

Die Quantenrevolution der Gesundheitsindustrie

Von ultraschnellen Quantencomputern bis hin zu hochempfindlichen Sensoren - Quantentechnologien könnten die Medizin einen großen Schritt voranbringen. Mögliche Anwendungsgebiete reichen von der Medikamentenentwicklung über die Krebsfrüherkennung bis hin zum Auslesen von Hirnströmen, um Prothesen oder Exoskelette zu steuern. Baden-Württemberg spielt insbesondere bei der Entwicklung von Sensoren eine Schlüsselrolle.

Wer Quantentechnologie hört, denkt wahrscheinlich eher an abstrakte Formeln und viel Theorie als an das Internet oder GPS-Geräte. Dabei erleichtern Quantensysteme der ersten Generation schon seit Jahrzehnten unseren Alltag. Sie bilden zum Beispiel die Grundlage für die Online-Datenübertragung oder machen GPS-Systeme genauer. Doch die spannendsten Entwicklungen erwarten uns wohl erst in naher Zukunft.

Quantentechnologien basieren auf den Besonderheiten der Quantenmechanik, einem Zweig der Physik, der die Welt auf subatomarer Ebene beschreibt. Diese Technologien nutzen spezielle Zustände wie „Überlagerung“ und „Verschränkung“, um Informationen zu verarbeiten und zu übertragen. Basierend auf diesen Prinzipien machen Quantencomputer oder Hochleistungssensoren bisher Unvorstellbares möglich: Rechner, die in Sekunden Probleme lösen, für die herkömmliche Computer Monate brauchen. Oder Sensoren, die Einblicke in bisher unsichtbare Vorgänge im menschlichen Körper geben. Vor allem im Gesundheitsbereich wecken die Quantentechnologien daher große Hoffnungen. Die Rede ist von einer zweiten Quantenrevolution, die unmittelbar bevorsteht.

Quantensensoren in der Medizin

„Quantentechnologien können Antworten auf wichtige Fragen der Medizin liefern, von der alternden Gesellschaft bis hin zu Zivilisationskrankheiten wie Krebs“, sagt Prof. Dr. Fedor Jelezko, Co-Direktor des Center for Integrated Quantum Science and Technology (IQST), dem 2014 gegründeten Zusammenschluss von Forschenden auf dem Gebiet der Quantentechnologien in Baden-Württemberg.

Der Schwerpunkt der Projekte im Bundesland liegt auf Quantensensoren - aus gutem Grund. Zum einen ist die Expertise im Bereich der Sensorik in Baden-Württemberg besonders konzentriert. Zum anderen sind Quantensensoren deutlich näher an der Marktreife als Quantencomputer. Schon heute übertreffen sie oft herkömmliche Sensoren, und in den nächsten ein bis fünf Jahren sollen zahlreiche neue Geräte auf den Markt kommen. „Wenn MRT-Bilder um einige Prozent besser werden, ändert das schon viel in der Früherkennung und damit in der Therapie von Patienten“, erläutert Jelezko.

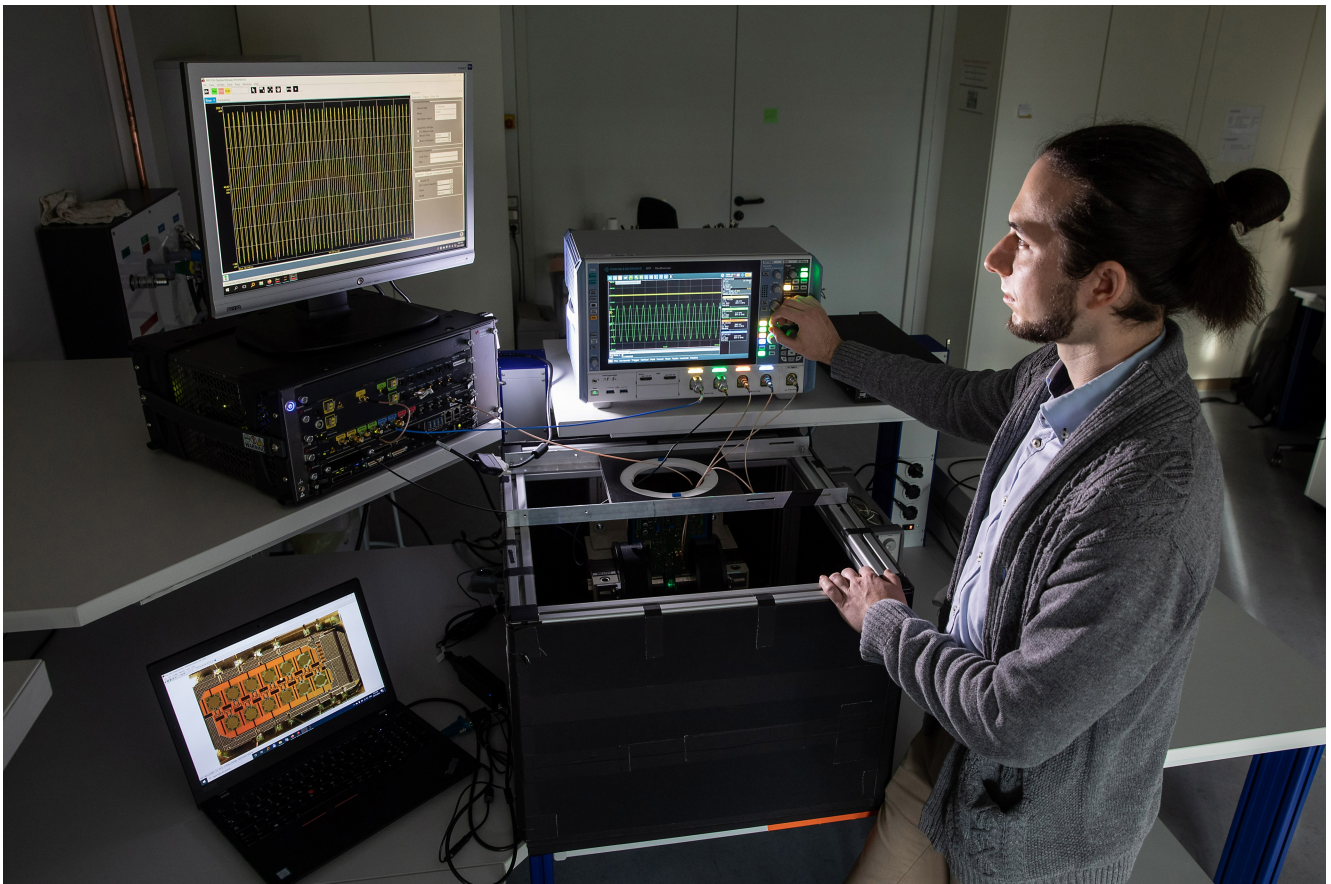
Mit Quantensensoren lassen sich neue Wirkstoffe für Medikamente und Biomarker für Krankheiten finden

Quantensensoren können dank Quanteneffekten Magnetfelder, Beschleunigung, Rotation, Schwerkraft und Zeit wesentlich genauer messen als klassische Sensoren.¹⁾ Insbesondere das Screening nach kleinsten Partikeln und das Auslesen von Magnetfeldern im menschlichen Körper stehen dabei im Fokus der aktuellen Forschung.

„Das Screening von Biomolekülen wird eine der ersten großen Anwendungen sein“, glaubt Prof. Dr. Jens Anders, Sprecher des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Zukunftsclusters Quantensensoren der Zukunft (QSens). In QSens arbeiten Forschende der Universitäten Stuttgart und Ulm eng mit Industriepartnern wie Boehringer Ingelheim zusammen, um den Einsatz von Quantensensoren unter anderem in der Medikamentenentwicklung zu erforschen.

Doch das ist nur die Spitze des Eisbergs. Die empfindlichen Sensoren können auch zum Beispiel Tumormarker im Blut frühzeitig erkennen. Das Projekt Ultrasens-Vir an der Universität Ulm arbeitet ebenfalls daran, mit dieser Technologie Viren schneller und präziser zu nachzuweisen.

Von MRT ohne Röhre bis gedankengesteuerten Prothesen



Messaufbau mit Quantensensoren im Labor der Universität Stuttgart.
© Universität Stuttgart

Das genauere Messen von Magnetfeldern durch Quantensensoren spielt in der Medizin dabei eine besonders große Rolle. Schon heute werden Magnetfelder unter anderem in Magnetresonanztomografen (MRT) eingesetzt, um Einblicke in den menschlichen Körper zu ermöglichen. Mit hochempfindlichen Quantensensoren lassen sich diese Bilder nicht nur verbessern, langfristig soll sogar ein MRT ohne Röhre möglich werden. Auch ganze Stoffwechselforgänge sollen künftig im MRT in Echtzeit sichtbar sein. Die Ulmer Firma NVision Imaging Technologies will schon im nächsten Jahr einen sogenannten Hyperpolarisator für präklinische Studien auf den Markt bringen, der genau das kann.

Da die Signalwege im Körper magnetische Felder erzeugen, könnten Chirurgen und Chirurgen mit Hilfe der Sensoren zum Beispiel auch bei Operationen den Verlauf von Nervenbahnen oder Muskeln verfolgen. „Und dann ist da noch der Heilige Gral“, sagt Anders. „Nämlich die Magnetfelder des Gehirns zu messen.“ Mit einer Mensch-Maschine-Schnittstelle könnten dann sogar medizinische Geräte per Gedanken gesteuert werden, und das ganz ohne riskante Hirn-OP. Auch daran wird bereits geforscht: Gedankensteuerbare Prothesen des Orthopädietechnikunternehmens Ottobock sind im Rahmen von QSens ebenso geplant wie gedankengesteuerte Exoskelette des BMBF-Leuchtturmprojekts NeuroQ.

Quantencomputing in der Medizin

Deutlich mehr Rampenlicht als Quantensensoren genießen seit einigen Jahren Quantencomputer. Kein Wunder, wenn Tech-Giganten wie Google, Microsoft und IBM Milliarden in diese Zukunftstechnologie investieren. Schneller, besser und leistungsfähiger als derzeitige Supercomputer sollen die neuen Geräte dank Quanteneffekten werden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Computern arbeiten Quantencomputer nicht mit Bits, sondern mit Qubits. Bits sind Informationen, die entweder als 0 oder 1 dargestellt werden. Qubits existieren auf einer Überlagerung von 0 und 1 und können mehrere Zustände gleichzeitig einnehmen. Dadurch können Quantencomputer unter anderem parallele Operationen durchführen und bei bestimmten Problemen enorme Geschwindigkeiten erreichen, die aktuelle Supercomputer in den Schatten stellen. Mit jedem zusätzlichen Qubit erhöht sich die Rechenleistung exponentiell.

Auch hier ist das Anwendungspotenzial enorm, denn medizinische Daten könnten in einem Bruchteil der Zeit ausgewertet werden. Ein naheliegendes Einsatzgebiet ist zunächst ebenfalls die Arzneimittelforschung. Das Screening nach neuen Wirkstoffen ließe sich deutlich beschleunigen. Außerdem: „Mit Quantencomputern lassen sich zukünftig pharmazeutische Wirkstoffe zuverlässig simulieren“, sagt Anders. Ein enormer Vorteil bei der Entwicklung.

Auch Diagnosen könnten mit Quantencomputern schneller und zuverlässiger werden, vor allem in Kombination mit



Quantencomputer, wie der hier abgebildete, könnten die Auswertung medizinischer Daten enorm beschleunigen.
© DP/Adobe Stock

Künstlicher Intelligenz (KI). So untersucht die Forschungsgruppe von PD Dr. Jeanette Miriam Lorenz vom Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS, wie Quantencomputer und KI medizinische Bilddaten wie MRT- oder CT-Aufnahmen verbessern können. Ein vergleichbarer Ansatz lässt sich beispielsweise auch für Gewebearbeiten nutzen, weshalb die Technologie für Einrichtungen wie das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg hoch relevant ist, mit dem Lorenz bereits im Austausch steht.

Allerdings sind bei der Arbeit mit Quantencomputern derzeit noch viele Fragen offen, etwa wie Algorithmen gestaltet sein müssen, um das Potenzial der neuen Supercomputer voll auszuschöpfen. „Quantencomputer sind nicht in jedem Fall schneller und besser als herkömmliche Computer“, betont Lorenz. „Wenn Sie zum Beispiel versuchen, mit einem Quantencomputer zu addieren, werden Sie feststellen, dass das auch unglaublich langsam sein kann. Ein Quantencomputer denkt einfach anders.“

Der breite Einsatz von Quantencomputern liegt noch ein Jahrzehnt in der Zukunft

Während einige medizinische Anwendungen von Quantencomputern bereits in den nächsten Jahren Realität werden könnten, dürfte der breite Einsatz in der klinischen Praxis noch mindestens ein Jahrzehnt entfernt sein. Das liegt unter anderem daran, dass die Geräte extrem störanfällig sind und zudem noch keine ausreichende Zahl von Qubits erreichen. Zum Vergleich: Google hat angekündigt, bis Ende 2029 einen Quantencomputer mit einer Million Qubits bauen zu wollen (von denen dann nach Korrektur der Störungen etwa 10.000 tatsächlich für Berechnungen zur Verfügung stünden).²⁾ Europas derzeit einziger kommerziell nutzbarer Quantencomputer, der IBM-Rechner in Ehningen, hat eine Leistung von 27 Qubits.³⁾

Trotzdem sollten sich Forschende und Unternehmen so früh wie möglich - am besten sofort - mit Quantencomputing beschäftigen, meint Lorenz: „Die Technologie ist so komplex, dass man einfach lernen muss, damit umzugehen.“ Die Möglichkeit, Quantencomputing unter realen Bedingungen zu testen, bietet unter anderem das vom Fraunhofer IAF und IAO betriebene Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg, das den IBM-Quantencomputer beherbergt und

diesen für Unternehmen, Start-ups und die akademische Forschung zugänglich macht.

QuantumBW und Quantum Effects: Neue Plattformen für den Austausch

Für den weltweiten Wettlauf um die Vorreiterrolle in der Quantentechnologie will Baden-Württemberg bereit sein. Im April 2023 startete daher das Land gemeinsam mit führenden Wissenschaftseinrichtungen und Wirtschaftsgrößen wie Bosch, Zeiss und Trumpf die Innovationsinitiative für Quantentechnologien Quantum^{BW}, die Baden-Württemberg bis 2027 mit insgesamt 31,1 Mio. Euro fördert. „Die Idee von Quantum^{BW} ist es, Quantentechnologien systematisch und konzentriert bis zur Marktreife zu entwickeln“, sagt Prof. Dr. Joachim Ankerhold, der gemeinsam mit dem ehemaligen Bosch-Geschäftsführer Dr. Volkmар Denner Sprecher der Initiative ist.

Im Fokus stehen zunächst Quantensensoren. „Hier hat Baden-Württemberg in der Vergangenheit Alleinstellungsmerkmale entwickelt. Damit können wir uns von anderen absetzen“, erklärt Ankerhold. Die Mittel sollen auch in eine Infrastruktur fließen, die Forschenden und Industriepartnern den nötigen technologischen Zugang ermöglicht. So könnten Einrichtungen wie das hochmoderne Zentrum für angewandte Quantentechnologien (ZAQuant) der Universität Stuttgart oder das Zentrum für Quanten- und Biowissenschaften (ZQB) der Universität Ulm besser zugänglich gemacht werden.

Parallel dazu bietet die neue Messe für Quantentechnologien Quantum Effects, die am 10. und 11. Oktober 2023 in Stuttgart stattfindet, eine zusätzliche Plattform für Vernetzung und Austausch. Nicht nur für Unternehmen, die am Puls der Zeit bleiben wollen, sondern auch für die Forschung ist der Dialog entscheidend. „Technik ist eine Lösung, die ein Problem sucht“, sagt Ankerhold. Denn längst sind nicht alle Anwendungsmöglichkeiten der Quantentechnologien ausgelotet.

Ansprechpartner:

IQST:

Prof. Dr. Fedor Jelezko
Universität Ulm
E-Mail: fedor.jelezko(at)uni-ulm.de

QSens:

Prof. Dr. Jens Anders
Universität Stuttgart
E-Mail: jens.anders(at)iis.uni-stuttgart.de

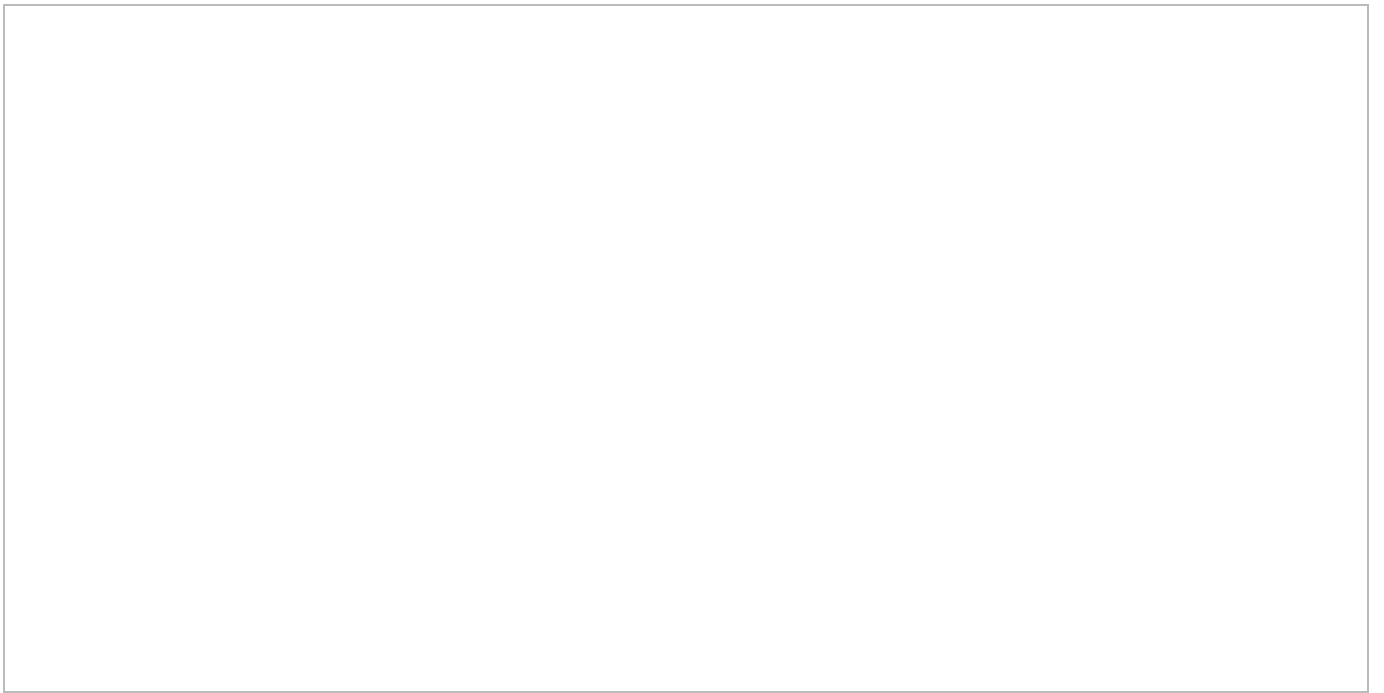
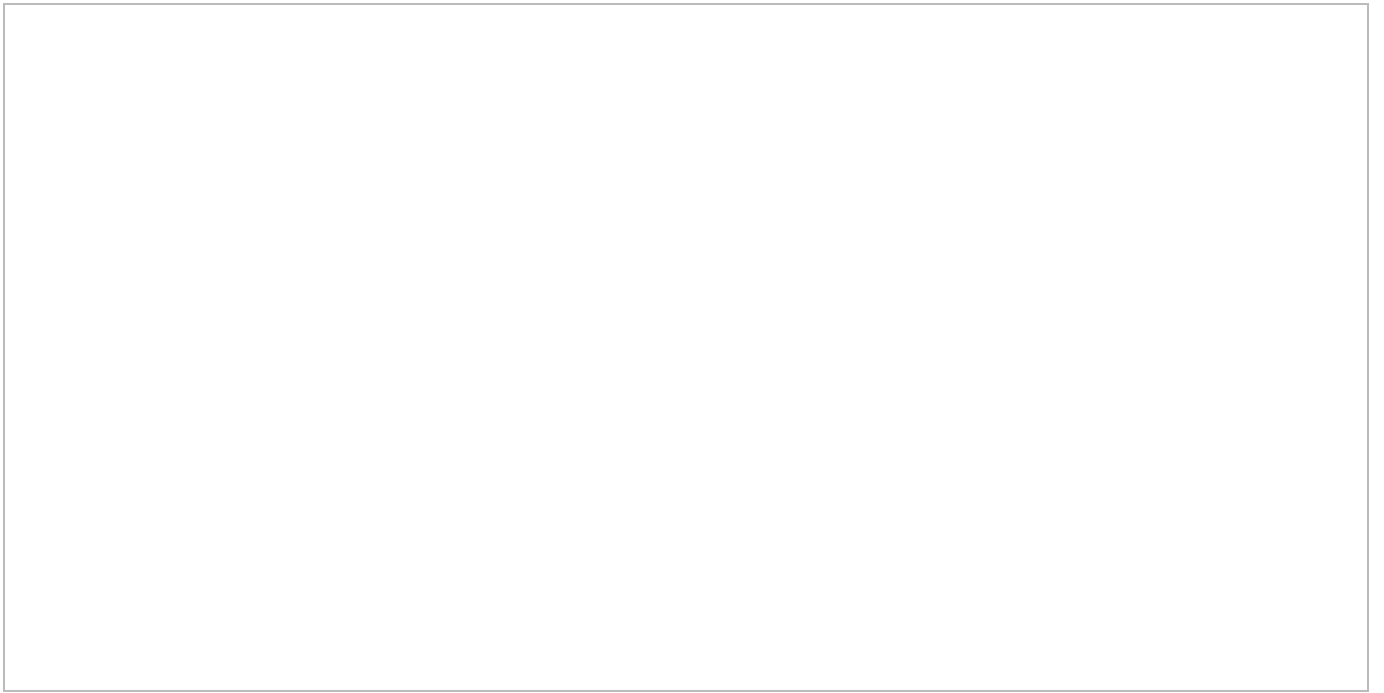
Quantum^{BW}:

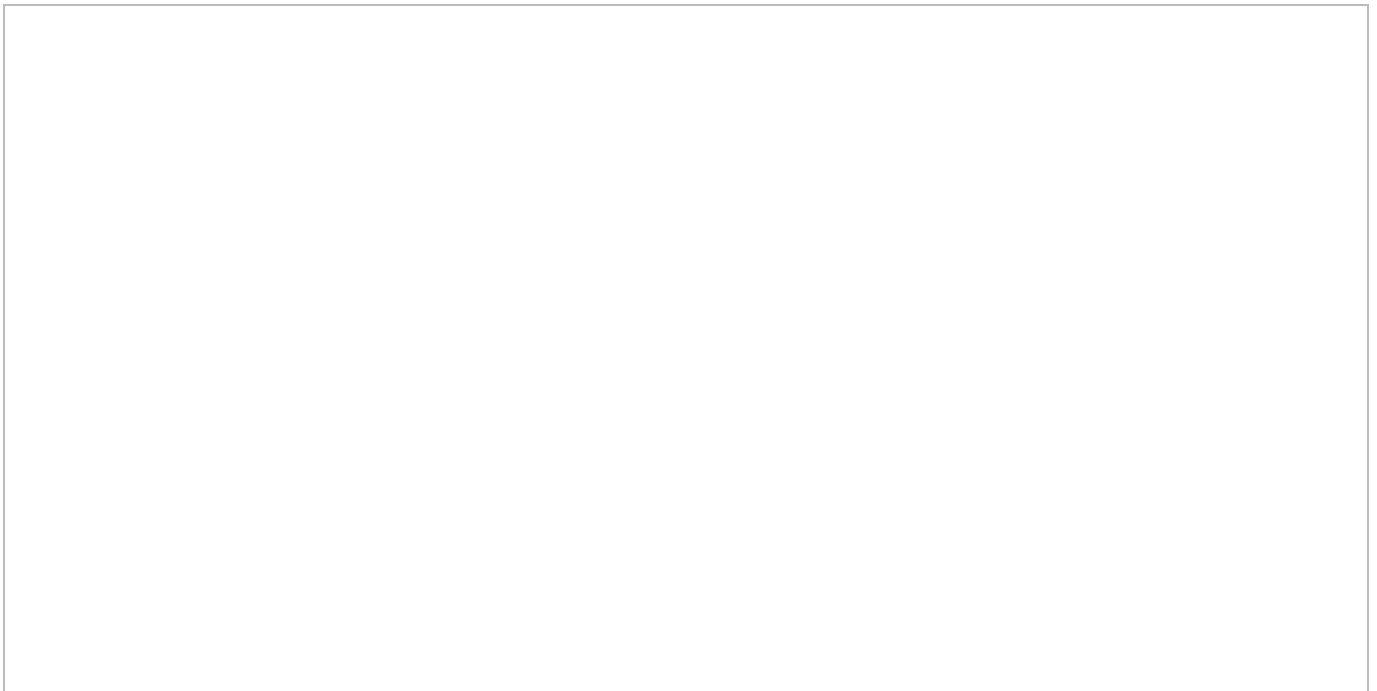
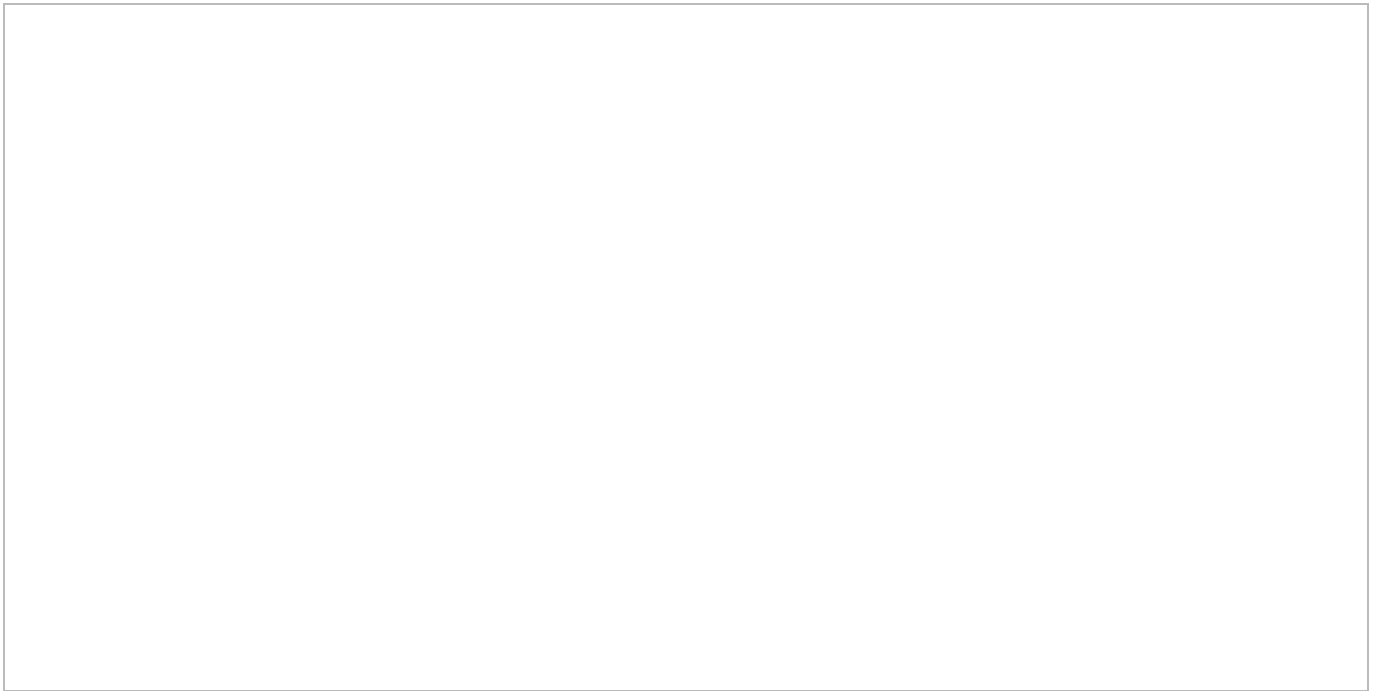
Prof. Dr. Joachim Ankerhold
Universität Ulm
E-mail: joachim.ankerhold(at)uni-ulm.de

Dr. Sonja Lebus-Henn
Universität Ulm
E-Mail: sonja.lebus-henn(at)uni-ulm.de

Quantencomputing-basierte KI in der Medizin:

PD Dr. Jeanette Miriam Lorenz
Fraunhofer IKS
E-Mail: jeanette.miriam.lorenz(at)iks.fraunhofer.de





Prof. Dr. Fedor Jelezko, Co-Direktor IQST © Universität Ulm



Prof. Dr. Jens Anders, Sprecher QSens © Universität Stuttgart

PD Dr. habil. Jeanette Miriam Lorenz, Fraunhofer IKS Quantencomputing © Fraunhofer IKS

Prof. Dr. Joachim Ankerhold, Sprecher QuantumBW © Joachim Ankerhold (privat)

Literatur:

1) Bongs, K., Bennett, S. D. & Lohmann, A. (2023): Quantum sensors will start a revolution — if we deploy them right. *Nature* 617(7962), 672–675.
<https://doi.org/10.1038/d41586-023-01663-0>

2) Brooks, M. (2023): IBM wants to build a 100,000-Qubit quantum computer. *MIT Technology Review*.
<https://www.technologyreview.com/2023/05/25/1073606/ibm-wants-to-build-a-100000-qubit-quantum-computer/> (Zugriff 04.09.2023)

3) Fraunhofer Gesellschaft. (o. D.): IBM Quantum System One at Ehningen Germany. [fraunhofer.de. https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/institute-einrichtungen/Kooperationen/kompetenznetzwerk-quantencomputing/brochure_fraunhofer-v10.pdf](https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/institute-einrichtungen/Kooperationen/kompetenznetzwerk-quantencomputing/brochure_fraunhofer-v10.pdf) (Zugriff 04.09.2023)

Dossier

11.10.2023

Dr. Anja Segschneider

© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

Weitere Artikel in diesem Dossier



02.06.2026

Neue Einblicke in die Muskelphysiologie – kontaktlos und dreidimensional



06.11.2024

QSens: Zukunftscluster bringt Quantensensoren der Zukunft in die Medizin



26.07.2023

Quantensensoren für Exoskelette: Kann Quantenphysik Lähmungen bekämpfen?



08.04.2021

Diamanten für Life Sciences-Innovationen

Weiterführende Links:

[↗ Center for Integrated Quantum Science and Technology \(IQST\)](#)

[↗ Quantensensoren der Zukunft \(QSens\)](#)

[↗ Projekt Ultrasens-Vir an der Universität Ulm](#)

[↗ NVision Imaging Technologies](#)

[↗ Projekt NeuroQ](#)

[↗ Quantencomputer und KI - Fraunhofer IKS](#)

[↗ Data Science @ DKFZ](#)

[↗ Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg](#)

[↗ QuantumBW](#)

[↗ Zentrum für Angewandte Quantentechnologie \(ZAQuant\) Universität Stuttgart](#)

[↗ Zentrum für Quanten- und Biowissenschaften \(ZQB\) Universität Ulm](#)

[↗ Quantum Effects | Messe](#)