

Von Elfen und Kobolden – Gewitter mal anders betrachtet

WOLFGANG FRIESE – DG9WF

Sehr starke Blitze können besondere Leuchterscheinungen, so genannte Sprites, auslösen, die sich oberhalb der Gewitterwolken bis in Höhen von 100 km befinden. Gleichzeitig ist ein solches Blitzereignis die Quelle spezieller Sfericsformen mit sehr niederfrequenten Schwingungsanteilen. Wir zeigen Möglichkeiten zum Empfang und zur Selektion von natürlichen Radiowellen mit signifikantem Anteil im extremen Langwellenbereich, so genannten ELF-Sferics, auf.

Das helle Aufleuchten der Blitzkanäle sind nicht die einzigen Leuchterscheinungen, die im Zusammenhang mit einem Gewitter entstehen. Weniger als zwanzig Jahre sind vergangen, seitdem erste gesicherte Erkenntnisse für unterschiedliche optische Erscheinungsbilder oberhalb der Gewitterwolken bis hinauf in den unteren Ionosphärenanteil vorliegen.



Bild 1: An der National Cheng Kung University (NCKU) Taiwan gelang die Aufnahme dieses, wie ein brennender Baum aussehenden Sprites.

Foto: ISUAL Project/NCKU, Taiwan, www.ncku.edu.tw

Man klassifiziert dabei nach der Form und Farbe des Ablaufs sowie dem örtlichen Auftreten drei unterschiedliche Typen: Elfen (Elves), rote Kobolde (Red Sprites) und blaue Strahlen (Blue Jets). Die im Kasten näher erläuterten, seltsamen, unwirklich, ja zauberhaft anmutenden Lichtschauspiele gaben Anlass zu der etwas merkwürdigen Namensgebung dieser physikalischen Vorgänge. Bild 3 verdeutlicht deren Ausmaße. Ausführliche Beschreibungen sowie eine Fülle von Informationen bieten unter anderem [1] und [2].

■ Besondere Sfericsformen

Zahlreiche Messungen und Beobachtungen zeigten, dass Sprites insbesondere von starken positiven Wolken-Erde-Blitzen erzeugt werden. Dabei kommt es infolge des Return Strokes [3] zu einem länger andauernden Stromfluss. Dieser so genannte Continuous Current bewirkt die Aussendung eines Signals im extrem niedrigen Frequenzbereich

(extreme low frequency, ELF) mit relativ hoher Amplitude. Betrachtet man nun den gesamten emittierten Sferics, so besteht dieser zunächst aus dem höher frequenten Längswellenanteil (very low frequency, VLF) und einer nachfolgenden ELF-Komponente. Man nennt diesen Anhang, dessen Frequenz sich unterhalb von 1 kHz bewegt, auch Slow Tail. Er liegt meist im Bereich zwischen 200 und 500 Hz. Aber nicht jeder stromstarke Blitz der vorgenannten Kategorie sendet einen Slow Tail aus. Messungen starker Blitze belegten, dass nur ein geringer Teil der positiven Wolken-Erde-Blitze und ein um den Faktor 10 kleinerer Anteil der stromstarken negativen Wolken-Erde-Blitze emittierten Sferics einen ausgeprägten ELF-Anteil besitzen.

■ Ziel einer Langzeitmessung

Normale Sfericsempfänger verfügen meist über einen Hochpass, der den Bereich unter 1 kHz unterdrückt, um damit die Beeinflussungen durch die Netzfrequenz von 50 Hz und deren Oberwellen zu minimieren. Daher sollen Empfangsversuche mit speziell für diesen tiefen Frequenzbereich ausgelegten Schaltungsvarianten nun Antworten auf folgende Fragen geben:

1. Lassen sich Sfericsformen mit ELF-Anteil auch hierzulande in einem elektromagnetisch belasteten Umfeld mit relativ einfachen Mitteln erfassen und aufzeichnen?
2. Gibt es größere Variationen bei den Impulsstrukturen der Slow Tails sowie der noch näher zu erläuternden Individual Sferics?

3. Lässt sich ein tages- und jahreszeitlicher Bezug zwischen der Häufigkeit der genannten Sfericsformen bzw. der entsprechenden Impulsvariationen herstellen?

Nach der Durchführung verschiedener mobiler Vergleichsmessungen an unterschiedlichen, vom elektromagnetischen Standpunkt her gesehen ungestörten Orten startete ich eine Langzeitmessung. Eine tägliche, jeweils 1 h andauernde Aufzeichnung mit dem Programm Audion sollte das Vergleichsmaterial in Form von Wave-Dateien liefern.

Die Messungen fanden zunächst jeweils zwischen 23 und 24 Uhr statt. Die relativ späte Uhrzeit während der Sommerphase wurde aus verschiedenen Gründen bewusst gewählt. Zum einen bietet sie sich beispielsweise vorteilhaft zur Beobachtung von so genannten Individual Sferics an. Darunter versteht man Sfericsformen mit ausgeprägten dispersiven Anteilen (Tweeks) im Bereich nahe der Grenzfrequenz. Jeder der aneinandergereihten Signalteile, die dem Sfericssignal das sonderbare langgezogene Aussehen verleihen, erfährt bei seiner Übertragung durch die Reflexion am Erdboden und der Ionosphäre einen separaten, individuellen Mode. Mehr Informationen zur Raumwellenausbreitung finden sich in [4].

■ Empfangskonzept

Da es sich bei dem Unterfangen hauptsächlich um den Sfericsfernempfang mit relativ schwachen Signalpegeln handelt, ergeben sich insbesondere für den notwendigen tieffrequenten Übertragungsbereich Probleme durch Störungen aus dem 50-Hz-Stromversorgungsnetz und den daran angeschlossenen Verbrauchern.

Zwar könnte man die Messung mobil abseits der Bebauung in einem störreduzierten Umfeld betreiben, doch für eine längere Messreihe, die dazu noch in den Nachtstunden abläuft, wäre ein solcher Aufwand nicht mehr akzeptabel. Es wurde daher folgende Lösung gefunden:

Ein 3,5 m langer Vertikalstab auf einem Garagendach dient als Antenne. An deren Fußpunkt befindet sich ein Antennenanpassverstärker mit einem extrem hohen Eingangswiderstand. Die Schaltungsum-

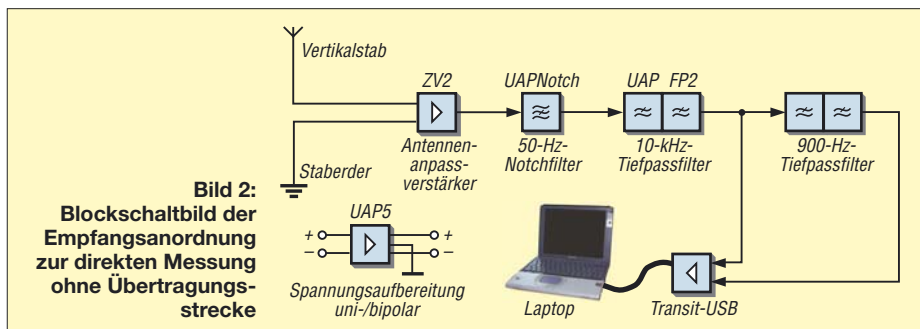


Bild 2: Blockschaltbild der Empfangsanordnung zur direkten Messung ohne Übertragungstrecke

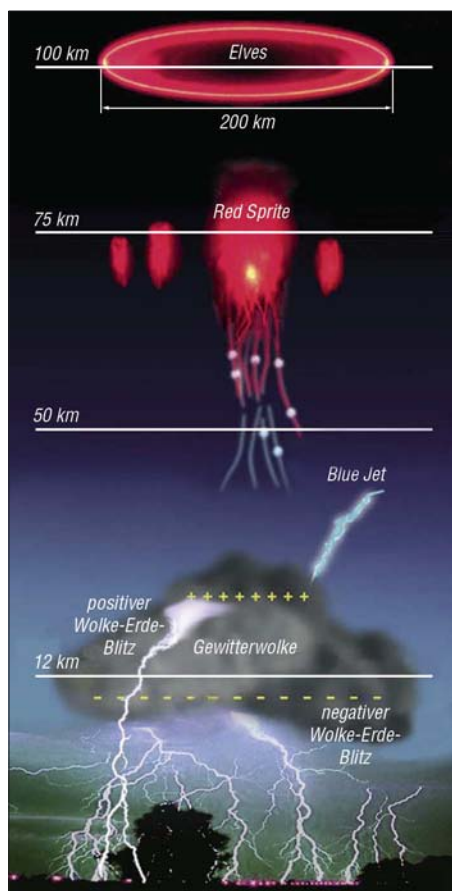


Bild 3: Die räumlichen Ausmaße der Leuchterscheinungen bei Gewittern sind gewaltig.

setzung erfolgte mit der Platine ZV2 aus [5] und [6]. Drei parallelgeschaltete, 1,5 m lange Erdungsstäbe in unmittelbarer Nähe der Antenne sorgen für eine gute Verbindung zum Bezugspotenzial. Der Rest der Empfangsschaltung befindet sich im Haus, wobei die Kabelstrecke bis zum Antennenanpassverstärker in meinem Fall etwa 40 m beträgt. Die Übertragung erfolgt unter Zuhilfenahme eines speziellen Übertragungssystems, welches nachfolgend noch erläutert wird.

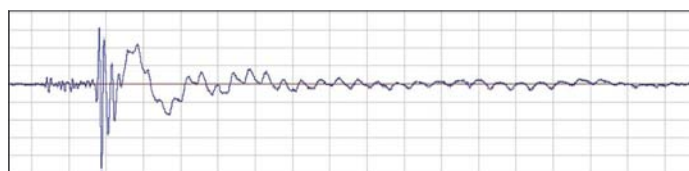


Bild 4: Individual Sferics (Tweaks) mit niederfrequentem dispersivem Signalanteil; Darstellungszeit 18 ms

Das an dem im Haus befindlichen Empfangerteil ankommende Signal passiert zunächst ein einstellbares 50-Hz-Notchfilter (UAP NOTCH [6]), bevor es zum zweistufigen Tiefpass mit einer Grenzfrequenz f_{gr} von etwa 10 kHz gelangt. Das Tiefpassfilter wurde mit der Platine UAP FP2 [7] realisiert. Es ist notwendig, damit bei der Signalaufzeichnung mithilfe eines PCs keine Überdeckung der schwachen Empfangssignale durch die Aussendungen der starken VLF-Sender kommt. Am Ausgang dieser Platine erfolgt die Auskopplung des Summensignals von ELF und VLF bis 10 kHz. Es schließt sich ein weiterer zweistufiger Tiefpass an. Seine Realisierung erfolgt

ebenfalls mit UAP FP2, allerdings mit einer tieferen Grenzfrequenz. Sie liegt nun etwa bei 900 Hz. Bild 7 zeigt ein Empfangsgerät für den direkten Betrieb an der Antenne – ohne zusätzlichen abgesetzten Antennenanpassverstärker (AAV) und Übertragungsstrecke. Der Blockschaltplan dieses Aufbaus ist in Bild 2 zu sehen.

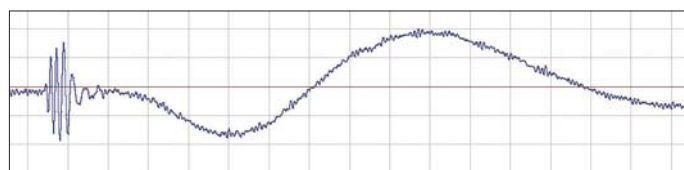
Eine detaillierte Beschreibung des Empfangsmoduls mit Platinenstücklisten und Verdrahtungsplänen ist für das im Frühjahr 2008 erscheinende AATIS-Praxisheft 18 [8] geplant.

■ **Signalübertragung**

Es sei noch angemerkt, dass die oben beschriebene, abgesetzte Anordnung von Antennenanpassverstärker und Folgegerät nur mit einer speziell ausgelegten Übertragungsstecke möglich ist. In [9] und [10] habe ich dieses Verfahren unter Verwendung von Ringkernen erläutert. Die Übertragung der ELF-Signale ist mit diesen Mitteln jedoch nicht möglich. Frequenzmäßig eignen sich in diesen Fällen diverse NF- oder Datenübertrager. Allerdings weisen sie in der Regel zwei bedeutende Schwachstellen aus, sodass sie für oben beschriebene Anwendung, insbesondere bei einem kritischen elektromagnetischen Umfeld, nur sehr eingeschränkt brauchbar sind: Die meisten Übertrager besitzen leider eine kapazitive Kopplung zwischen den beiden Wicklungen, die eine wirksame Unterdrückung von Störeinkopplungen nicht zulässt.

Speziell für die störösichere Übertragung schwacher Sfericssignale wurde daher ein Übertrager kreiert, der zur Vermeidung der Koppeleffekte über eine einseitig aufgelegte Schirmung zwischen Primär- und Sekundärwicklung verfügt. Zusätzlich erfolgt

Bild 5: Slow Tail Sferics mit quasi-sinusoidalem ELF-Signalanteil; Darstellungszeit 9 ms



die Ein- und Auskopplung des Zweileiter-Verbindungskabels extrem niederimpedant.

■ **Zweikanalige Aufzeichnung bietet Vorteile**

Am Ausgang der zweiten Tiefpassfilterplatine lässt sich nun das reine ELF-Signal abgreifen. Beide Signale gelangen über ein

Optische Erscheinungsbilder oberhalb von Gewitterwolken

Red Sprite ist die blitzartige Erscheinung oberhalb einer Gewitterwolke bis hinauf in eine Höhe von 100 km. Das nur wenige Millisekunden andauernde Schauspiel wird durch ein quasi-elektrostatisches Feld hervorgerufen, meist durch einen positiven Wolke-Erde-Blitz. Durch den Zusammenstoß der Elektronen mit Luftmolekülen entsteht rotes Licht. Sprites treten oft in Gruppen auf. Ihre Form ist anscheinend von der Stärke der initialisierenden Blitze abhängig. Da Blitze in Amerika und Afrika mit höheren Stromstärken auftreten, sind die Sprites dort ausgeprägter als z. B. über Europa.

Blue Jet ist die Bezeichnung für eine trichterförmige blaue Leuchtfontäne, die aus dem Kopf einer Gewitterwolke bis in eine Höhe von 40 bis 50 km herauskatapultiert wird. Oftmals ist ein aus dem oberen Wolkenteil in die Atmosphäre gerichteter Wolke-Luft-Blitz Auslöser dieser hauptsächlich über tropischen Gewittern vorkommenden Erscheinung.

Elves treten als kreisförmige Leuchterscheinungen in einer Höhe von etwa 100 km auf. Dabei dehnen sie sich schlagartig von einem Punkt oberhalb der Gewitterwolke bis hin zu einem Durchmesser von 200 km aus! Ursache dieses Vorgangs ist der Blitzimpuls, der die Stickstoffatome der Luft in der unteren Ionosphäre zum Leuchten anregt. Sie treten auch gemeinsam mit Sprites auf.

externes Audio-Interface, in meinem Fall ein Transit-USB von [11], an den USB-Anschluss des Laptops. Die zweikanalige Aufzeichnung unter Verwendung des ELF-Hilfssignals bietet einen nicht zu unterschätzenden Vorteil.

Eigentlich ist ja das Summensignal, welches sowohl den VLF- als auch den ELF-Anteil enthält, für die Betrachtung und Bewertung von Bedeutung. Je nach Sfericsaktivität erfordert die Sichtung bzw. die Suche nach Sferics mit einem ausgeprägten Slow Tail einen hohen Zeiteinsatz, muss doch jeder Sferics hoch aufgelöst werden, damit dieser seinen eventuell enthaltenen ELF-Anteil optisch preisgibt. Der Hilfskanal bietet nun eine elegante Unterstützung für die effiziente Suche.

Einmal zeigt dieser auf einen Blick alle Signale mit ELF-Anteil an, darüber hinaus hilft er aber auch bei der Differenzierung der Sferics, die einen ELF-Anteil besitzen. Insbesondere Impulse, die über eine gewisse Unsymmetrie verfügen, beispielsweise die von Blitzen aus bis zu einigen hundert Kilometern Entfernung, verfügen über einen hohen ELF-Signalanteil. Maß-

gebend bei der Selektion ist aber nicht der ELF-Absolutwert, sondern das Verhältnis der Signalanteile zueinander.

Das zweistufige Tiefpassfilter besitzt eine Übertragungskurve nach Bessel und verstärkt das ELF-Signal um einen Faktor von etwa 2,25. Aus diesem Grund hat sich eine Selektion der Signale bewährt, deren ELF-Pegel mindestens so groß sind wie die des Summensignals.

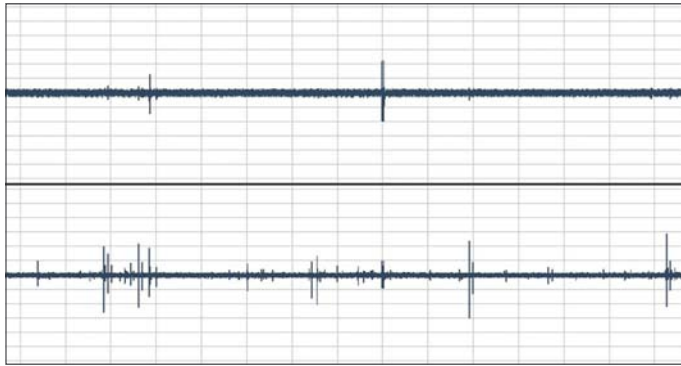


Bild 6:
Zweikanalaufzeichnung von Sferics; der untere Kanal enthält das Summen-, der obere nur das ELF-Signal; Darstellungszeit 7 s

Foto und Screenshots: DG9WF

■ Empfangsergebnisse

Zunächst erfolgten einige mobile Messungen mit dem Empfangsmodul. Dabei ergaben sich auf Grund der relativ geringen Störungen sehr aufschlussreiche Aufzeichnungen. Beim abgesetzten Betrieb der Vertikalstabantenne ergab sich trotz Einsatz spezieller Filtermaßnahmen eine nicht unerhebliche Empfangsverschlechterung durch die in der Nähe befindlichen Niederspannungs-Freileitungen.

Dies macht sich bei den Aufzeichnungen durch eine breitere Mittellinie, hervorgerufen durch die Reste der gefilterten Störsignale bemerkbar. Dieser breitere Störbalken verschluckt die Sferics mit schwachem Signalpegel, die somit bei der Langzeitaufzeichnung keine Berücksichtigung erfahren. Trotzdem übertrifft die Qualität der Aufzeichnungen meine zuvor gestell-

ten Erwartungen. Nach wenigen Monaten Messzeit lassen sich folgende Feststellungen treffen:

1. Die Aktivitäten der Slow-Tail- und Individual-Sferics sind sowohl von der Tageszeit als auch von der Wetterlage in den jeweiligen Quellgebieten abhängig. Sicher wird auch eine jahreszeitliche Abhängigkeit vorhanden sein, die ich allerdings zurzeit mangels entspre-

chender Aufzeichnungsdauer noch nicht bestätigen kann.

2. Scheinbar abhängig vom Ausbreitungsweg und der Tageszeit unterscheiden sich die Impulsformen der verschiedenen Gruppen durch gewisse Nuancen voneinander.
3. Selten treten die Impulse auch in sehr außergewöhnlichen Erscheinungsformen auf, die nicht den fachspezifischen Beschreibungen entsprechen.

Es bleibt abzuwarten, welche Erkenntnisse sich aus einer Jahresmessung gewinnen lassen. Die in [4] beschriebene Langzeitmessung zeigte ja eine sehr starke jahreszeitliche Abhängigkeit. Ich nehme an, dass die dort beschriebenen Effekte in Verbindung mit der sich jahreszeitlich verändernden Gewitteraktivität und -struktur zu Beeinflussungen des Erscheinungs- und

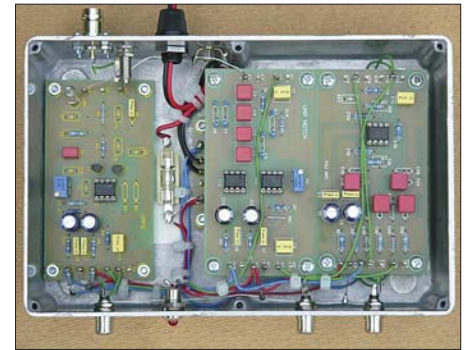


Bild 7: Die Platinenanordnung des im Text beschriebenen Kompaktempfangsmoduls erfolgt zum Teil übereinander.

Aktivitätsbild der genannten Sferics führen werden. wolfgangfriese@t-online.de

Literatur

- [1] Rampe, G.: Red Sprites. www.wetterklima.de → Seminar → Red Sprites
- [2] Heavner, M.: Red Sprites and Blue Jets. Geophysical Institute of the University of Alaska Fairbanks. <http://elf.gi.alaska.edu>
- [3] Friese, W., DG9WF: Sferics – faszinierende natürliche Radiowellen. FA-Bibliothek 18, Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2007; FA X-9176
- [4] Friese, W., DG9WF: Raum- und Bodenwellen in einer Langzeitmessung, FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1386–1389
- [5] Friese, W., DG9WF: Registrierung und Aufzeichnung von Blitz- und Wettersferics. AATiS Praxisheft 15, S. 74–81
- [6] Friese, W.: Sfericsempfang. Band 2, Wilhelm Herbst Verlag, Dessau 2006, S. 80–82; FA H-5751
- [7] Friese, W., DG9WF: Sfericsempfangseinrichtungen mit dem flexiblen Bausteinsystem. www.sfericsempfang.de
- [8] Friese, W., DG9WF: AATiS Praxisheft 18. Bezug: AATiS e.V., W. Lipps, Sedanstr. 24, 31177 Harsum
- [9] Friese, W., DG9WF: Effizientes Antennenanpass- und Übertragungsverfahren FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 6, S. 615–617
- [10] Friese, W., DG9WF: Außergewöhnliche Empfangsantennen und ihre Anpassung für den Längst- bis Kurzwellenbereich, VTH-Verlag, Baden Baden, 2007; FA V-8361
- [11] M-Audio: Transit. <http://de.m-audio.com> → Suche: Transit