

## TUE 4: Education and Outreach

Time: Tuesday 14:15–16:00

Location: ZHG004

TUE 4.1 Tue 14:15 ZHG004

**Shaping Quantum Education: National Networks, European Programs, and the CFQT** — ●FRANZISKA GREINERT and RAINER MÜLLER — Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften

As quantum technologies approach industrial application, education systems face increasing pressure to respond to emerging skill demands. This talk outlines current initiatives – from a German educator network to European programs – aimed at building quantum competences across sectors. A central focus lies on the European Competence Framework for Quantum Technologies (CFQT), developed through iterative research and stakeholder engagement. The CFQT provides a structured model for mapping and comparing competences, supporting curriculum planning and workforce development. The talk introduces the CFQT with selected use cases, highlighting its role in aligning education with evolving quantum workforce needs.

TUE 4.2 Tue 14:30 ZHG004

**Heisenberg's Philosophy of Quantum Mechanics: A Road to Pragmatic Positivism** — ●KANAN PURKAYASTHA — The Philosophical Society, Oxford, United Kingdom

One of the key figures in the development of quantum mechanics was Werner Heisenberg (1901-1976). Heisenberg developed both the first quantum mechanical mathematical framework, matrix mechanics. He also outlined the philosophical basis underpinning it, named thereafter the \*uncertainty principle.\*

On the other hand, a central contribution to the understanding of science in general and physics in particular, is the naturalistic analysis of the subject by philosopher Willard Van Orman Quine (1908-2000). This is evident in Quine's works on the nature of language. Within Heisenberg's writings there is a substantial attention directed to analysing nature of language, and especially its relation to epistemic questions within science.

This paper argues that in spite of Heisenberg being a physicist working in an area of quantum mechanics and Quine being an analytic philosopher concerned with the broader questions of epistemology both of them are led to strikingly similar conclusions about the nature of reality. Also, the abstract account of how science progresses that Quine provides matches closely with the Heisenberg's philosophical ideas of how science in general and physics in particular makes crucial advances. The paper concludes that both Heisenberg and Quine opt for a pragmatic positivism rather than logical positivism.

TUE 4.3 Tue 14:45 ZHG004

**Quantencomputer in der Oberstufe: Unterrichtsmaterial für MINT-Fächer und für einen Projektkurs im Abitur** — ●JÖRG GUTSCHANK<sup>1,3</sup> und JÖRG THORWART<sup>2,4</sup> — <sup>1</sup>Leibniz Gymnasium, Dortmund, Germany — <sup>2</sup>Albert-Einstein-Gymnasium, Ulm, Germany — <sup>3</sup>Science on Stage Germany, Berlin, Germany — <sup>4</sup>European School Brussels II, Belgium

Quantencomputer sind mehr als ein technologischer Trend - sie eröffnen neue Perspektiven für die physikalische, mathematische und informatische Bildung. Im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit von Lehrkräften aus Physik, Mathematik und Informatik wurde unter der Koordination von *Science on Stage* Unterrichtsmaterial entwickelt, das Lehrkräfte einsetzen können, um Schüler:innen der Sekundarstufe II einen praxisnahen Zugang zum Quantencomputing zu ermöglichen.

Das Projekt befindet sich aktuell in der Abschlussphase; die Materialien werden in Kürze online verfügbar sein unter: <https://www.science-on-stage.eu/quantumcomputing>

Die Materialien wurden von Lehrkräften für Lehrkräfte entwickelt und bieten vielfältige Zugänge - von Schülerexperimenten und Online-Animationen bis zu Programmieraufgaben und eigenständigen Arbeitsformen. Sie eignen sich für einzelne MINT-Fächer und projektorientierte Abiturseminare.

Im Vortrag werden das interdisziplinäre Material und Umsetzungsbeispiele aus den MINT-Fächern vorgestellt. Ziel ist es, das Potenzial für fächerverbindenden Unterricht zum Quantencomputing aufzuzeigen.

TUE 4.4 Tue 15:00 ZHG004

**Mehr als Chemie: Die Kontakte von Carl Auer von Welsbach**

zu Niels Bohr & Co — ●GERD LÖFFLER — Carl Auer von Welsbach Museum, Althofen, Österreich

Carl Auer von Welsbach ermöglichte durch seine hochreinen chemischen Präparate fundamentale experimentelle Bestätigungen in der frühen Quantenphysik. Niels Bohr hatte auf Basis seines Atommodells vorausgesagt, dass Lutetium das letzte Element der Lanthanoidreihe sei und diamagnetische Eigenschaften aufweise. Der experimentelle Nachweis dieser Vorhersagen gelang erst durch Welsbachs exzellente Lutetiumpräparate, die Stefan Meyer in Wien erfolgreich einsetzte. Die hohe chemische Reinheit war entscheidend für die Reproduzierbarkeit der magnetischen Messungen. Aufbauend auf diesen experimentellen Grundlagen entwickelte Friedrich Hund 1925 sein quantenmechanisches Modell der Elektronenkonfiguration, das als *Hundsche Regel* bekannt wurde. Diese Modellbildung stand in enger Übereinstimmung mit den empirischen Ergebnissen aus Wien. Darüber hinaus bestimmte Auer von Welsbach die Atomgewichte von Ytterbium und Lutetium mit außergewöhnlicher Genauigkeit – ein beachtlicher Erfolg angesichts der damaligen analytischen Möglichkeiten. Seine Arbeiten bilden eine zentrale Schnittstelle zwischen präparativer Chemie und theoretischer Quantenphysik und trugen wesentlich zum Verständnis der magnetischen Eigenschaften seltener Erden bei.

Weitere Informationen finden Sie auf der Webseite des Museums <https://www.auer-von-welsbach-museum.at/de/unser-museum/vortraege-veroeffentlichungen>

TUE 4.5 Tue 15:15 ZHG004

**Modular Setup for Coherent Control Experiments on NV Centers in Diamond** — ●DAVID AHLMER<sup>1</sup>, DENNIS STIEGEGÖTTER<sup>1</sup>, JONAS HOMRIGHAUSEN<sup>2</sup>, MARINA PETERS<sup>2,3</sup>, MARKUS GREGOR<sup>2</sup>, and PETER GLÖSEKÖTTER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Department of Electrical Engineering and Computer Science, FH Münster, 48565 Steinfurt, Germany — <sup>2</sup>Department of Engineering Physics, FH Münster, 48565 Steinfurt, Germany — <sup>3</sup>Experimentalphysik, Universität des Saarlandes, 66123 Saarbrücken, Germany

Hands-on access to quantum state control experiments is often limited by cost and complexity. Initially kits allowing for experiments with NV centers have been presented. [1,2] We introduce a modular, 3D printable teaching platform that performs key experiments on colour centres in bulk diamond within a modular setup for educational purposes. The complete hardware costs about €500 split among electronics, cabling and optical components, making the system affordable for schools and undergraduate laboratories. The platform supports experiments to investigate optically detected magnetic resonance (ODMR), coherent Rabi oscillations, longitudinal relaxation (T1) and spin-echo coherence (T2) measurements on nitrogen-vacancy (NV) centres. Pulse sequences are generated by a microcontroller with a timing resolution of 53 ns [3]. By tuning the microwave drive power, the  $\pi/2$ -pulse duration can be set to integer multiples of this step size, enabling robust coherent spin control. [1] Stegemann, J. et al. Eur. J. Phys. 44, 35402 (2023). [2] Haverkamp, N. et al. EPJ Quantum Technol. 12, 27 (2025). [3] Stiegegötter, D. et al. Sensors. 24, 3138 (2024).

TUE 4.6 Tue 15:30 ZHG004

**Interaktive Spiele zur Vermittlung der Quantenmechanik in der Grund- und Sekundarbildung: Eine forschungsbasierte Entwicklung mit Scratch, Python, CSS und JavaScript** — ●JOÃO MARCOS BRANDET, GABRIEL DA SILVA CARDOSO, FABRÍCIO LORENZO MONFERNATTI RAMOS und VINICIUS SANCHES DA LUZ — SEED, Londrina, Brazil

Diese Forschung präsentiert die Entwicklung und Validierung interaktiver Lernspiele zur Einführung der Quantenmechanik auf verschiedenen Ebenen der Grund- und Sekundarbildung. Die Spiele wurden kollaborativ von Lehrkräften und Schülern mithilfe von visueller Blockprogrammierung (Scratch) sowie textbasierten Programmiersprachen (Python, CSS und JavaScript) entwickelt. Ziel ist es, komplexe Konzepte der Quantenphysik durch spielerische und partizipative Methoden verständlich zu machen. Der Entwicklungsprozess basiert auf konstruktivistischen und konstruktivistischen Ansätzen und folgt den Prinzipien des Game-Based Learning sowie der Maker-Pädagogik. Die Validierung erfolgte durch Expertenanalysen, Usability-Tests und Pilotanwendungen in realen Unterrichtsszenarien. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Spiele sowohl die Motivation als auch das konzeptuelle Verständnis

der Schülerinnen und Schüler signifikant fördern. Dieses Projekt stellt einen innovativen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Bildung dar und zeigt Wege auf, wie abstrakte Inhalte durch digitale Werkzeuge und kreative Lernumgebungen zugänglich gemacht werden können.

TUE 4.7 Tue 15:45 ZHG004

**Über die Quantenkompetenz hinaus: Zukunft der Bildung in einer vernetzten Welt** — ●ZRINKA STIMAC — Leibniz-Institut für Bildungsmedien, Freisestr. 1, 38118 Braunschweig

Mit diesem Vortrag stelle ich das interdisziplinäre Projekt "Neue Menschenbilder, neues Denken? Quantentechnologie als Herausforderung der Bildung" vor und frage, ob quantenphilosophische Perspektiven die Zukunft der Bildung mitgestalten können. Im deutschen Kontext und aus geistes- und sozialwissenschaftlicher Perspektive analysiert das

Projekt, wie Bildungssysteme auf die wachsende Präsenz von Quantentechnologien reagieren - insbesondere im Hinblick auf analoge und digitale Bildungsmedien sowie die Bedürfnisse der Bildungsakteure. Die Studie geht über die Vermittlung von Quantenkompetenz hinaus und untersucht, ob Konzepte wie Indeterminiertheit, Verschränkung und Relationalität neue Impulse für das fächerübergreifende Lernen geben können. Theoretisch stützt sie sich auf Arbeiten von Karen Barad, Ernst Cassirer, Matthias Jung und Lev Wygotsky. Statt einen konkreten pädagogischen Wandel zu fordern, eröffnet die Präsentation einen Raum für Reflexion: Könnten die konzeptuellen Rahmen der Quantentheorie dazu beitragen, Lehren, Lernen und Welterschließung anders zu denken? Anknüpfend an UNESCOs Vision von Wissenskonvergenz und zukünftigen Kompetenzen wird gefragt, was es bedeutet, Bildungskonzepte für eine vernetzte, nichtlineare und komplexe Zukunft zu gestalten.