Neutrino-Astronomie: Blick ins Innere der Sonne

Autor(en): **MPG**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 14: **SIA-Heft 2**

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85446

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Antrag stellt und die erforderlichen Unterlagen beibringt.

Erhöhung der Normalabschreibungssätze

Die Erhöhung beträgt rund ein Drittel und muss als vorläufig bezeichnet werden. Die *neuen Ansätze*, von denen die wichtigsten nachstehend aufgeführt sind, werden im Laufe des Jahres 1979 überprüft und im Sinne einer dauernden Regelung neu festgesetzt.

Die *wichtigsten Abschreibungssätze* betragen:

	Bisheriger Abschreibungssatz	*Neuer Abschreibungssatz*	*A.o. Satz für 1978 inkl. Nachholung für 1977*
	%	%	%
Fabrikgebäude	5	7	9
Geschäftsmobiliar, Büromaschinen	20	25	30
Maschinen zu Produktionszwecken	25	30	35
Maschinen (Einsatz im Schichtbetrieb und Strassenbaumaschinen)	30	40	50
Motorfahrzeuge	30	40	50

Da die neuen Ansätze in den meisten Fällen im Jahresabschluss 1977 nicht mehr angewendet werden können, wird im Sinne einer *ausserordentlichen Nachholung* gestattet, im Geschäftsjahr 1978 eine zusätzliche Erhöhung vorzunehmen (letzte Kolonne der Aufstellung).

Kantone

Der Bund empfiehlt den Kantonen, die Änderungen der Wehrsteuer zu übernehmen. Für die Abschreibungssätze ist dies in der Regel möglich, da die Erhöhung der Abschreibungssätze keine Gesetzesänderung bedingt und in die Kompetenz der Kantonsregierungen oder der Steuerverwaltung fällt.
Die Ausdehnung der Verlustvortragsperiode setzt dagegen in fast allen Kantonen eine Revision des kant. Steuergesetzes voraus und ist deshalb nicht kurzfristig zu realisieren. Eine Umfrage bei einigen kantonalen Steuerverwaltungen hat folgendes Resultat erbracht:

Kanton	*Verlängerung der Verlustvortragsperiode*	*Erhöhung der Abschreibungssätze*
Zürich	Wie bisher 2 Vorjahre	Wie Wehrsteuer
Bern	Wie bisher (nur Verluste innerhalb der Bemessungsperiode können verrechnet werden)	Erhöhung, wobei die kant. Abschreibungssätze nicht jenen der Wehrsteuer entsprechen
Luzern	Entscheid liegt noch nicht vor, evtl. wird rückwirkend eine Anpassung an die Wehrsteuer erfolgen	Noch nicht entschieden, ev. rückwirkend eine Anpassung an Wehrsteuer
Solothurn	Wie bisher 1 Vorjahr	Wie Wehrsteuer
Basel-Stadt	Wie bisher 2 Vorjahre	Wie Wehrsteuer
St. Gallen	Wie bisher für jur. Personen: 5 Vorjahre Für nat. Personen: 4 Vorjahre	Wie Wehrsteuer
Aargau	Für jur. Personen: wie Wehrsteuer Für nat. Personen: wie bisher 2 Vorjahre	Wie Wehrsteuer Wie Wehrsteuer
Waadt	Noch kein Entscheid	Noch kein Entscheid

Adresse des Verfassers: Visura Treuhand-Gesellschaft, 4501 Solothurn

Astrophysik

Neutrino-Astronomie

Blick ins Innere der Sonne

1500 Meter tief im Erdboden, in einem *Gold-Bergwerk in Süd-Dakota* (USA), wollen Physiker und Kosmochemiker des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik zusammen mit amerikanischen und israelischen Kollegen ins Innere der Sonne schauen. Sie wollen die *niederenergetische Neutrino-Strahlung* beobachten, die im *Innern der Sonne* bei der *Energieerzeugung durch Verschmelzung von Protonen* entsteht.
Grundlage des Experiments ist eine *neue Nachweistechnik* unter Verwendung des Elements *Gallium*. Das sonst nur in winzigen Quantitäten in der *Halbleiter-Technik* benötigte, quecksilberartige Metall wird für diesen Versuch in *Tonnenmengen* gebraucht. Ziel des Experiments ist unter anderem die Aufklärung der *Unstimmigkeiten, die bisher zwischen den Voraussagen aus der Sternentwicklungs-Theorie* und den entsprechenden Neutrino-Beobachtungen bestehen. Dazu muss man eine *Messempfindlichkeit* erreichen, bei der sich noch *ein einziger radioaktiver Zerfall je Tag eindeutig nachweisen lässt.*
Das Experiment nutzt die Fähigkeit der *wahrscheinlich masselosen Neutrinos*, durch eine Kernreaktion einzelne *Gallium-Atome in Germanium-Atome umzuwandeln*. Diese werden dann aus dem Gallium, das in Form einer Lösung verwendet wird, mit Hilfe eines Helium-Gasstroms herausgeholt. Als Ergebnis einer etwa einmonatigen Neutrino-Bestrahlung von 50 Tonnen Gallium erhält man etwa 20 Atome Germanium-71. Dieses Isotop ist radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa 12 Tagen unter Aussendung eines Elektrons, das dann mit der Hilfe eines Proportional-Zählrohrs registriert wird. So kommt man auf eine Messrate von etwa einem Zerfall je Tag. Mit anderen Worten: Es gibt nur einen Zählimpuls innerhalb von 24 Stunden, der sich eindeutig von Störimpulsen der Umgebung, etwa aus der kosmischen Strahlung, unterscheiden muss.

Pilot-Projekt

Für die erste Stufe des Experiments – ein Pilot-Projekt mit 1,5 Tonnen Gallium – haben die Hauptträger des Experiments, die *Max-Planck-Gesellschaft in München* und das *Brookhaven National Laboratory* im Staate New York (USA), grünes Licht gegeben. Die Beschaffung des Galliums, von dem heute ein Gramm etwa eine Mark kostet, bereitet

dabei ein nicht unerhebliches Problem.
Die Beobachtung der von der Sonne kommenden Neutrinos ist von fundamentaler Bedeutung für das Verständnis der *Energieerzeugungs-Prozesse der Sterne* – und damit für die Sternentwicklungs-Theorie – da sie die unmittelbaren Zeugen dieser Prozesse sind. Wir erhalten sonst ja nur indirekt Informationen über das Innere der Sterne, nämlich in Form des Lichts und der anderen elektromagnetischen Strahlungen, die wir mit unseren Teleskopen und Antennen auf der Erde oder an Bord von Satelliten auffangen. Diese Strahlungen stammen aber alle nur aus den äussersten Sternschichten, die im Vergleich zu den energieproduzierenden Zonen im Innern relativ kalt und dünn sind und lediglich von innen her zum Strahlen angeregt werden.

Ungeschwächt durch die Erde

Ins Innere der Sterne können wir nur mit Hilfe der Neutrinos schauen. Sie allein haben eine so *geringe Wechselwirkung* mit der Sternmaterie, dass sie nach Freisetzung bei den energieliefernden Kernreaktionen nahezu ungestört nach aussen und in den Raum hinaus gelangen können. Sie durchdringen auch mühelos die Erde, so dass man sie noch in 1500 Meter Tiefe ungeschwächt registrieren kann. Der Einfluss der kosmischen Strahlung ist hier gegenüber Tiefen von einigen Metern jedoch auf weniger als ein Hunderttausendstel verringert und beträgt weniger als ein Zehntel des Neutrino-Effekts. Darum wurde die auf über 1500 Meter abgeteufte Homestake Mine am Rande der Black Hills in Lead (South Dakota) für das Neutrino-Experiment ausgewählt, eines der grössten Goldbergwerke der Erde.
Mit zunehmendem Wissen über den Ablauf von Kernreaktionen hat es in den vergangenen Jahrzehnten nicht an Versuchen gefehlt, die im Innern der Sterne ablaufenden Energie-Erzeugungsprozesse theoretisch zu klären. Bereits vor 40 Jahren entwickelten *Carl Friedrich v. Weizsäcker*, der heutige Direktor des Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt in Starnberg, und der in die USA emigrierte *Hans Bethe* unabhängig voneinander ein *Modell für einen Reaktions-Zyklus*. Dabei verschmelzen vier Wasserstoffatome – Protonen – unter Verwendung eines Kohlenstoff-Atomkerns als eine Art Katalysator nacheinander zu einem Helium-Atomkern. Dieser Prozess wurde als *Bethe-Weizsäcker-Zyklus* berühmt. Aber auch die unmittelbare Verschmelzung von Protonen, also ohne die Hilfe eines Kohlenstoffatomkerns, erwies sich nach den Berechnungen der Astrophysiker bald als möglich und – bei nicht zu grossen Sternen wie der Sonne – als der weitaus wichtigste Energieerzeugungs-Prozess. Er umfasst insgesamt nicht weniger als zehn Reaktionsschritte, um unter entsprechender Energiefreisetzung vom Proton zum Helium zu gelangen.

Grossexperiment mit Chlor

Mit dem Ziel, diese theoretisch errechneten, recht komplizierten Zusammenhänge durch unmittelbares Beobachtungsmaterial zu bestätigen, begannen *Raymond Davis* als Experimentator und *John Bahcall* als Theoretiker schon vor 15 Jahren mit Arbeiten zum Nachweis der solaren Neutrinos. In wechselnder Zusammenarbeit mit vielen Kollegen aus Astronomie, Chemie und Physik entwickelten sie schliesslich ein Grossexperiment, bei dem ein mit 400 000 Litern Perchloräthylen gefüllter Tank als Nachweisgerät dient. Auch Chlor-Atomkerne können mit Neutrinos reagieren und verwandeln sich dann in Argon-Atomkerne. Jeweils nach drei Monaten wird die Detektorflüssigkeit, das Perchloräthylen, mit Helium durchgespült. Man erwartet dann 50 Atomkerne des radioaktiven Argon-37, die mit einer Halbwertszeit von 35 Tagen zerfallen – ganz ähnlich wie dies bei dem jetzt geplanten Gallium-Experiment vorgesehen ist.
Auch mit dem grossräumigen *Chlor-Detektor* ging man bereits in die Tiefe der Homestake Mine in Lead. Doch die nun fast zehn Jahre dauernden Messungen führten zu einem überraschenden Ergebnis: Die Zählrate erreichte im Durchschnitt nur ein Drittel des Werts, den die Theorie erwarten lässt. Das veranlasste Davis und Bahcall zu der Feststellung: «Diese Diskrepanz hat zu einer Krise der Sternentwicklungs-Theorie geführt.»
Die Spekulationen über die Ursachen dieser Diskrepanz reichten von der Korrektur der physikalischen Eigenschaften des Neutrinos bis zu neuen Modellvorstellungen über den Ablauf der Kernprozesse im Sterninnern. Ja, sogar die Möglichkeit, dass die Energieerzeugung in der Sonne nicht andauernd, kontinuierlich, sondern nur von Zeit zu Zeit mit sehr unterschiedlicher Aktivität abläuft, wurde ins Kalkül gezogen. Demnach sollte die Sonne zur Zeit gerade «Sendepause» haben. Um diese Widersprüche aufzuklären, musste ein neues Experiment ersonnen werden: das jetzt in deutsch-amerikanischer Zusammenarbeit geplante Gallium-Experiment.
In der Tat handelt es sich dabei trotz des ähnlichen Messprinzips um einen Vorstoss in weitläufiges Neuland der Beobachtungsmöglichkeiten. Gallium hat gegenüber Chlor für Neutrino-Reaktionen eine wesentlich geringere Energieschwelle, so dass damit erstmalig auch die niederenergetischen Neutrinos beobachtet werden können, die in der Sonne bei der unmittelbaren Verschmelzung von zwei Protonen entstehen. Diese Reaktion macht aber zu über 99 Prozent der gesamten Neutrino-Produktion der Sonne aus. Das Chlor mit seiner höheren Energieschwelle kann nur einen verschwindend kleinen Beitrag der Energieerzeugungs-Prozesse erfassen. Mit dem Gallium-Experiment kann man endlich die Grundreaktionen registrieren. Nachteil des Gallium-Experiments sind die hohen Kosten für das Gallium gegenüber dem Perchloräthylen, das ein in Massen produziertes, billiges chemisches Reinigungsmittel ist. So muss die Max-Planck-Gesellschaft jetzt für die 500 Kilogramm Gallium, die sie zum 1,5 Tonnen-Pilot-Experiment beisteuert, allein fast 500 000 DM aufwenden.

Hochempfindliche Nachweismethoden

Anderseits hat die als Folge der begrenzten Gallium-Menge ungewöhnlich kleine Zählrate von 1 Impuls je Tag Prof. Kirsten und seine Mitarbeiter zu begehrten Partnern dieses Experiments gemacht. Sie haben in den letzten Jahren *hochempfindliche Methoden zur Altersbestimmung an kosmischem Material*, an *Mondmaterie und Meteoriten*, entwickelt. Bei diesen Untersuchungen geht es darum, Reaktionsprodukte von Kernreaktionen nachzuweisen, die in den betreffenden Proben durch kosmische Strahlung ausgelöst worden sind. Die Zählraten dieser Experimente wurden im Laufe der Entwicklung immer geringer, und es musste eine immer grössere Zuverlässigkeit gegenüber Störeinflüssen von aussen erreicht werden.
So gehört denn neben der Beschaffung eines Gallium-Anteils vor allem die Entwicklung und Bereitstellung der Messeinrichtungen zum deutschen Beitrag des gemeinsamen Experiments. Da die Messdauer für die je etwa 20 Germanium-Atome mindestens drei Monate beträgt und jede Bestrahlungsperiode vier Wochen dauert, müssen wenigstens *vier gleiche Messanlagen für das Experiment* vorgesehen werden. Wenn sich die Zeitvorstellungen der am Gallium-Experiment beteiligten Wissenschaftler verwirklichen lassen, könnten die ersten Messungen im Rahmen des Pilot-Projektes noch in diesem Jahr erfolgen. Zugleich müsste dann die Beschaffung des Galliums für das 50 Tonnen-Experiment mit einer Rate von etwa zehn bis fünfzehn Tonnen je Jahr beginnen.
Das grosse Experiment wird in der Form gleicher Teileinheiten, sogenannter Moduls, aufgebaut, so dass man auch schon mit Gallium-Teilmengen experimentieren kann. Gallium ist von Natur aus ein keineswegs seltenes Element. Es fällt bei der *Aluminium-Erzeugung* mit an, wird aber, da es die Eigenschaften des Aluminiums nicht ver-

schlechtert, bisher nur in kleinen Mengen *elektrolytisch vom Aluminium abgeschieden*. Die Gallium-Jahresproduktion auf der Welt liegt heute bei wenigen Tonnen und wird überwiegend zur *Herstellung von Leuchtdioden* benutzt. Ein grosser Markt für Gallium könnte entstehen, wenn eines Tages *Solarzellen* zur direkten Gewinnung von elektrischer Energie aus Sonnen-Strahlung im grossen Stil benötigt würden.

Geschäft mit Gallium?

Da das Gallium beim Neutrino-Experiment praktisch unverändert erhalten bleibt, könnte man es nach Beendigung des Experiments wieder verkaufen. Möglicherweise erweist sich dann – vorausgesetzt, die Weltmarktpreise für Gallium sind gestiegen – dieses hochinteressante Forschungsunternehmen obendrein noch als gutes Geschäft. Allerdings ist die Finanzierung des 50-Tonnen-Experiments bisher noch nicht gesichert.

Das Chlor-Experiment wird man in der Homestake Mine vorerst noch weiterbetreiben, vielleicht sogar noch eine gewisse Zeit gleichzeitig mit dem Gallium-Experiment. Die bisher vorliegenden Neutrino-Messergebnisse weisen Schwankungen auf, von denen man nicht sagen kann, wieweit sie rein statistischer Natur oder möglicherweise auf aussersolare Einflüsse zurückzuführen sind. Es ist nicht auszuschliessen, dass die Erde gelegentlich von Neutrino-Schauern getroffen wird, die bei Sternkatastrophen freigesetzt werden. So wäre es interessant zu beobachten, wieweit beim Chlor- und beim Gallium-Experiment gleichartige Schwankungen auftreten. Ein weiteres vergleichbares Neutrino-Experiment wird nur noch von der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften in der Tiefe des Bergs Andryrtschi im Kaukasus geplant.

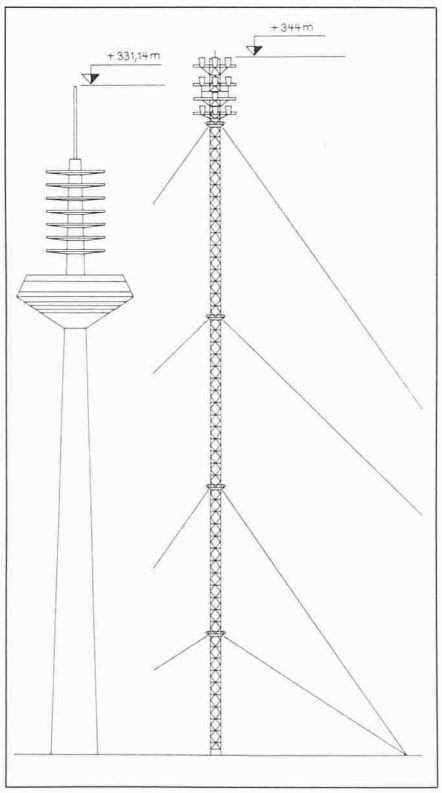
So erscheint es sicher zu früh, schon jetzt von einer Neutrino-Astronomie zu sprechen. Dennoch eröffnet sich hier ein ganz neuer Zweig der astronomischen Forschung mit Aussagen über eines der zentralen Probleme dieses Forschungsbereiches. Immerhin geht es hier um den Blick in das Innere eines Sterns. *MPG*

Umschau

Höchstes Bauwerk der Bundesrepublik

Richtfunkmast Gartow 344 m hoch

Zum Erweitern des Richtfunkverkehrs der Deutschen Bundespost nach Berlin lässt das Fernmeldetechnische Zentralamt, Darmstadt, zwei gleich hohe Richtfunkmasten bauen. Während einer davon in Berlin entsteht, errichtet Krupp Industrie- und Stahlbau, Duisburg-Rheinhausen, zurzeit die Gegenstation auf der Funkübertragungsstelle Gartow im Kreis Lüchow-Dannenberg/Niedersachsen. Dieser Mast in Gartow ist mit 344 m das höchste Bauwerk der Bundesrepublik Deutschland. Trotz Kälte und des schlechten Wetter gab es hier in den letzten Wochen keinen Baustopp: Zurzeit erfolgen die Abschlussarbeiten an der Betriebskanzel in 324 m Höhe. An der Mastspitze wird die AEG Telefunken AG zehn Muschelantennen installieren. Die Inbetriebnahme soll im Sommer dieses Jahres stattfinden.



Links der im Bau befindliche Fernmeldeturm in Frankfurt – geplant von der Krupp Bauplanung, Essen, – erreicht mit 331,14 m nicht ganz den 344 hohen Richtfunkmast Gartow (rechts) in Niedersachsen, den Krupp Industrie- und Stahlbau, Duisburg-Rheinhausen, jetzt errichtet hat.

Es handelt sich um einen vierfach abgespannten Mast in Fachwerkkonstruktion. Man verwendete u. a. HD-Profile aus St 52 dafür. Die Konstruktion hat insgesamt etwa 1000 t Stahlgewicht. Zum Abspannen dienen vollverschlossene Stahldrahtseile mit 50, 71 und 82 mm Durchmesser in vier Höhen von 60, 132, 216 und 312 m. In den Abspannfundamenten sind sie von je zwei Abspannebenen zusammengefasst, die im Abstand von 95 und 225 m vom Mastmittelpunkt liegen. Alle Abspannseile wiegen allein schon 147 t. Ausser dem Mast errichtet das Rheinhausener Konzernunternehmen die Fundamente, einen Aufzug für 6 Personen, die Betriebskanzel in 324 m Höhe mit einer Aussenhaut aus rostbeständigen Stahlblechen (30 t Gewicht) und mit Klimaanlage.

Nukleare Kraft-Wärme-Kopplung im Kernforschungszentrum Karlsruhe

Am 29. Jan. 1979 wurde im Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) eine Anlage zur *Heizung des Zentrums mit nuklear erzeugtem Dampf* übergeben. Mit dieser Anlage wird erstmals Technik und Wirtschaftlichkeit der Nutzung einer nuklearen Kraft-Wärme-Kopplung für die *Fernheizung* von Gebäuden unter Verwendung des Mehrzweckforschungsreaktores (MZFR) des Kernforschungszentrums demonstriert. Selbst bei der heute abzusehenden begrenzten Laufzeit der Anlage von noch etwa vier Jahren ist durch Einsparung von ca. 10 000 t Heizöl je Jahr mit einem finanziellen Gewinn von einigen Millionen Mark zu rechnen. Bei diesen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist eine Verringerung der Nettostromerzeugung des Kernkraftwerks von 50 MW um etwa 3,5 MW bereits berücksichtigt.

Mit der Heizanlage wird der Turbine des MZFR an zwei Stellen Dampf entnommen, der die Wärme bei der erforderlichen Vorlauftemperatur von etwa 130 °C über einen *Hochdruck- und einen Niederdruckwärmeaustauscher an den Heisswasserstrang der konventionellen Heizanlage* abgibt. Die abgegebene Wärmeleistung von maximal 17 Gigakalorien je Stunde reicht in der Regel aus, das Kernforschungszentrum Karlsruhe voll zu beheizen. Wärmelastspitzen können im Verbundbetrieb mit dem noch vorhandenen ölbefeuerten Heizwerk abgedeckt werden.

Bei dem vorliegenden Vorhaben handelt es sich um eine sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung, d. h. nicht um eine Nutzung von Abfallwärme des MZFR, die weiterhin über Kühltürme abgeführt wird. Verzicht auf den Kühlturmbetrieb durch eine Hebung der Temperatur des kalten Endes der Turbine des MZFR auf die erforderliche Vorlauftemperatur des Heiznetzes von etwa 130 °C wegen des hohen Betriebsaufwandes über eine Wärmepumpe derzeit nicht wirtschaftlich. Dennoch bedeutet der Einsatz der Heizanlage eine – wenn auch geringe – Verringerung der Abwärmebelastung durch das Kernkraftwerk, und zwar im wesentlichen um die Wärmemenge, die der thermischen Nutzung zugeführt wird. Bei Neuanlagen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung lässt sich die Abwärmebelastung durch optimale Anpassung der Anlage an Strom- und Wärmeverbrauch weiter senken.