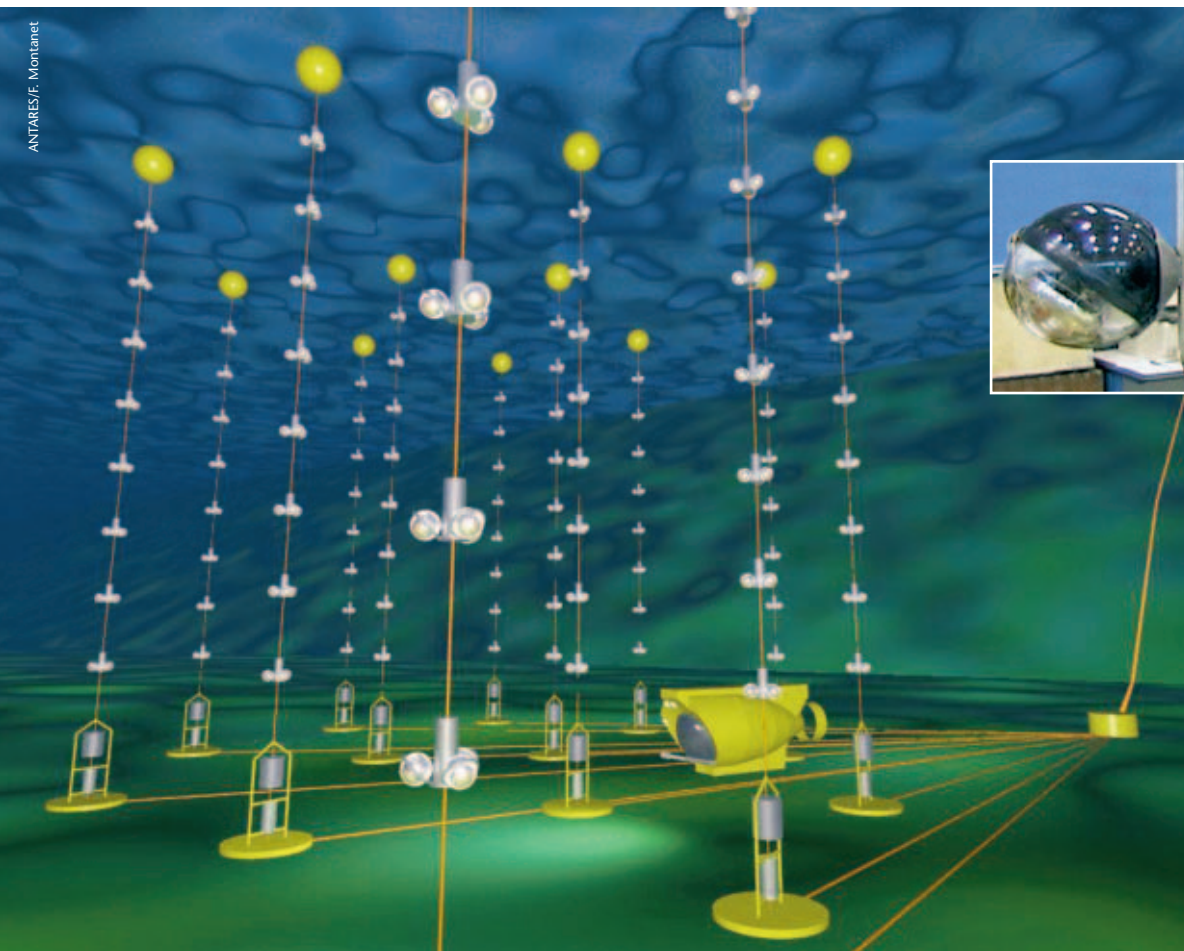


# Die Neutrino-Jäger

Wie ist das Weltall entstanden? Welche Vorgänge laufen in Sonnen oder Supernovae ab? Was geht in einem Schwarzen Loch vor? Viele grundsätzliche Fragen, die seit jeher **die Forschung** beschäftigen, sind mit dem Universum verbunden.



ANTARES/F. Montanet



Nauticus

Die Kugel als idealer Körper zur Aufnahme von Messgeräten und Detektoren für die Forschung in großen Meerestiefen hat sich in vielen tausend Tauchgängen bewährt.

Hunderte von Kugeln aus Borosilicatglas finden bei der Suche nach Neutrinos mit Hilfe von Tscherenkow-Zählern als zuverlässige Instrumententräger Verwendung.

► Der größte Teil unseres Wissens über das Universum ist durch die Beobachtung von Photonen entstanden. Diese Lichtquanten werden in großen Mengen erzeugt, sind stabil und in einem weiten Energiebereich leicht nachzuweisen. Ihr Spektrum liefert zudem detaillierte Informationen über die chemische und physikalische Beschaffenheit der Quelle. Unglücklicherweise sind die heißen, dichten Bereiche, die das Innere der Sterne bilden, die aktiven galaktischen Zentren und andere astrophysikalische Energiequellen völlig undurchlässig für Photonen. Um über diese hochinteressanten Objekte Informationen zu erhalten, kommt nur ein einziges Exemplar aus dem „Teilchenzoo“ in Frage: das Neutrino.

Diese elektrisch neutralen Elementarteilchen gehören zur Familie der Leptonen, zu jedem elektrisch geladenen Lepton (Elektron, Myon und Tau) existiert ein Neutrino-Gegenpart, das entsprechend Elektron-, Myon- und Tau-Neutrino genannt wird. Und diese Familienmitglieder haben eine Menge zu „erzählen“, deshalb ist ihre Beobachtung von fundamentaler Bedeutung für die Astronomie. Da sie in Materie riesige Entfernungen ohne Wechselwirkung zurücklegen können, dienen sie zur Untersuchung energieerzeugender Prozesse zum Beispiel in Sonnen. Sie entstehen hier bei der Verschmelzung von Wasserstoffatomen. Zu wahren Neutrino-Ausbrüchen kommt es, wenn sich ein Neutronenstern im Herzen ei-

ner Supernova bildet, für die sich Astrophysiker ebenfalls brennend interessieren.

## Tiefseekugeln fangen Neutrinos

In den zurückliegenden Jahren wurden mehrere große Experimente durchgeführt, um Neutrinos zu detektieren. Eine Möglichkeit besteht darin, solche Versuche in großen Wassermengen (Seen oder Meeresgebieten) vorzunehmen, weil Neutrinos mit einem Elektron des Wassermoleküls in Wechselwirkung treten können. Wenn ein Exemplar mit genügend hoher Energie von einem Elektron gestreut wird, emittiert das Elektron auf seinem Weg durchs Wasser einen Lichtkegel, von Fachleuten als Tsche-

renkow-Strahlung bezeichnet. Diese lässt sich von sehr empfindlichen Photomultipliern aufzeichnen. Nur dazu müssen diese hochsensiblen Instrumente entsprechend im Wasser platziert werden. Hierzu leisten Tiefseekugeln aus Spezialglas einen unverzichtbaren Beitrag.

So beim französischen Projekt ANTARES, das derzeit vor Toulon im Mittelmeer nach jahrelanger Vorbereitung in seine entscheidende Phase geht. Hier sind gleich 900 der gläsernen Instrumententräger im Einsatz, die in zehn Strängen von 300 Metern Länge in 2,5 Kilometern Wassertiefe angeordnet sind, um die Neutrinos aus dem fernen Weltall aufzuspüren. Die Kugeln bestehen aus zwei Halbschalen, die in Mainz bei SCHOTT aus „Duran“ Borosilicatglas in einer 40-Tonnen-Presse hergestellt werden. Mit diesem Verfahren erhält man die geringsten Schwankungen bei der Wandstärke – eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die Hohlkörper noch in 9.000 Metern Tiefe ei-

nem extremen Druck von 900 bar standhalten, also etwa dem 360fachen eines Autoreifens. Wichtig ist auch die hohe optische Qualität des Glases, die es ermöglicht, sogar bei einer Wandstärke von 18 Millimetern mit Kameras im Inneren einwandfreie Aufnahmen, beispielsweise des Meeresbodens, zu generieren.

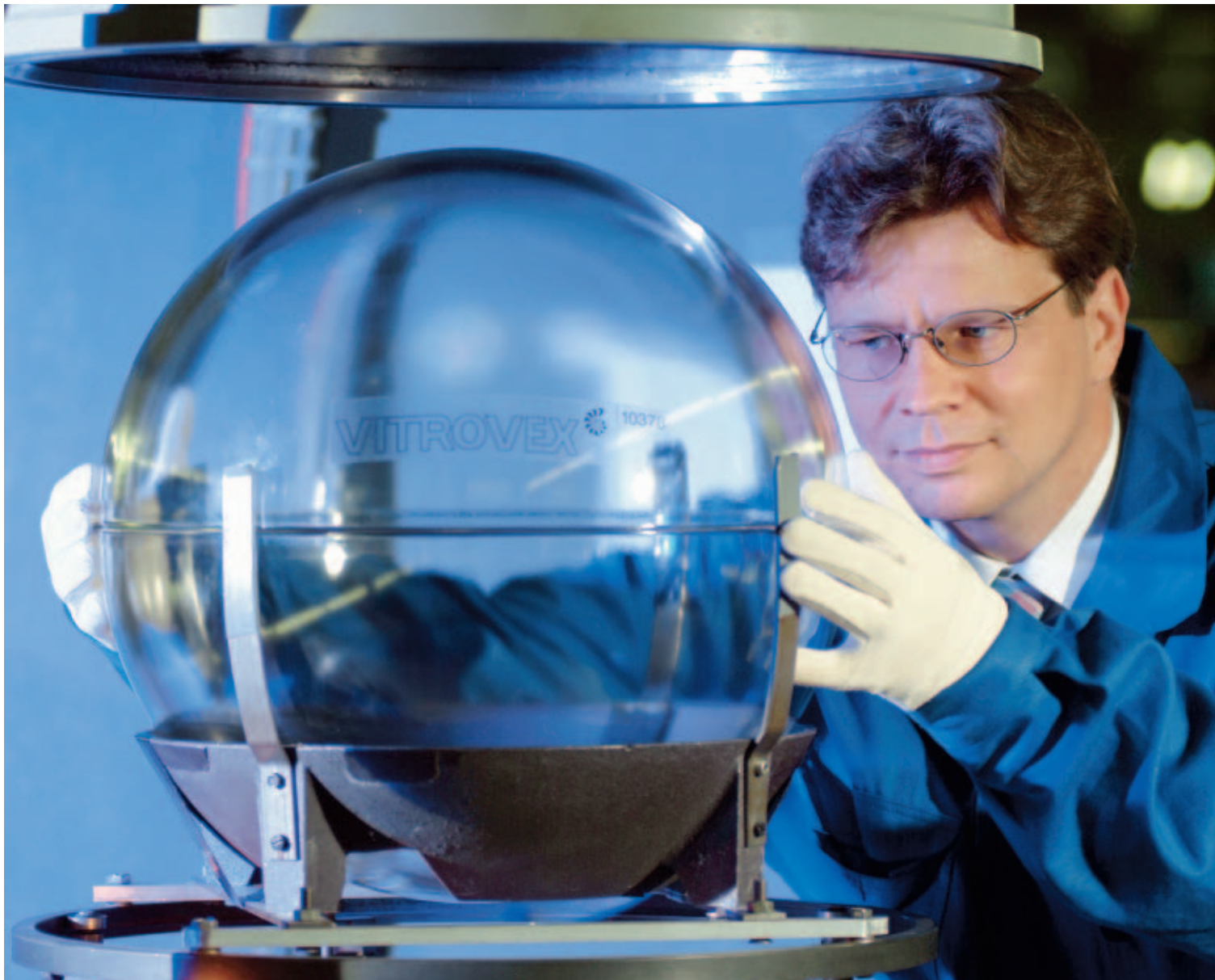
Die Rohschalen werden bei SCHOTT Medica in Wertheim weiterverarbeitet, unter anderem werden hier die Ränder mit einer Fräse beschnitten und vorgeschliffen. Exklusiver Abnehmer ist die Nautilus Marine Service GmbH in Bremen, die die Kugeln – im Schnitt 2.000 Stück pro Jahr – in alle Welt vertreibt. „Wir erledigen die letzten Bearbeitungsschritte nach Kundenspezifikation. Dazu zählen zum einen der manuelle Feinschliff der Dichtungsflächen, zum anderen Beschichtungen, Bohrungen zur Verka-

belung von Instrumenten oder der Einbau von Vakuumventilen, um im Inneren einen Unterdruck zu erzeugen“, erklärt Gerald Abich, Geschäftsführer von Nautilus. Die absolute Passgenauigkeit der Halbschalen sorgt für eine gleichmäßige Kraftübertragung, ein entscheidender Faktor für die Stabilität der kompletten Kugel, die mit einem Dichtungstreifen verschlossen wird.

#### Weiteres Anwendungsgebiet: Seismik

Ein großer Anwendungsbereich der Glaskörper neben der Neutrinosuche sind seismische Messungen. So lässt sich zum Beispiel durch die Laufzeitermittlung von Erschütterungswellen der Ort eines Seebebens feststellen. Auch zur Erforschung von Unter-

Äußerste Präzision schon bei der Herstellung der Kugeln sind die Voraussetzung für eine gleichmäßige Wandstärke, die das Geheimnis ihrer Stabilität selbst in 9.000 Metern Meerestiefe ist. Hier herrscht ein Wasserdruck von 900 bar.



Für ozeanografische Anwendungen werden die Tiefseekugeln als Auftrieb oder zur Unterbringung von Elektronik oder Batterien eingesetzt.



wasservulkanen sowie zu kommerziellen Zwecken bei der Erdöl- und Erdgasexploration werden derartige Daten benötigt. Dazu wird die Methode der Refraktionsseismik angewandt, bei der akustische Wellen in Festkörper eingeleitet werden. Je nach Untergrund haben die Schallwellen unterschiedliche Laufzeiten, bis sie wieder an die Oberfläche zurückkehren. Werden diese Signale mit geeigneten Geräten erfasst, lassen sich daraus wertvolle geologische Informationen gewinnen. Die Geophone werden nahe am Meeresgrund eingesetzt, um die Messungen durch die Wassersäule nicht zu stören und so möglichst exakte Ergebnisse zu erhalten.

Auf diesem Feld arbeitet die Hamburger GEO PRO GmbH. „Die Glaskörper sind außerordentlich vielseitig zwischen zwei und mehreren tausend Metern Meerestiefe einsetzbar, sie sind kompakt und leicht“, erklärt Jannis Makris, emeritierter Professor für Geophysik der Universität Hamburg und Geschäftsführer von GEO PRO. Das Unternehmen verkauft nicht nur komplett mit

Messsystemen ausgerüstete Kugeln, sondern setzt sie auch selbst zur Datengewinnung ein. „Daraus entwickeln wir für unsere Auftraggeber dann geologische Modelle u. a. von tektonischen Störungen“, so Makris.

Großes Interesse an derartigen Resultaten gibt es auch in Japan, das immer wieder von Erd- und Seebeben heimgesucht wird. Deshalb werden dort regelmäßig seismische Profile aufgenommen, bei denen über 100 glasumhüllte Messinstrumente pro Kampagne zum Einsatz kommen. Diese werden vom Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC) organisiert und durchgeführt, die wie ein technischer Dienstleister den beteiligten japanischen Universitäten komplette Datensätze zur Auswertung zur Verfügung stellen. Auch das JAMSTEC bezieht seine Tiefseekugeln aus dem fernen Bremen.

Dafür gibt es gute Gründe: „Zwar haben die Halbschalen von SCHOTT ihren Preis, aber sie bieten dafür auch Spitzenqualität“, be-

tont Fachmann Abich. Grundsätzlich hat Glas das beste Verhältnis von Auftrieb und Preis. Mögliche Alternativen wie Titan oder Kunststoffschäume sind um den Faktor 50 bzw. zehn teurer, Stahl hingegen ist zu schwer. Mit der hohen Glasqualität lassen sich zudem Kosten sparen: „Jeder Schiffseinsatz verursacht erhebliche Kosten von bis zu 20.000 Euro pro Tag. Umso wichtiger ist es, dass die Instrumente und ihre Schutzhüllen einwandfrei funktionieren. Damit steht und fällt jede Messkampagne“, weiß der Nautilus-Geschäftsführer. Deshalb setzen auch Ozeanographen und Meeresbiologen die vielseitigen Auftriebskörper ein, u. a. für Messungen von Druck, Temperatur und Leitfähigkeit, aber auch von Trübung oder Strömungsgeschwindigkeit. Darüber hinaus bringen sie so genannte Lander-Systeme wieder an die Meeresoberfläche, die zur Beobachtung von Sedimenten, Bodentieren oder Fischpopulationen ausgesetzt werden.

### Tauchfahrt in den Marianen-Graben

Nach 2003 werden die Glaskugeln aus Deutschland noch an einer besonderen Mission teilnehmen. Das berühmte Scripps Research Institute (La Jolla, Kalifornien), die größte private, nicht-kommerzielle Organisation der USA, feiert sein 100-jähriges Bestehen mit einer Tauchfahrt in den Marianen-Graben. Hier im westlichen Pazifik fand 1960 der legendäre Abstieg des Schweizer Jacques Piccard und des Amerikaners Donald Walsh vom Scripps auf 11.521 Meter statt, zum tiefsten Punkt der Weltmeere. Diese Fahrt in die Tiefe soll nun wiederholt werden, wobei eine Kamera, „verpackt“ in eine „Duran“ Kugel, Aufnahmen von der so genannten Challenger-Tiefe liefern soll.

Schließlich wartet man bei Nautilus, dass das Projekt NEMO realisiert wird. Vor der Küste Siziliens soll unter diesem Namen das größte Neutrino-Experiment aller Zeiten stattfinden. Auf einer Fläche von zehn Quadratkilometern könnte dann ein gewaltiges Neutrino-Array entstehen. Für dieses Feld würden 10.000 Glaskugeln benötigt, um die scheuen Teilchen aus dem All zu jagen – ein Auftrag, den Nautilus-Chef Abich nur zu gern an Land ziehen würde. ◀

[www.schott.com/labware](http://www.schott.com/labware)