

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** - (2000)  
**Heft:** 47  
  
**Artikel:** Dossier die Sonne : der Mann der die Sonne singen hört  
**Autor:** Frei, Pierre-Yves  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-967702>

### **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:** 29.01.2026

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

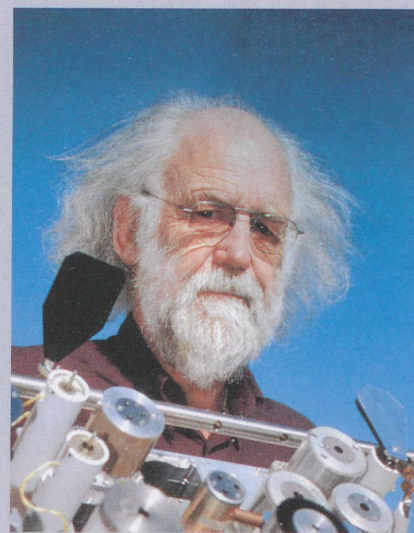
# Der Mann, der die Sonne singen hört

Als Spezialist für Sonnenstrahlung untersucht Claus Fröhlich seit mehreren Jahren die Oszillationen, die sich auf der Oberfläche der Sonne als Schallwellen ausbreiten. Auf diesem Umweg will er ihr Innenleben ergründen.

VON PIERRE-YVES FREI

FOTOS OBSERVATORIUM DAVOS UND ESA

Nicht nur Menschen haben ein Schicksal, sondern auch Institute. So auch das Physikalisch-Meteorologische Observatorium Davos. Es wurde zu Beginn des Jahrhunderts von einem wissenschaftsbesessenen deutschen Kaufmann gegründet, der seiner tuberkulosekranken Tochter zuliebe in die Berge Graubündens emigrierte. 1971 verlieh die Weltorganisation für Meteorologie dem Observatorium den begehrten Titel eines «Welt-Strahlungszentrums». Darauf sind die Institutsmitarbeiter stolz, denn nur das Zentrum in Sankt Petersburg erhielt ebenfalls diese Auszeichnung. Aber was ist eigentlich ein Strahlungszentrum? «Vor allem ein Zentrum für Metrologie», erklärt Claus Fröhlich, der charismatische ehemalige Leiter des Observatoriums. «So wie man nach Sèvres bei Paris reisen musste, um einen Eichmeter nachzumessen, so geht man heute nach Davos, um Radiometer zu kalibrieren, mit denen man die Bestrahlungsstärke der Sonne misst – also die Sonnenenergie, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter.» Und so fallen etwa alle fünf Jahre Horden von Forschern für



Claus Fröhlich

drei Wochen in Davos ein, die die Sonne verfolgen, um ihre Geräte mit Hilfe der Davoser Präzisionsradiometer zu justieren. Claus Fröhlich hat einige dieser wissenschaftlichen «Völkerwanderungen» erlebt, als er das Institut zwischen 1975 und 1999 leitete. Unter seiner Ägide diversifizierte sich das Zentrum: «Wir haben uns sehr bald für die Solarkonstante interessiert, mit anderen Worten für die durchschnittliche jährliche Sonneneinstrahlung, die von aussen auf die Erdatmosphäre trifft. A propos Konstante: Wir haben schnell festgestellt, dass aufgrund von Veränderungen der Sonne selbst Schwankungen auftreten. Und bei allen aktuellen Erklärungsversuchen für die globale Klimaerwärmung stellt sich vor allem die Frage, in welchem Umfang die Schwankungen der Solarkonstante das Klima beeinflussen.»

## Bewegtes Inneres

Theoretisch könnte eine um 1 Prozent erhöhte Solarkonstante langfristig eine Temperaturerhöhung auf der Erde von 1 bis 2° C zur Folge haben. Aufgrund dieser Angaben ist es denkbar, dass ein Teil der Klimaerwärmung vom vergangenen Jahrhundert bis zum Jahr 1980 nicht nur das Ergebnis der Luftverschmutzung ist, sondern auch eine Folge des Sonneneinflusses. Wer mehr über den Zusammenhang zwischen Sonne und Erdklima erfahren will, muss die Funktionsweise der



Sonne und ihre interne Struktur erkunden. Die Aufgabe ist nicht immer einfach. Das Tagesgestirn strahlt zwar äusserlich, hält sein Innenleben aber bedeckt. Glücklicherweise gibt es Indizien, die mehr verraten.

1980 beobachteten Claus Fröhlich und seine Mitarbeiter mit Hilfe eines Stratosphärenballons und einer 500 kg schweren, mit Sensoren voll gepackten Gondel, die in Zusammenarbeit mit dem Genfer Observatorium entwickelt wurde, ein Phänomen, das der Deutsche Deubner schon 1975 entdeckt hatte: die Solaroszillationen. «Acht Stunden lang konnten wir mit unserem Ballon die Intensität der Sonnenstrahlung messen und die Bewegungen auf der Oberfläche erfassen. Es war schwierig, denn die Helligkeitsschwankungen, die von diesen Vibrationen verursacht werden, bewegen sich in einer Grössenordnung von nur einem Millionstel der Intensität.» Mit ihren präzisen Messungen trägt das Davoser Team dazu bei, ein Bild von der Sonnenoberfläche, die von Schallwellen durchlaufen wird, zu zeichnen.

### «Sonnenbeben»

Diese Wellen sind ebenso verschieden wie variabel: Es gibt tausende, Millionen davon. Allen gemeinsam ist eine maximale Amplitude mit einer Periode von etwa 5 Minuten. Eine weitere Gemeinsamkeit besteht darin, dass sie alle der gleichen Familie angehören: Es sind Druckmoden, so genannte P-Moden. «Diese Vibrationen sind nichts anderes als Schallwellen», erläutert Claus Fröhlich. «Die Sonne gleicht einem Instrument, und da es sich um eine Kugel handelt, macht sie dreidimensionale Musik. Sie ist so gross, dass die erzeugten Töne ausserordentlich tief sind. Dies zeigt uns die Periode von fünf Minuten. Die Noten der Sonne sind hunderttausendmal tiefer als der Kammerton bei 440 Hz. Unsere Ohren können derartige Töne unmöglich hören, doch können wir sie auf der Oberfläche der Sonne als Intensitätsschwankungen beobachten.»

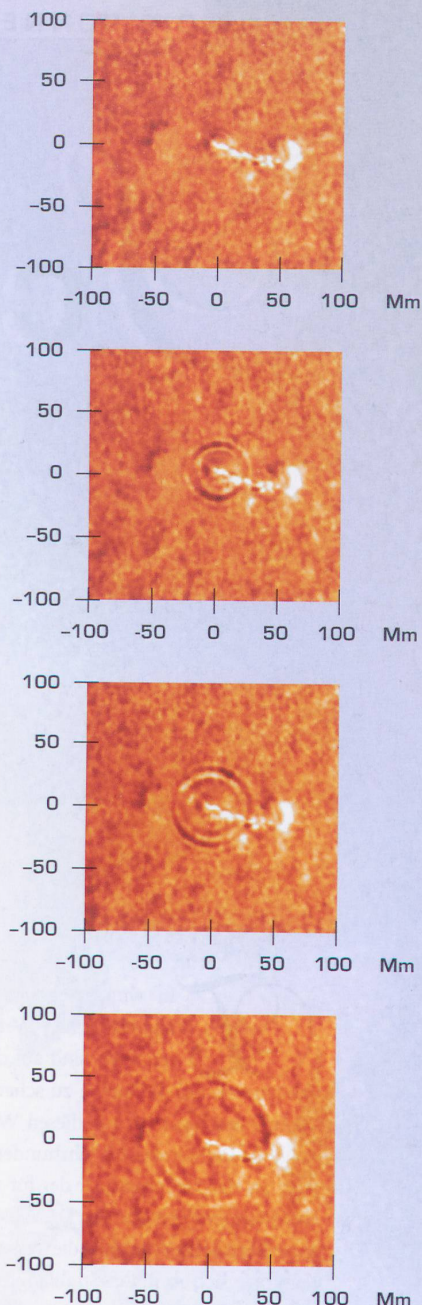
Im Kern der Sonne herrscht eine extrem hohe Temperatur von mehreren Millionen Grad. Die äusseren Schichten verhalten sich wie Wasser, das in einem Topf auf dem Herd erhitzt wird – sie kochen. Das vom Kern erhitzte Gas steigt zur Oberfläche. Dort kühlt es

ab und sinkt in die Tiefe zurück, wo es sich erneut aufheizt. In diesem Rhythmus lebt ein ganzer Bereich der Sonne, die so genannte Konvektionszone. «Durch dieses Kochen an der Oberfläche werden die P-Moden angeregt. Das bedeutet, dass man durch die Untersuchung der Sonnenvibrationen einiges über die interne Struktur und beispielsweise über die Tiefe der Konvektionszone erfahren kann. So ist es mit Hilfe der Helioseismologie gelungen, die Tiefe dieser Schicht mit noch nie da gewesener Genauigkeit zu bestimmen. Sie beträgt etwa 30 Prozent des Sonnenradius, der ungefähr 695 000 km misst.»

Ist man damit am Ende, hat man von der Oberfläche alles abgelesen, was abzulesen war? Nicht wirklich. Gut möglich ist, dass noch andersartige Wellen existieren, die G-Moden (interne Schwerewellen). Sie könnten in der Strahlungszone entstehen, die unterhalb der Konvektionszone liegt. Ihre rücktreibende Kraft ist nicht der Druck, sondern der Auftrieb, gemäss dem Archimedischen Prinzip: Ein Gegenstand, der in eine Flüssigkeit gelegt wird, unterliegt einer nach oben gerichteten Kraft, die dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit entspricht.

Zwei Fragen bleiben offen: Werden die G-Moden wirklich im Sonnenkern angeregt? Und wenn sie tatsächlich existieren, kann man sie an der Oberfläche sehen? Um das zu erforschen, muss man sie suchen. Aufgrund seines Fachwissens wurde Claus Fröhlich wissenschaftlicher Leiter von Virgo, einem Experiment an Bord des Satelliten Soho, der seit 1995 den Puls der Sonne fühlt. «Dank Virgo konnten wir die Sonnenoberfläche über mehr als 50 000 Stunden beobachten. Leider konnten wir bis jetzt noch keine G-Moden ausmachen.»

Ist die Idee der G-Moden damit abgehakt? Nein, denn laut Fröhlich ist es vorstellbar, dass sich die G-Moden, die viel langsamer sind als die P-Moden, in der brodelnden Oberfläche verlieren. Nur durch peinlich genaue und ununterbrochene Beobachtung über mehrere Jahre hat man eine Chance, sie zu entdecken. Die Jagd geht also weiter – zumindest bis zum Jahr 2003. Danach gilt es, neue Gelder zu finden und zu hoffen, dass Soho keine grössere Panne hat. ■



Ein Sonnenbeben aufgezeichnet von Soho.

### Innenleben der Sonne

