

## **SONNENMUSIK an die Energie**

in Zusammenarbeit mit:  
Sternwarte Utrecht, Sonologie Utrecht, Mefistostudio Utrecht (Niederlande)  
Radioteleskop Dwingeloo, Arie Kattenberg

Im Jahr 1976 hörte ich via Herrn Arie Kattenberg von den Untersuchungen der Radiostrahlung der Sonne durch das Radioteleskop in Dwingeloo (Niederlande). Nach studieren des photographischen Materials stellte ich fest, dass die Strahlung interessante Frequenzstrukturen aufwies, die durch Übersetzung in den hörbaren Bereich mögliche musikalische Perspektiven eröffnen könnten.

### **1. Übersetzungsproblematik**

- a. Aussuchen von Photomaterial und Registrieren der damit zusammenhängenden Informationen, die durch einen Computer in Dwingeloo gespeichert werden.
- b. Fundierte Übersetzung des Sonnenspektrums in musikalische Prozesse. Hierbei muss erwähnt werden, dass Dwingeloo wie alle anderen Sonnenteleskope allein einen kleinen Bereich der Sonnenstrahlung abtasten können. In Dwingeloo liegt dieser Bereich zwischen 281020000 Herz und 315000000 Herz. Dieser Abstand entspricht dem Intervall einer kleinen Sekunde. Da der hörbare Frequenzbereich 10 Oktaven umfasst, die Abtastrate in Dwingeloo 40 Kanäle aufweist, muss ein geeignetes System gefunden werden, das die 40 Informationen auf die 10 Oktaven verteilt. Dieses System sollte aber nicht nur formal, sondern auch inhaltlich "verantwortbare" Parameter liefern. An der Sternwarte in Utrecht wurde gemeinsam mit Herrn Kattenberg die Sonneninformation in Daten übersetzt, die daraufhin in Notenschrift registriert wurden.

### **2. Die Kompositionsreihe "Sonnenmusik"**

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Übersetzungen und dem Feststellen, dass das musikalische Material sich zur Erarbeitung einer Komposition eignete, beschloss ich folgende Projekte zu realisieren:

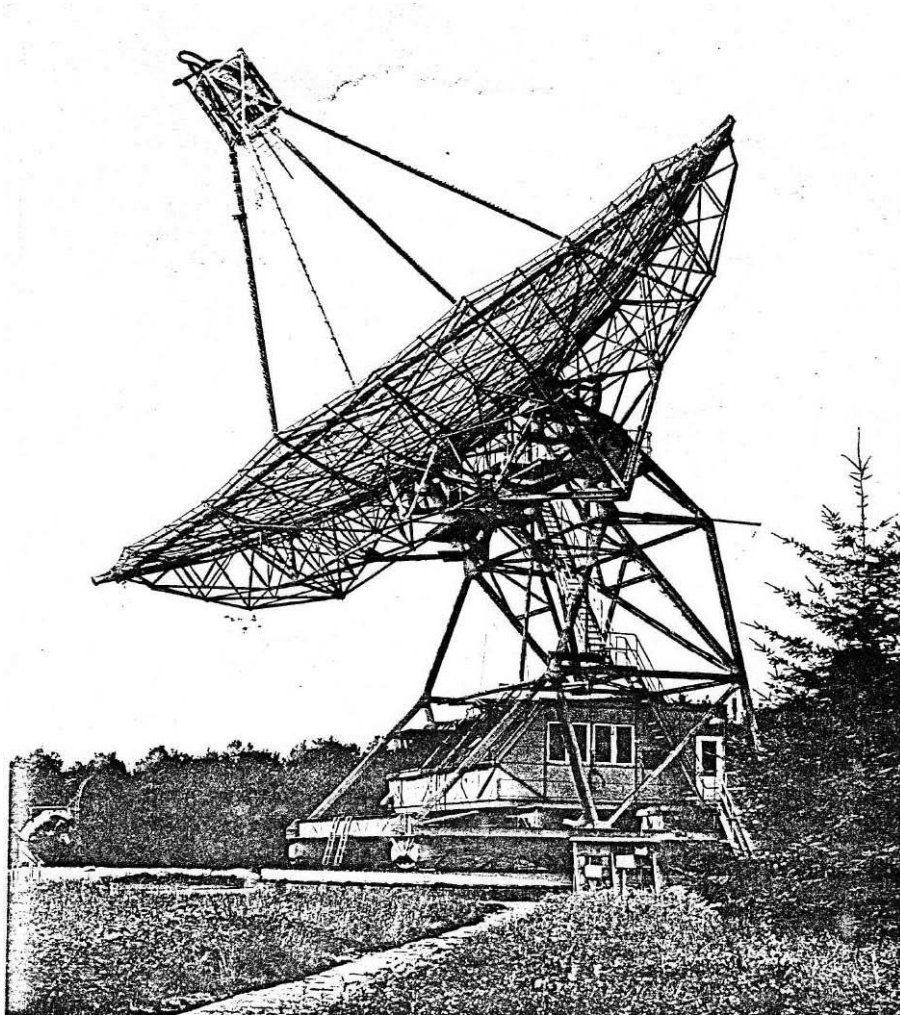
- a. Die radiophonische Komposition "Sonnenanbetung", eine Auftragsarbeit des Bayerischen Rundfunks.
- b. Die Kompositionsserie "Sonnenmusik"<sup>1</sup>, drei Stücke für großes Orchester.
- c. Das Environment "Sonnenplastik", eine in der Natur errichtete Statue, die von Sonnenenergie gespeist Klänge produziert.<sup>2</sup>

Die Kompositionsreihe "Sonnenmusik" ist eine der wenigen Experimente, konkrete kosmische Strahlung musikalisch hörbar zu machen. Durch die Mitarbeit verschiedener Wissenschaftler gelang es mir ein Projekt dieser Größenordnung zu realisieren.

---

<sup>1</sup> 1982 unter dem Namen "Sonnenstruktur" bei Donemus erschienen  
1998 Uraufführung der zweiten Komposition "Sunbeams" mit den Sätzen:  
Sunheat, Clouds und Astral (Donemus)

<sup>2</sup> Die Statue wurde bis jetzt nicht realisiert



Teleskop in Dwingeloo



Berechnetes Magnetfeld der Sonne

### 3. Die Radiostrahlung der Sonne

Zu Beginn der Entwicklung des Radiogebräuchs, ungefähr in den Jahren 30, wurde die Radiostrahlung der Sonne entdeckt. Diese Entwicklung kam durch Rauschstörungen, die hauptsächlich dann auftraten, wenn die Sonne in der Mitte des Horizonts stand. Während und vor allem nach dem zweiten Weltkrieg hat dann die wissenschaftliche Untersuchung dieser Strahlung begonnen. Zuerst geschah dieses mit einfachen Empfängern, später mit Vielfachempfängern, mehreren Antennen (Interferometern), um den Platz der Quellen zu signifizieren. Untersuchungen wurden auch mit dynamischen Spektographen durchgeführt, deren Aufgabe darin bestand, gleichzeitig verschiedene Wellenlängen der empfangenen Strahlung zu studieren. Es scheint, dass die Radiostrahlung der Sonne eine Wellenlänge zwischen einigen Millimetern und mehreren Metern besitzt. Die Strahlung ist veränderlich mit Fluktuationen von einigen Millisekunden bis zu mehreren Jahren. Ein wichtiger Bestandteil der Strahlung scheint zusammenzuhängen mit den Sonnenflecken. Sonnenflecken sind die Gebiete der Sonne, bei denen ein starkes magnetisches Feld durch die Sonnenoberfläche stößt.

Da das magnetische Feld den Wärmestrom, der aus der Sonne kommt, blockiert, sind Sonnenflecken kühler als ihre Umgebung und heben sich dunkel von dieser ab. Studiert man die Quelle der Radiostrahlung, so kommt man zu dem Ergebnis, dass die Strahlung nicht von der Sonnenoberfläche kommt, sondern von Gebieten darüber.

Oberhalb der Sonnenoberfläche sitzt, soweit wir das mit unseren Äugen wahrnehmen, die sogenannte Corona. Die Corona kann allein während einer totalen Sonnenfinsternis gesehen werden, wenn der Somit die grell strahlende Sonne verdeckt. Wir sehen dann ein ungenaues, bizarres, schwaches Lichtband um die Sonne.



Die Radiostrahlung, die wir von der Sonne empfangen, kommt von dieser Corona. Genauer bedeutet das folgendes: die mm-Wellen kommen von dicht oberhalb der Sonnenoberfläche, die Meterwellen von ungefähr 0,1 - 0,5 ( = Radius gemessen vom Mittelpunkt der Sonne ) Sonnenstrahlen oberhalb der Oberfläche und die noch längeren Wellen von noch höher gelegenen Gebieten. Die Corona scheint ein helles dünnes Gas zu sein, das aus elektrisch geladenen Teilen besteht (das sogenannte Plasma).

Hitze : Temperatur ungefähr 1000000 Grad Celsius

Gewicht: 1 Kubikmeter wiegt ungefähr 0,000000002 Gramm

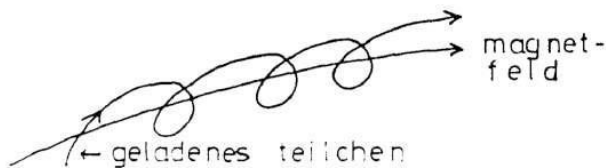
Da das Plasma negativ und positiv geladene Teilchen enthält, können somit sehr viele elektrische und magnetische Erscheinungen auftreten.

Naturwissenschaftlich kann man viele von diesen Vorgängen als Schwingungen beschreiben, als Wellen und Instabilitäten. Langmuirwellen, eine Kategorie von diesen Wellen, können übersetzt werden in eine Radiostrahlung, die aus dem

Plasma kommen kann. Die Langmuirwellen haben eine Schwingungsfrequenz, die abhängig ist von der Dichte des Plasmas, d.h. je dünner das Plasma, um so langsamer die Schwingungen.

Das Plasma der Sonnencorona wird nach außen zu dünner. Das sind die Gründe, dass hohe Radiofrequenzen nahe an der Sonne erscheinen. Tiefe Frequenzen bei höher gelegenen Regionen auftreten.

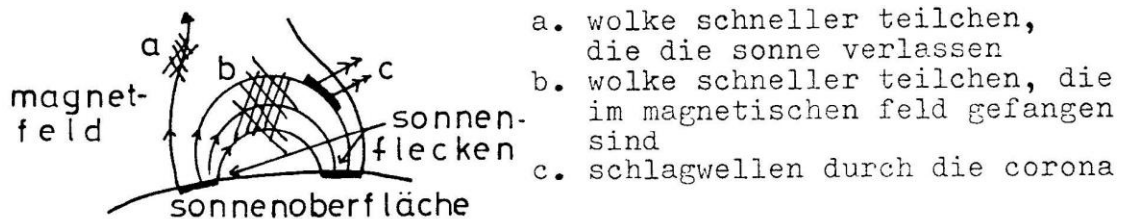
Obwohl die ganze Corona ununterbrochen Radiostrahlung aussendet, passieren die interessantesten Dinge über den Sonnenflecken. Da befindet sich nämlich ein magnetisches Feld, das die geladenen Teilchen festhält, indem es sie zwingt, in Spiralbahnen zu fliegen.



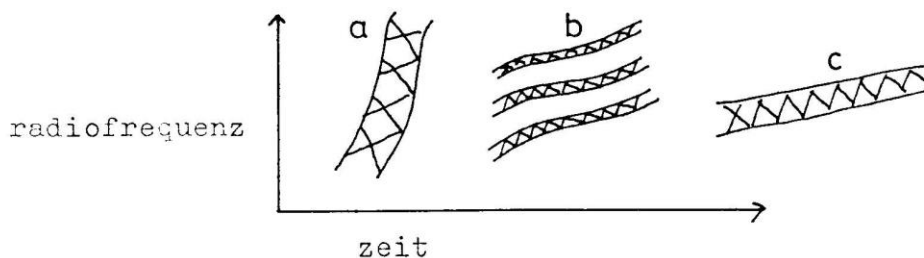
Wenn dieser Prozess schnell abläuft, dann kann so ein Teilchen auch Radiostrahlung aussenden (Synchrotronstrahlung). Die magnetischen Felder oberhalb der Sonnenflecken können teilweise auch in andere Energieformen umgesetzt werden. Diesen Vorgang nennt man Sonnenflamme. Wissenschaftlich ist dieser Vorgang noch nicht begriffen worden.

Eine Sonnenflamme dauert einige Minuten. In dieser Zeit wird eine ungeheure Menge Hitze, Licht, Röntgenstrahlung und Gruppen schneller Teilchen produziert. So eine Sonnenflamme erzeugt viele interessante Formen von Radiostrahlung. Die magnetischen Felder über den Sonnenflecken werden gefüllt mit schnellen Teilchen, die Synchrotronstrahlung (siehe Zeichnung b) aussenden. Die Bündel von Teilchen, die von der Sonne schnell wegfliegen, lassen eine Spur von schwingenden Plasma hinter sich, aus dem auch Radiostrahlung entsteht (siehe Zeichnung a). Auch Schlagwellen, die von der Sonnenflamme entstehen, können eine Radiostrahlung auslösen, während sie durch das Plasma schießen. (siehe Zeichnung c).

Sofort nach der Sonnenflamme:

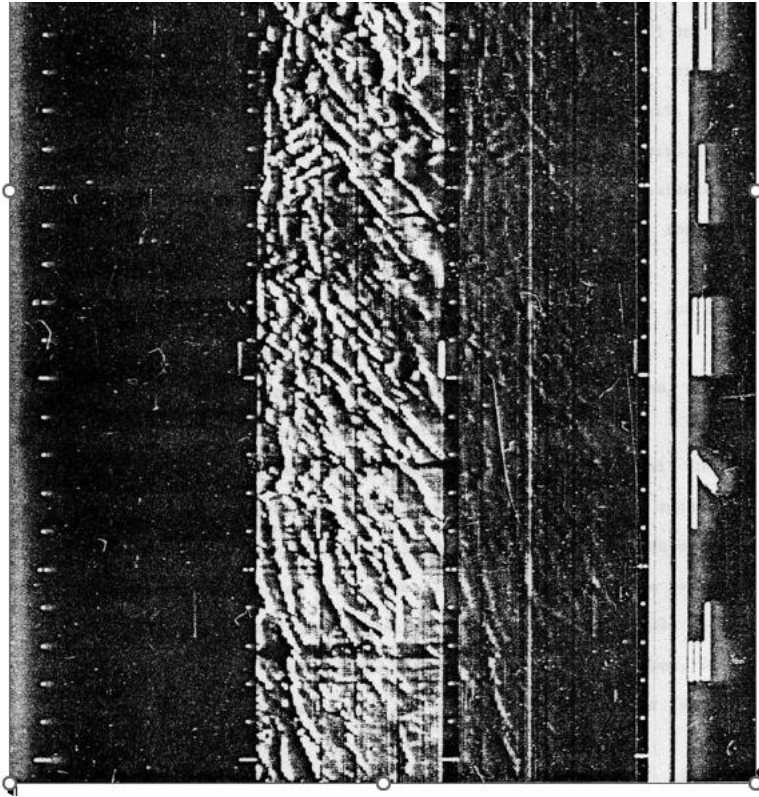


radiospektrum: beschreibung der zeichnung siehe text oben

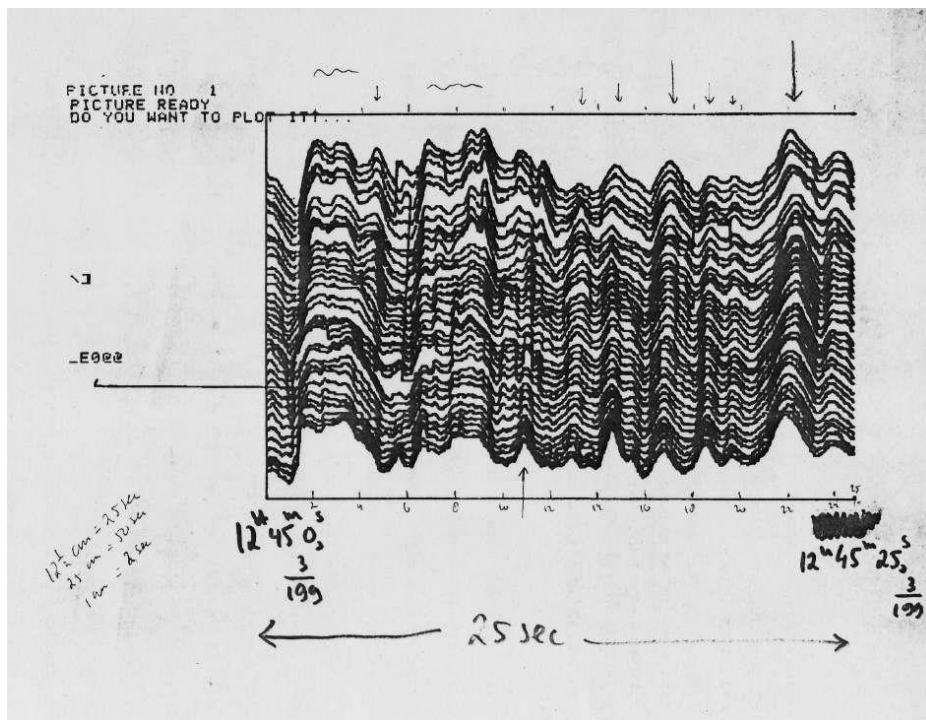


Von dem gesamten Radiospektrum der Sonne, ausgehend von Radiowellen mit mm-Länge bis Wellen von mehr als 10 m Länge, d.h. von 100 Millionen Khz -

1000 Khz (= 18 Oktaven), wird mittels des Spektographen in Dwingeloo nicht einmal eine Oktave (ungefähr eine kleine Sekunde) studiert. Man sieht somit immer nur einen kleinen Bereich der gesamten Sonnenstruktur, die nach einer Sonnenflamme auftritt.



photographische Wiedergabe des Sonnenspektrums



Verwendete Sonnenstruktur

#### **4. Beschreibung der Sonnenspektren (photographische Wiedergabe aufgenommen von dem Teleskop in Dwingeloo)**

Die Radiostrahlung der Sonne fällt auf einen 25 Meter Spiegel und wird zu einer Antenne reflektiert.

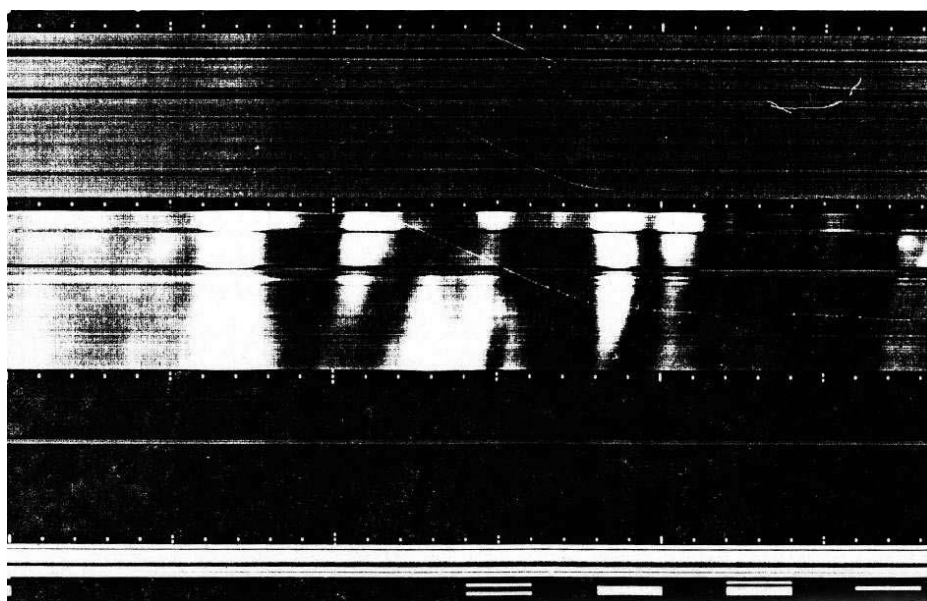
Nach Verstärken, Filtern und Mischen wird das Signal von 60 identischen Empfängern wahrgenommen, die auf verschiedene Wellenlängen abgestimmt sind.

Die 60 Signale werden nacheinander auf einem Film festgehalten, d.h. das Ausgangsmaterial der Verstärker kommt mittels schwarz/weiß Modulation auf den Film. Dieses Signal steht auf dem untersten Band der Photographie. da das Signal oft einen kontinuierlichen Hintergrund mit einer relativ kleinen Modulation besitzt, wurde eine Methode entwickelt, um diese Veränderung sichtbar zu machen. Von allen 60 Signalen wird innerhalb von 3 Sekunden ein Mittelmaß errechnet (ein in zeit mitlaufendes Mittelmaß). Dieses Mittelmaß wird von dem Originalsignal abgezogen, sodass allein die Modulationen mit den Zeitbeträgen 3 Sekunden. übrig bleiben.

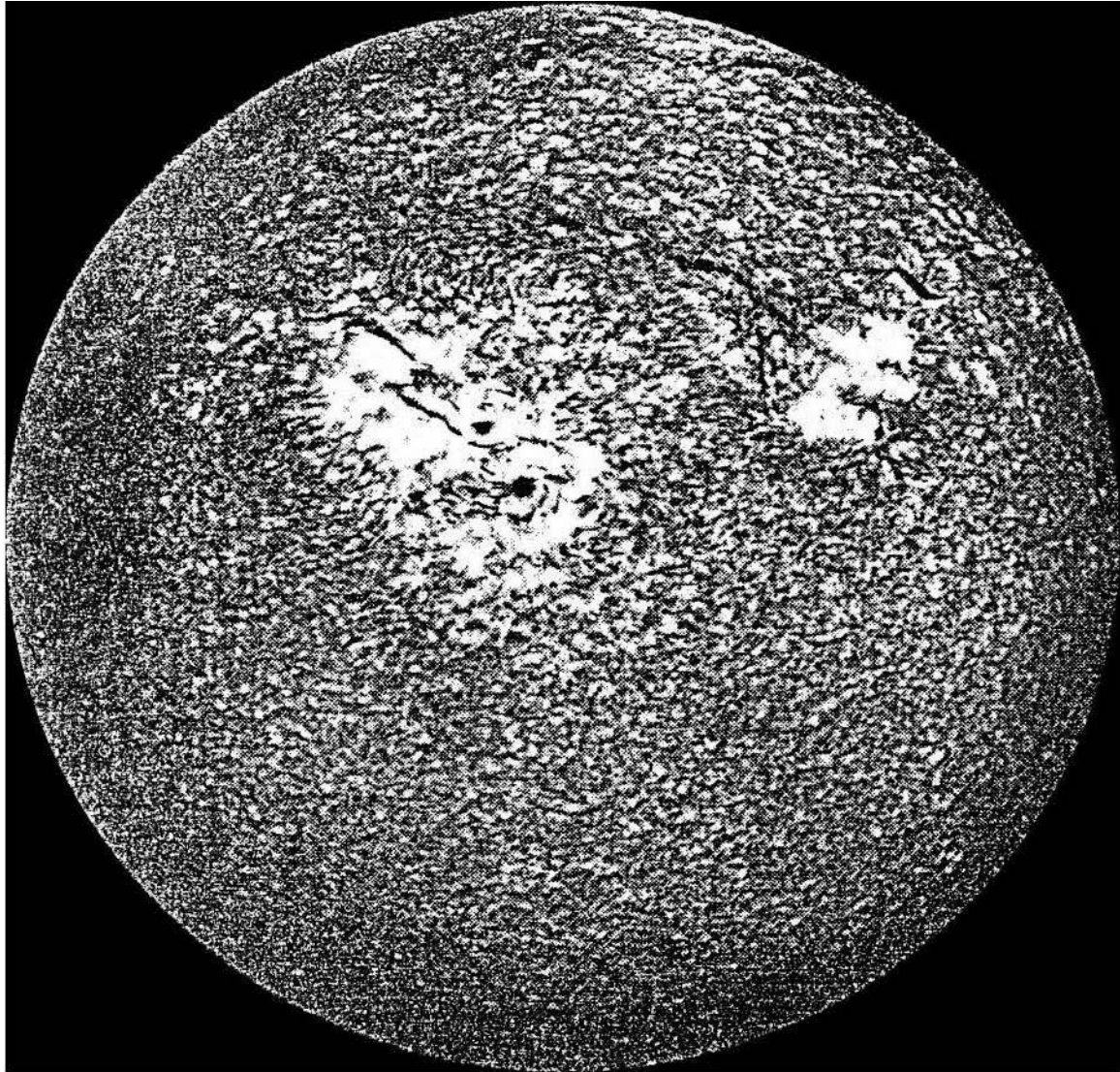
Diese 60 Signale, die schnellen Variationen somit, sind auf dem mittleren Band des Fotos erkennbar. Die Radiostrahlung wird empfangen in zwei Polarisationen, nämlich eine links- und eine rechtsdrehende Schwingungsrichtung.

Eine Radiowelle kann beschrieben werden durch ein in Zeit und Raum veränderndes elektrisches und magnetisches Feld. Man kann sich z.B. das elektrische Feld vorstellen, in dem man dieses durch Vektoren beschreibt. Es sind zwei Sorten von Radiowellen unterscheidbar. Die Radioempfänger messen diese beiden Polarisationen. Treten mehr links als rechtsdrehende Wellen auf, so werden diese mit der Farbe weiß angegeben, im anderen fall mit der Farbe schwarz. Dies ist auf dem oberen band der Photographie ersichtlich.

Zwischen den 3 Fotostreifen findet man Zeitmaße mit den Werten 1 Sek., 10 sek., 1 Min. Am unteren Rand des Fotos ist eine Codenummer angegeben, die die Minute, die Stunde, den Tag, den Monat und das Jahr der Teleskopaufzeichnung angibt.



Sonne im Calciumlicht



Eine Sonneneruption schleudert Material von der Oberfläche der Sonne

## 26 Stimmen (von den 60) der Übersetzung des Sonnenspektrums in Noten

Handwritten musical score for 26 voices, titled "STRUKTUR 1" and "Sonne (1992)". The score consists of 26 staves, numbered 1 to 26. The notation is dense, featuring many notes, rests, and dynamic markings. The title "STRUKTUR 1" is written in a box at the top left, and "Sonne (1992)" is written above the first few staves. The score is divided into two main sections by a double bar line. The first section contains 15 staves, and the second section contains 11 staves. The notation is complex, with many notes and rests, and some dynamic markings like "p" and "f".

### Abschluss:

1992 behandelte ich erneut das Thema Sonne mit dem Projekt „Sunwheel“ (mit Kurt Dahlke und Michael Jüllich) in einem 18 Stunden dauernden Konzert.