

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 11

Artikel: Neuer Anlauf bei der Suche nach Schwerkraftwellen
Autor: Breuer, Richard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73067>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Gravitationswellen-Astronomie tritt in ihre zweite Phase. Am *Max Planck Institut für Physik und Astrophysik* in München baut man an einem neuen Typ von Detektoren für Schwerkraftwellen, an einem sogenannten *Laser-Interferometer*, nachdem mit den bisher benutzten Antennen nur negative Ergebnisse erzielt wurden.

Ein einfacher Prototyp ist bereits in Angriff genommen, die Vorstufe für eine Antenne, deren Hauptbestandteil ein Vakuumrohr von einem Kilometer Länge und 35 Zentimeter Durchmesser sein könnte, in dem, ständig von Spiegeln reflektiert, Laserstrahlen hin- und herlaufen. Man glaubt, damit in etwa fünf Jahren Gravitationswellen aus einem Einzugsbereich von zehn Millionen Lichtjahren empfangen zu können. Das entspricht der tausendfachen Entfernung der Erde vom Zentrum der Milchstrasse.

Sternkollaps

So wie in den dreissiger Jahren die Entdeckung der *Radiostrahlen* es ermöglichte, neue Phänomene im Kosmos zu beobachten, so erhofft man sich von der Entdeckung von Gravitationsstrahlen – wie sie von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie vorhergesagt werden – Aufschluss über die vielleicht energiereichsten Prozesse, die sich seit dem Urknall im Universum überhaupt ereignen können: *Supernovae*, *Sternkollapse*, die sogenannte *Schwarze Löcher* hervorbringen, oder selbst Zusammenstöße von Schwarzen Löchern. Der Haken ist nur, dass man bis heute noch *keine* Gravitationswellen gefunden hat. Das ist zwar bedauerlich, aber nicht überraschend. Die von *Joe Weber* an der *Universität von Maryland* gebauten und von mehreren Wissenschaftler-Gruppen weiterentwickelten Messantennen – einen Meter grosse, in Vakuumkammern aufgehängte Aluminium-Zylinder – waren zu unempfindlich, um die äusserst schwachen Gravitationswellen zu «sehen».

Die Reichweite der *Weber-Zylinder*, gegeben durch ihre Messempfindlichkeit, umfasste nur einen kleinen Bereich der Milchstrasse – und die ist zu ereignisarm an grossen astronomischen Vorkommnissen, die hinreichend starke Gravitationswellen hätten aussenden können. Man schätzt zum Beispiel, dass im Jahrhundert nur zwei bis vier Supernova-Explosionen in der Milchstrasse auftreten. Zu unempfindlich waren die Zylinder-Antennen auch für schwächere Ereignisse, für Gravitationsstrahlung von pulsierenden und rotierenden Neutronensternen (Pulsare), äusserst kompakten Sternen von rund zehn Kilometern Durchmesser; ebenso von engen Doppel-

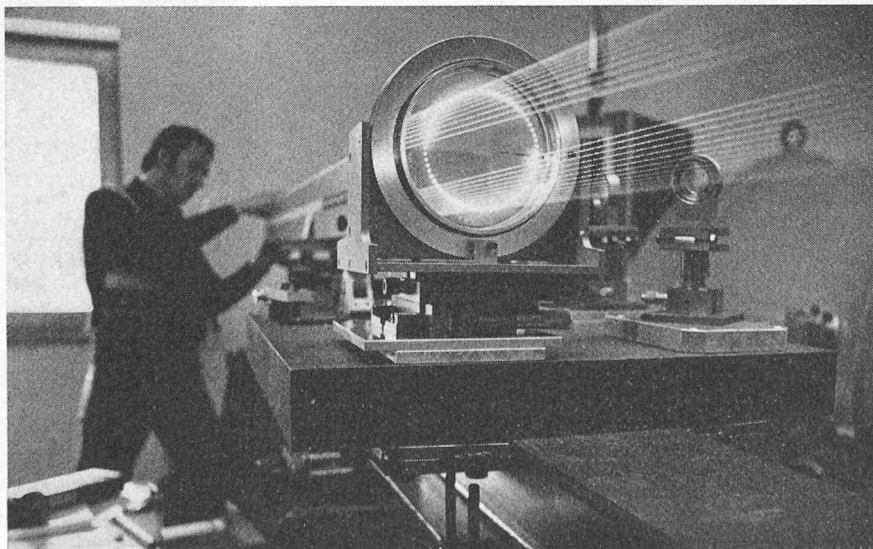
sternen oder von Materie, die in Schwarze Löcher stürzt, den Endprodukten von ausgebrannten und in sich zusammengestürzten Sternen.

Koinzidenz mit Frascati

Die Gruppe am Münchner Max Planck Institut von *Heinz Billing*, *Karl Maischberger* und *Walter Winkler* hatte einen solchen Weber-Zylinder nachgebaut und seit 1973 in Koinzidenz, also gleichzeitig, mit einem zweiten Gerät in *Frascati bei Rom* betrieben. Auch nach Meinung von *Joe Weber* ist die Münchner Antenne die empfindlichste aller operierenden Systeme: Mit dem 153 Zentimeter langen, im Durchmesser 63 Zentimeter grossen und 1300 Kilogramm schweren Massiv-Zylinder aus Aluminium lassen sich in München und Frascati als kleinste messbare Längsschwingung noch 10^{-15} Zentimeter registrieren; diesen Effekt sollten Gravitationswellen an den beiden Detektoren auslösen. So genaue Längenmessungen von 10^{-15} Zentimeter, das entspricht einem Hundertstel eines Atomdurchmessers, sind möglich, da man das Messproblem von einer direkten Längenmessung auf eine Energiemessung reduziert hat. Obwohl man damit die bisher genauesten Längenmessungen in der Geschichte der Physik erzielt hatte, war man mit diesem Prinzip in einer Sackgasse angelangt: Das durch die thermische Eigenbewegung der Aluminiumatome und der am Zylinder angebrachten Übertragungskristalle verursachte Rauschen setzt eine absolute Barriere gegen eine weitere Erhöhung der Messempfindlichkeit. Die oben aufgezählten astrophysikalischen Quellen senden Gravitationsstrahlung aus, deren Energie aber eine Million mal schwächer ist, als mit Weber-Zylindern messbar wäre. Das bedeutet, dass für die Empfindlichkeit eine Messung einer Längenänderung von ungefähr 10^{-18} Zentimeter benötigt wird. Damit erwartet man pro Woche durchschnittlich ein Ereignis zu messen: Das entspricht der erwarteten Supernova-Rate in 10000 Galaxien.

Nahe dem absoluten Nullpunkt

Zumindest zwei Möglichkeiten bieten sich an, um diesem Dilemma zu entkommen. Einmal kann das *thermische Rauschen* im Zylinder unterdrückt werden, indem man ihn so nah wie möglich auf Temperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunktes abkühlt. Dieser Weg ist inzwischen von *William Fairbank* (Stanford Universität/Kalifornien) beschritten worden, der bereits einen Zylinder bei nur 4 Grad über dem absoluten Nullpunkt, also bei minus 269 Grad Celsius, in Betrieb



Mit Hilfe eines Lasers wollen Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in München aus dem Weltraum kommende Schwerkraftwellen registrieren. Mit dieser Messanordnung lässt sich die Empfindlichkeit im Vergleich zu den bisher als Gravitationswellen-Antennen benutzten massiven Aluminium-Zylindern wahrscheinlich wesentlich steigern

hat. Eine andere Möglichkeit, nämlich die *Verwendung eines Laser-Inferometers*, wie sie jetzt von der Münchner Gruppe entwickelt wird, wurde ursprünglich schon im Jahre 1970 von *Philip Chapman* (NASA) vorgeschlagen, von *Robert Forward* (Hughes Aircraft/Kalifornien) als Modell gebaut und von *Rainer Weiss*, Massachusetts Institute of Technology (MIT), ausgearbeitet. Doch Weiss bekam nach Vorversuchen vorläufig kein Geld mehr von der National Science Foundation der USA für eine Weiterentwicklung und das Forward'sche Experiment wurde nach Anfangserfolgen ebenfalls wieder eingestellt. Die Gruppe in München ist zur Zeit die einzige auf der ganzen Erde, die aktiv an dieser neuen Methode arbeitet. Doch wird auch hier erst nach Abschluss der Vorversuche entschieden werden, ob die Finanzierung des Grossversuchs sinnvoll ist. Aber schon mit dem Prototyp hofft man, bereits 100mal empfindlicher zu werden als mit dem Weber-Zylinder.

Danach lässt man einen Laserstrahl auf einen halbdurchlässigen Spiegel fallen, der – um 45 Grad schräg zum Laserstrahl steht – einen Teil durchlässt, den anderen reflektiert. Die getrennten Strahlteile laufen beide zu Spiegeln, an denen sie reflektiert werden und zurücklaufen. Sobald die zwei Strahlen sich wieder vereinigen, überlagert sich das Laserlicht und löscht sich entweder aus oder verstärkt sich: Es bildet sich eine sogenannte *Interferenzfigur*. Verändert sich nun die Position der Spiegel, so verschiebt sich auch die Interferenzfigur mit der entsprechenden Änderung des vom Laserlicht zurückgelegten Weges.

Laserstrahl zwischen Satelliten

Genau mit diesem Effekt will man die Gravitationswellen «fangen». Ein Sternkollaps, der zur Entstehung eines Schwarzen Loches führt, dauert etwa eine tausendstel Sekunde. Genauso lange wird die beim Kollaps freigesetzte Gravitationswelle dauern und entsprechend lange muss der Laserstrahl unterwegs sein, um diese Welle ganz zu beobachten. In einer tausendstel Sekunde legt das Licht aber 300 Kilometer zurück, die Spiegel müssten also 300 Kilometer voneinander entfernt sein. Zwei Probleme treten dabei auf: Der Laserstrahl muss im *Vakuum* laufen und die Spiegel müssen möglichst *erschütterungsfrei* aufgehängt sein, um örtliche seismische Einflüsse auszuschalten. Die letzten hatten schon bei den Weberzylindern einige Schwierigkeiten bereitet. Beide lassen sich lösen, indem man zum Beispiel die ganze Anlage in den Weltraum verlegt und den Laserstrahl zwischen zwei um 300 Kilometer voneinander entfernte Satelliten hin- und herreflektiert.

«Delay-line»-Trick

Auf der Erde hilft man sich mit einem Trick, der als «delay-line» bezeichnet wird: Statt den Strahl einmal zwischen zwei Spiegeln mit 300 Kilometer Abstand zu reflektieren, «faltet» man den Lichtweg und lässt den Strahl 300mal auf einer Strecke von einem Kilometer reflektieren. Die dazu benötigten Vakuumrohre müssen wegen der unvermeidbaren Strahlbündelerweiterung einen Durchmesser von 35 Zentimeter haben. Genau das macht die Sache teuer: man schätzt die Kosten für eine solche Laser-Gravitationswellenantenne auf 5 bis 10 Millionen Mark.

In München stellt aber die Test-Delay-Linie noch eine Reihe technischer Probleme. Ihr Spiegelabstand beträgt drei Meter und lässt den Laserstrahl 150mal reflektieren. Er wird erzeugt von einem drei Watt starken *Argon-Laser*, in dessen «Resonator» sich das Argongas auf mehrere tausend Grad erhitzt. Obwohl erwartet wird, mit einem solchen System die Empfindlichkeit um die gewünschte Grössenordnung zu steigern, haben auch Laser-Antennen ein Rauschproblem wie die Weber-Zylinder. Bodenerschütterungen erzeugen eine unerwünschte Bewegung der Spiegel, die Stromversorgung ist nicht konstant genug; die maximale Empfindlichkeit ist erreicht, wenn man an das (unvermeidbare) sogenannte *Photonenrauschen* des Laserlichts stösst. Doch glauben die Münchner Physiker, in spätestens zwei Jahren diese Probleme im Vorversuch gelöst zu haben.

Eigenschwingung der Erde

Ein ganz besonderes «Abfallprodukt» versprechen sie sich von der Entwicklung von Laser-Gravitationswellen-Antennen: nämlich die Messung von Erdschwingungen in einem Frequenzbereich, in dem normale Seismographen versagen. Die Erde kann wie eine elastische Kugel von Erdbeben, Atomexplosionen, aber auch durch die Reibung der Lufthülle in Schwingungen versetzt werden. Seismographen haben eine untere Grenze bei Ereignissen von einer Schwingung pro Sekunde (1Hz). Mit Laser-Interferometern lassen sich aber noch Langzeit-Erdschwingungen mit einer Schwingung pro Jahr messen, da sie die Dehnung der Erdoberfläche und nicht, wie die Seismographen, deren örtliche Beschleunigung messen. Mit Laser-Antennen werden daher insbesondere die Eigenschwingungen der Erde beobachtbar, deren Grundschwingung bei 54 Minuten liegt: In dieser Zeit dehnt sie sich aus und zieht sich wieder zusammen.

Reinhard Breuer

Europäischer Lorbeer für Schweizer Gemeinden

Von **Dona Dejaco**, Zürich

DK 719

Noch einmal ist das Motto des verflochtenen Europäischen Jahres für Denkmalpflege und Heimatschutz in aller Munde: «Eine Zukunft für unsere Vergangenheit!» Im Rahmen einer grossen Feier am 12. Februar auf Schloss Rapperswil und in Anwesenheit von Bundesrat Hans Hürlimann und alt Bundesrat Ludwig von Moos, Präsident des Nationalen Schweizerischen Komitees, wurden zwölf schweizerische Gemeinden für ihre besonderen denkmalpflegerischen Leistungen vom Generalsekretär des Europarates, Georg Kahn-Ackermann, ausgezeichnet.

«Europas bauliches Erbe vermittelt über seinen unschätzbaren kulturellen Wert hinaus seinen Völkern das Bewusstsein ihrer gemeinsamen Geschichte und Bestimmung. Die Erhaltung dieses baulichen Erbes ist von *lebenswichtiger Bedeutung.*» Dieser Passus aus der Grundsatzerklärung, die

am Schlusskongress des europäischen Denkmalschutzjahres in Amsterdam abgegeben wurde, sowie die Tatsache, dass sich Hunderte von europäischen Dörfern und Städten an dem vom Europarat durchgeführten Wettbewerb beteiligten, beweisen, dass das allgemeine Bewusstsein für die Erhaltung unserer gebauten Vergangenheit geschärft ist. Allein in der Schweiz hatten sich 55 Gemeinden beteiligt, aus denen die Jury des nationalen schweizerischen Komitees 18 für das Preisgericht in Paris auswählte. Mit zwölf prämierten Wettbewerbsbeiträgen hat unser Land im edlen Wettstreit mit weiteren fünf westeuropäischen Ländern ausgezeichnet abgeschnitten. Im ganzen wurden 40 Städte und Dörfer ausgezeichnet. Der Lorbeer geht an: Allschwil BL, Elm GL, Grandvillard FR, Lichtensteig SG, Ligerz BE, Mollis GL, Rapperswil SG, Rheinfelden AG, St. Gallen, Sevgein GR, Wiedlisbach BE und Wil SG.