensdauer der erzeugten Quantenzustände. NV-Zentren bieten bedingt durch die effiziente Abschirmung innerhalb der Diamantmatrix – soweit bekannt – von allen Elektronenspin-Systemen die längsten Kohärenzzeiten im Festkörper bei Raumtemperatur. Mit Blick auf die Anwendung des Systems als Sensor ermöglicht diese Eigenschaft die genaue Bestimmung der Resonanzfrequenz. Durch Messung der Resonanzfrequenz kann somit insbesondere das Magnetfeld exakt und mit höchster Präzision bestimmt werden.

Ultrapräzise Magnetsensoren als neuartige Mensch-Maschine-Schnittstelle

Der Nachweis neuraler Aktivität über elektrische und magnetische Signaturen, die in direkter Nähe zum Kopf aufgezeichnet werden, ist inzwischen Teil der aktuell verwendeten medizinischen Diagnostik und ein unverzichtbares Hilfsmittel in der medizinischen Forschung. Weiterhin werden beispielsweise isolierte neuronale Signale fern des Kopfes bereits genutzt, um Menschen mit amputierten Gliedmaßen eine aktive Bewegung von Prothesen zu ermöglichen. Dabei dienen elektrische Nervenpotenziale am Prothesenansatz zur Steuerung.

Allerdings sind Systeme zur Ableitung komplexer Nutzerbefehle aus neuronalen Signaturen des Gehirns basierend auf Elektroenzephalografiesystemen (EEG) bisher nicht zuverlässig verwendbar. Aktuell weisen Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Texteingabe basierend auf EEG-Systemen ohne Berücksichtigung von Autokorrekturfunktionen Fehlerraten zwischen 20 und 30 % auf.

Systeme, die auf der Detektion neuronaler Magnetfelder beruhen, erlauben im Vergleich zu EEG Systemen eine deutlich genauere Ortsauflösung und Quantifizierung neuronaler Aktivität im Gehirn. Mensch-Maschine-Schnittstellen, die auf der Messung neuronaler Magnetfelder im Gehirn basieren, werden daher als eine vielversprechende Möglichkeit gesehen, zuverlässige Gehirn-Maschine-Schnittstellen mit breiten Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen.

Am Ende dieses Projektes soll der Nachweis erbracht werden, Magnetfelder des auditiven Kortex mit einem miniaturisierten Sensorsystem am Kopf eines Probanden nachzuweisen. Das Sensorsystem soll dabei eine Empfindlichkeit von 1 Pikotesla (10^{-12} T) aufweisen.



Bild 2: Vereinfachte hochempfindliche Magnetsensoren erlauben nicht nur eine verbesserte medizinische Diagnostik, sondern langfristig auch neue, einfache Formen der Steuerung von Prothesen und sogar technischer Geräte im Alltag. (Quelle: chombosan/Fotolia)