

## ■ Ein Quantum Kunst

**Anton Zeilinger zeigt auf der Documenta 13 in Kassel quantenphysikalische Experimente.**

Physik in einer Kunstschau? Das ist kein so abwegiger Gedanke. So integrierte der Künstler Ecke Bonk im Rahmen der Documenta X im Jahr 1997 eine Nebelkammer in seiner Installation. Doch die Kuratorin der diesjährigen Documenta 13, Carolyn Christov-Bakargiev, fasst den Kunstbegriff so weit, dass auch ein Physiker Teil dieser Leistungsschau der zeitgenössischen Kunst sein darf. Der bekannte Experimentalphysiker Anton Zeilinger aus Wien wurde als einziger österreichischer Vertreter zur Documenta eingeladen, um im Kasseler Fredericianum vier Versuche zu zeigen. Persönlich wird Zeilinger in der ersten und letzten Ausstellungswoche vor Ort sein, in der restlichen Zeit betreuen einige seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Experimente

und beantworten die Fragen der Besucher. Allerdings sind die Experimente auf eine ausstellungstaugliche Weise reduziert. Die erstmals von Zeilinger demonstrierte Quantenteleportation („Beamen“) wird es in Kassel nicht zu sehen geben, denn dafür ist sie zu aufwändig. Doch die unter dem Titel „Quanten Heute, 2012“ gezeigten Versuche zu den verblüffenden Effekten der Quantenmechanik dürften in der ungewöhnlichen Umgebung sicherlich für Denkanstöße und Diskussionen sorgen, schließlich geht es um „Den Verlust der Gewissheit“ (Photonen am Einfachspalt), den objektiven Quantenzufall (Einzelphoton-Strahlteiler), die Kontextgebundenheit der Quantenwirklichkeit (Doppelspalt mit Photonen) und die Unhaltbar-



J. Godany

Anton Zeilinger untersucht mit seinen Experimenten grundlegende Konsequenzen der Quantenmechanik.

keit eines realistischen Weltbildes (Quantenverschränkung von Photonenpaaren). Auch wenn Zeilinger ausdrücklich betont, keine Kunstwerke zu zeigen; anregende Experimentierkunst ist das allemal.

**Alexander Pawlak**

## ■ Heimlich aktiv?

**Ein neues Labor am Institut für Transurane in Karlsruhe deckt schnell und präzise nukleare Aktivitäten auf, die gegenüber der Internationalen Atomenergiebehörde verheimlicht werden.**

September 2007: Die israelische Luftwaffe fliegt einen Angriff auf Dair Alzour in Syrien und zerstört einen Gebäudekomplex. Hat Syrien dort eine geheime Nuklearanlage aufgebaut, um Plutonium für ein Waffenprogramm zu erzeugen, oder handelt es sich nur um eine Militäranlage, wie Syrien behauptet? Als Inspektoren der Internationalen Atomenergiebehörde IAEA fast ein Jahr später Zutritt erhalten, ist das Gelände planiert; vom Komplex keine Spur mehr. Doch in Bodenproben finden sich Uranpartikel, deren Analyse laut IAEA die Verbindung zu nuklearen Aktivitäten nahelegt und damit die Aussagen der syrischen Regierung widerlegt.

Neben besonders spektakulären Fällen wie diesem gehört der Besuch von Nuklearanlagen weltweit zum Alltag für Inspektoren der IAEA. Zur Analyse der Proben kann die Organisation auf ein eigenes Labor in Seibersdorf bei Wien zurück-



Das neue Sekundärionen-Massenspektrometer am Institut für Transurane in

greifen sowie auf ein Netzwerk zahlreicher Laboratorien weltweit. Eines davon ist das Institut für Transurane (ITU), das die Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission auf dem Gelände des KIT in Karlsruhe betreibt. Dort wurde Anfang Juni ein neues Labor

Karlsruhe erlaubt schnelle und präzise Analysen kleinster Partikel.

eingeweiht, das künftig wesentlich genauere Partikelanalysen in deutlich kürzerer Zeit verspricht.

Kernstück des vier Millionen teuren Labors ist ein hochauflösendes Sekundärionen-Massenspektrometer. Verglichen mit diesem komplexen Gerät ist die

Probennahme vor Ort recht trivial: Die Inspektoren müssen dafür nur mit einem Baumwolltuch in einer Anlage Staub wischen, denn wie sehr sich ein Betreiber auch bemühen mag, unweigerlich entweichen bei allen Aktivitäten kleine Partikel und schlagen sich als Staub nieder. Wenn ein solches Tuch am ITU eintrifft, beginnt die Suche nach der Nadel im Heuhaufen, denn zunächst heißt es, unter zahllosen völlig harmlosen Partikeln solche zu finden, die Uran enthalten. Daran schließt sich eine genaue Analyse der Isotopenzusammensetzung an. Das neue Massenspektrometer erlaubt es dabei im Gegensatz zu kleineren Geräten, neben der Häufigkeit der wichtigsten Isotope Uran-235 und Uran-238 auch

diejenigen der „minoren“ Isotope Uran-234 und Uran-236 zu bestimmen. „Damit erhalten wir sehr wertvolle zusätzliche Informationen darüber, was in einer Anlage passiert ist“, sagt der ITU-Direktor Thomas Fanghänel.

Im Kern geht es dabei um die Frage, ob der Betreiber in seiner Anlage auch Aktivitäten verfolgt, die er gegenüber der IAEA verschweigt. Ein weiterer Vorteil der neuen Anlage ist die wesentlich größere Empfindlichkeit: Für die Analyse reichen Partikel, die nur wenige Mikrometer groß sind und deren Masse wenige Pikogramm beträgt. Da in einem solchen Teilchen nur wenige Atome pro Jahr zerfallen, ist ihnen mit den normalen Verfahren zum Nachweis

radioaktiver Stoffe ohnehin nicht beizukommen. Und schließlich ist das neue Verfahren auch sehr schnell: „Sie haben das Ergebnis jetzt über Nacht, während es früher Wochen gedauert hat“, erklärt Gabriele Voigt, die Direktorin des IAEA-Labors in Seibersdorf, wo ein baugleiches Gerät steht.

Vergleichbare Massenspektrometer gibt es auch in Russland und in Australien. Die Proben gehen immer an zwei Labore und zudem in anonymisierter Form. Dies ist auch im Sinne der Wissenschaftler, die ihre Aufgabe in der wissenschaftlichen Unterstützung der IAEA sehen, jenseits aller möglichen politischen Brisanz, die ihr Ergebnis implizieren kann.

Stefan Jorda

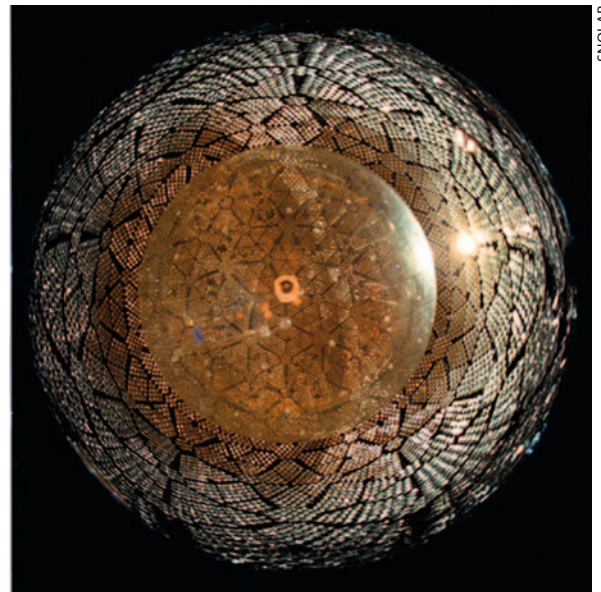
## ■ Jagd im Untergrund

**In einer kanadischen Nickelmine, 2000 Meter unter der Erdoberfläche, könnte das kürzlich eingeweihte Untergrundlabor SNOLAB Antworten auf einige der großen Fragen der Physik liefern.**

Gibt es Dunkle Materie und falls ja, woraus besteht sie? Sind Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen? Welche Eigenschaften haben die Neutrinos, die uns von der Sonne oder von Supernovae erreichen? Dies sind einige der zentralen Fragen der Kosmologie, der Astro- und Teilchenphysik. Antworten darauf verspricht nicht der Blick in den Himmel, sondern der Gang in den Untergrund: Nur Detektoren, die abgeschirmt sind von dem ständigen Bombardement der kosmischen Strahlung an der Erdoberfläche, haben eine Chance, äußerst flüchtige Teilchen wie Neutrinos oder Kandidaten für die Dunkle Materie nachzuweisen oder sehr seltene Reaktionen zu beobachten. Mit einer Tiefe von zwei Kilometern, die weltweit kein Labor übertrifft, bietet ein neues Untergrundlabor in Kanada beste Voraussetzungen, zur Beantwortung einiger der zentralen Fragen beizutragen. Am 17. Mai wurde das SNOLAB offiziell eingeweiht.

Dieses Labor befindet sich unweit von Sudbury, 400 Kilometer nordwestlich von Toronto, in einer Mine, die rund zehn Prozent des

weltweiten Nickelbedarfs abdeckt. In einem Stollen wurde dort bereits über viele Jahre das inzwischen stillgelegte Sudbury Neutrino Observatory (SNO) betrieben. SNOLAB besteht zusätzlich aus einem Büro- und Laborgebäude über Tage und weist unter Tage eine deutlich größere Fläche auf, sodass es mehrere Detektoren aufnehmen kann. Der größte davon befindet sich derzeit noch im Aufbau: SNO+ nutzt die alte SNO-Infrastruktur und ist im Wesentlichen eine mit 800 Tonnen Flüssigszintillator gefüllte Acrylkugel. Wenn Neutrinos darin mit einem Elektron oder einem Atomkern wechselwirken, entstehen geladene Teilchen, die einen Lichtblitz im Szintillator erzeugen. Diese Blitze weisen 10 000 Photomultiplier nach, die die Acrylkugel umgeben. SNO+ soll ab Mitte 2013 zunächst niederenergetische Sonnenneutrinos und Neutrinos von Supernovae nachweisen. In einer späteren Phase soll der Szintillator mit Neodym-150 versetzt werden, um nach dem neutrinoslosen doppelten Betazerfall zu suchen. Dieser Zerfall ist nur möglich, falls das Neutrino sein eigenes



SNOLAB

Der Detektor SNO+ besteht aus einer großen Acrylkugel, die mit einem Flüssigszintillator gefüllt und mit Photomultipliern umgeben ist.

Antiteilchen ist. Der Detektor EXO, an dem Physiker der TU München beteiligt sind, hat ebenfalls zum Ziel, diesen Zerfall nachzuweisen, allerdings in Xenon-136.

Ausschließlich dem Nachweis von Neutrinos aus Supernovae soll HALO dienen. Im Gegensatz zu allen anderen Neutrinodetektoren