

Quantentechnologien unterrichten? Schulische Zugänge mit den Wesenszügen der Quantenphysik und didaktische Potenziale

Rainer Müller und Stefan Heusler

Der Basisartikel betont die Potenziale, die sich aus einer Einbeziehung von Quantentechnologien für den Unterricht zur Quantenphysik ergeben. Die Komplexität der Technologien kann dabei durch geeignete Modelle reduziert werden. Als Argumentationswerkzeuge für die Auseinandersetzung mit Quantenphänomenen dienen die in den sog. „Wesenszügen“ zusammengefassten Grundprinzipien der Quantenphysik: statistisches Verhalten, Fähigkeit zur Interferenz, eindeutige Messergebnisse und Komplementarität.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 2

Was ist so besonders an Superpositionen?

Von Überlagerungen in der klassischen Wellenlehre zu Superpositionen in der Quantenphysik

Stefan Heusler, Malte Ubben und Philipp Bitzenbauer

Der Basisartikel beschäftigt sich mit dem Konzept der Superposition in der Quantenphysik. Die Autoren erläutern die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen klassischen Überlagerungen und quantenphysikalischen Superpositionen sowie die zentrale Bedeutung des planckschen Wirkungsquantums h . Quantenphysikalische Superpositionen werden dann am Beispiel polarisierter Photonen sowie im Zusammenhang mit Quantencomputing konkretisiert.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 8

Stolpersteine in der modernen Quantenphysikdidaktik.

Fachliche Betrachtungen und didaktische Hinweise zu irreführenden Konzepten von „Gleichzeitigkeit“ und „Parallelität“

Andreas J. C. Woitzik und Oliver Passon

Die Autoren betrachten häufige Stolpersteine in der modernen Quantenphysikdidaktik und nehmen diese aus fachlicher Sicht unter die Lupe. Im Zusammenhang mit dem Konzept der Superposition finden sich in vielen populärwissenschaftlichen Darstellungen häufig problematische oder falsche Argumentationen in Bezug auf „Gleichzeitigkeit“ und „Parallelität“. Zur Vermeidung irreführender Vorstellungen geben die Autoren Empfehlungen für alternative Formulierungen und Konzepte.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 12

Die Rolle des Zufalls in der Quantenphysik.

Grundlagen und technische Anwendungen erarbeiten

Stefan Aehle und Holger Cartarius

Die Besonderheit in der Natur des quantenphysikalischen Messprozesses liegt in dessen Zufälligkeit. Welche Rolle der Zufall in der Quantenphysik genau spielt, wie man sich diesen heute technisch zunutze macht und welche Möglichkeiten es gibt, Quantenzufall im Unterricht zu diskutieren, wird in diesem Beitrag untersucht. Um dieses komplexe Thema vermitteln zu können, werden ausgewählte Schwerpunkte und Anregungen für den Physikunterricht der Oberstufe vorgestellt.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 16s

Quantenoptik mit modularen Schülerexperimenten. Low-Cost-Experimente mit dem 3-D-Drucker zu Anwendungsbeispielen von Quantentechnologien

Stefan Heusler, Alexander Pusch und Nils Haverkamp

Beschrieben werden modulare Low-cost-Schülerexperimente zur Quantenoptik und zu Quantentechnologien aus dem 3-D-Drucker. Die Experimente umfassen sowohl Michelson- und Mach-Zehnder-Interferometer als auch die modernen Anwendungsbeispiele Quantenkryptografie (als Analogieexperiment) sowie Quantenradierer (als Modellexperiment). Neben schulischen Arbeitsmaterialien werden auch Möglichkeiten zur Beschreibung und Deutung aus Sicht der Wellenoptik sowie aus Einzelphotonen vorgestellt.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 21

Von Unbestimmtheit zu Verschränkung.

Anregungen und Materialien für den Unterricht zur Quantenphysik

Gesche Pospiech

Zu den Themen Unbestimmtheit und Verschränkung in der Quantenphysik beschreibt die Autorin in diesem Artikel verschieden anspruchsvolle unterrichtliche Zugänge. Vorgestellt werden u. a. Experimente, der Einsatz von Medien wie Erklärvideos oder Simulationen, geeignete Metaphern und die Auseinandersetzung mit quantentechnologischen Anwendungen mithilfe von Arbeitsblättern. Daneben wird die Dirac-Notation als Schreibweise für Quantenzustände eingeführt.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 27

Erklärvideos zur Quantenverschränkung. Ein Unterrichtskonzept mit Erklärvideos und Hinweise zu ihrer Auswahl

Stefan Heusler, Malte Ubben und Philipp Bitzenbauer

Jugendliche informieren sich gerne mithilfe von Erklärvideos – auch aus solchen mit fachlichen Fehlern. Dieser Artikel beschreibt ein Workbook, das die Lernenden bei einer reflektierten Auseinandersetzung mit Erklärvideos zur Quantenverschränkung unterstützt. Am Anfang stehen Experimente zur Erzeugung von verschränkten Photonenpaaren und deren Interpretation. Auf dieser Basis suchen die Schüler:innen anschließend problematische Aussagen in einem Erklärvideo. Lehrkräfte finden im Artikel zudem einen Entscheidungsbaum zur Auswahl qualitativ hochwertiger Erklärvideos..

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 34

Digitaler Werkzeugkasten für den Quantenphysikunterricht. Onlineportale und Spiele mit empfehlenswerten Materialien

Malte S. Ubben und Stefan Heusler

Der Artikel beschreibt verschiedene Tools und Plattformen, die den Unterricht zur Quantenphysik und das Lernen der Schüler:innen unterstützen können. Vorgestellt werden Simulationen, Online-Portale mit Lehrmaterialien und Lerninhalten sowie Spiele, die u. a. Experimente und Konzepte der Quantenphysik veranschaulichen.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 38

An die Stifte, fertig, los! Kritzelspiele für Vertretungsstunden und als kreative Mini-Übungen

Julia Welberg, Rosalie Heinen und Susanne Heinicke

Im Physikunterricht wird häufig gezeichnet, wobei gute Zeichnungen das Lernen unterstützen können. Visuelle Spiele und kreative Mini-Übungen helfen dabei, zeichnerisches Selbstbewusstsein zu stärken, die Feinmotorik und Fähigkeiten in der Wahrnehmung zu verbessern sowie den Unterricht aufzulockern. Der Artikel stellt verschiedene kurze Übungen vor.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 40

Einstein mit Pythagoras.

Unterricht zur allgemeinen Relativitätstheorie und zu Gravitationswellen mit Mathematik auf schulischem Niveau
Stina Scheer

Aspekte der allgemeinen Relativitätstheorie lassen sich mit dem hier vorgestellten Ansatz in der Schule quantitativ behandeln. Grundlage dabei ist der Satz des Pythagoras. Themen des so konzipierten Unterrichts sind das Äquivalenzprinzip, die Krümmung der Raumzeit sowie Methoden zur Detektion von Gravitationswellen.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 42

Versagt das Induktionsgesetz? Ein vermeintlicher Widerspruch bei der Deutung des Leiterschaukelversuchs als Lerngelegenheit

Michael Barth

Der Autor nimmt ein von Schüler:innen thematisiertes „Paradoxon“ beim Leiterschaukelversuch in Bezug auf das Induktionsgesetz unter die Lupe. Auch hier gilt das Induktionsgesetz, sofern korrekt von geschlossenen magnetischen Feldlinien ausgegangen wird. Der scheinbare Widerspruch kann als Ausgangspunkt für eine anspruchsvolle Aufgabe dienen. Ergänzend werden Experimente vorgestellt, bei denen der scheinbare Widerspruch zum Induktionsgesetz nicht auftritt.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 46

Kosmische Endzeitszenarien. Rezension „Katie Mack: Das Ende von allem* – *astrophysikalisch betrachtet“

Thomas Rubitzko

In „Das Ende von allem“ erläutert die Kosmologin Katie Mack verschiedene, unterschiedliche wahrscheinliche Szenarien für das Ende des Universums, wie den Big Crunch, den Wärmetod und den Vakuumzerfall. Der Rezensent merkt an, dass trotz humorvoller und verständlicher Erklärungen das Buch einige fachliche Unklarheiten enthält. Im Nachwort formulieren Kolleg:innen der Forscherin ihre eigenen Perspektiven auf die kosmische Endlichkeit.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 48

Schrittspannung von Kühen im Modellexperiment

Thomas Rubitzko

Schrittspannung ist eine Folge der radial vom Einschlagsort eines Blitzes wegfließenden Ladung. Da Kühe große Beinpaarabstände haben, sind sie besonders davon bedroht. Im Modellexperiment dienen Leuchtdioden als Modellkühe und zeigen das Gefährdungspotential von Kühen und damit auch von Menschen abhängig von deren Verhalten.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 49

Videoanalyse eines Modellexperiments zum Newtonpendel

Helena Franke

Bei diesem Modellexperiment zum Newtonpendel ersetzen vier Fahrwagen die Kugeln. Mit einer Videoanalyse-Software lassen sich die Bewegungen der Wagen verfolgen und Weg-Zeit- sowie Geschwindigkeit-Zeit-Diagramme erstellen. Der Einsatz der Software unterstützt sowohl das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge als auch den Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationsformen der untersuchten Vorgänge.

UNTERRICHT PHYSIK 34-2023 | Nr. 198, Seite 49