

## A.9.4

### Mechanik – Akustik

## Gewitterphänomene im VLF-Bereich

Patrick Vogt



© Mathias Krumbholz / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0

Hätten wir Antennen statt Ohren, so wären wir von einem allgegenwärtigen und immerwährenden Konzert im VLF-Bereich (VLF = Very Low Frequency) umgeben – mit „Instrumenten“, die von der globalen Gewitteraktivität sowie vom Sonnenwind gespielt werden, und deren Signale z. B. aus Knistern (Sferics), einer Art Vogelgezwitscher (Tweaks) oder Pfeiftönen, die in der Frequenz abfallen (Whistlers), bestehen.

Das vorliegende Material stellt vor, wie wir diese Höreindrücke empfangen und zur Abschätzung von geo- bzw. astrophysikalischen Parametern nutzen können. Solche Parameter sind unter anderem die Ionosphärenhöhe, die Länge der Magnetfeldlinien in unseren Breiten oder die Elektronendichte im erdnahen Weltraum.

---

## KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	Sek. II
<b>Dauer:</b>	6 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen auswählen, einfache Formen der Mathematisierung anwenden, einfache Idealisierungen vornehmen, gewonnene Daten auswerten, Experimente planen und durchführen, Ergebnisse dokumentieren
<b>Methoden:</b>	Bildanalyse, Computer- und Softwareeinsatz, Diskussion, Experiment, Unterrichtsgespräch
<b>Materialtyp</b>	Arbeitsblatt, Audio, Bild, Experiment, Textimpuls
<b>Thematische Bereiche:</b>	Natürliche Phänomene des VLF-Bereichs (Sferics, Tweeks, Whistlers, Schumann-Resonanzen), Abschätzung von Erdradius, Ionosphärenhöhe und Elektronendichte, Eigenfrequenz eines Hohlraumresonators, Aufbau eines Gewitterempfängers

---

## Didaktisch-methodische Hinweise

### Anknüpfungspunkte und Einordnung des Themas

Das Thema können Sie z. B. im Zusammenhang mit der Behandlung der **Gewitterelektrizität** im Unterricht behandeln. Es passt des Weiteren in den Kontext **elektromagnetischer Wellen** oder **Filterschaltungen** (Hoch- und Tiefpässe).

Die VLF-Phänomene befinden sich an der Schnittstelle von Astronomie/Astrophysik und moderner Physik (seit 1950), zwei Teilbereichen der Physik, denen aus doppeltem Grund ein beachtliches didaktisches Potenzial zugesprochen wird.

1. Ein für Ihre Schüler interessanter Gegenstand: Fragestellungen aus **Astronomie** und **Astrophysik** gehören zu den Themen, die von Schülern häufig als interessant angesehen werden. Dahinter steht ein „Weltbild-Bedürfnis“ junger Menschen, das durch astronomische und astrophysikalische Kontexte besonders angesprochen wird.

2. Ein Thema, das für das Lernen, insbesondere das **kumulative Lernen**<sup>1</sup>, wichtig ist: Themen aus der modernen Physik bieten einen besonders guten Anlass, Wissen aus verschiedenen Bereichen (hier etwa **Wellenlehre**, **Elektromagnetismus**) zu reaktivieren und in einem neuen Zusammenhang zu integrieren.

Ein weiteres didaktisches Argument für die Behandlung des Themas ergibt sich aus dem besonderen Charakter der hier vorgestellten Messungen. Insbesondere erscheint nämlich die Ermittlung eines mikroskopischen Parameters (der **Elektronendichte**) in mehr als 10 000 km Abstand (im erdnahen Weltraum) zunächst als fast aussichtsloses Unterfangen. Wenn dies dann ausschließlich unter Verwendung einer einfachen Empfangsanlage möglich ist (die von Schülern in einem Projekt selbst gebaut werden kann), so stellt bereits die Angabe der richtigen Größenordnung ein – vielleicht auch für Ihre Schüler – erstaunliches Ergebnis dar.

#### So bereiten Sie den Stationenzirkel vor

Kopieren Sie die **M 2 – M 6**, laminieren Sie sie und legen Sie jeweils ein Exemplar an einem Vierertisch aus. Außerdem müssen Sie an den Stationen **M 2** und **M 4 – M 6** Ihren Schülern einen **Laptop** zur Verfügung stellen.

<sup>1</sup> [https://www.deltaplus.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/DELTAplus/4\\_Kum\\_Lernen/Kum\\_Lernen.pdf](https://www.deltaplus.bayern.de/fileadmin/user_upload/DELTAplus/4_Kum_Lernen/Kum_Lernen.pdf), zuletzt abgerufen am 14.01.2026

## Auf einen Blick

---

### Gewitterphänomene im VLF-Bereich

**M 1** VLF-Phänomene – Stationenzirkel im Überblick

**Benötigt:**  M 1 als Folie  
 Tageslichtprojektor

**M 2** Der Zusammenhang von Blitz und Sferics-Aktivität

**Benötigt:**  Laptop mit Toneditor (z. B. Cool Edit Pro)

**M 3** Schumann-Resonanzen – Atmosphäre als Wellenleiter

**Benötigt:**  Abflussrohr ( $L = 0,5$  m,  $D = 11$  cm) oder Pappröhre (z. B. von Alufolie oder Küchenpapier)  
 Mobiltelefon mit FFT-App (z. B. Spektroskop für iOS oder Advanced Spectrum Analyzer für Android)

**M 4** Tweeks – Vogelgezwitzcher zwischen Erde und Ionosphäre

**Benötigt:**  Laptop mit Toneditor  
 Datei Tweeks.wav  
 ggf. Sferics Empfangsanlage

**M 5** Whistler – ein außerirdisches Pfeifen!

**Benötigt:**  Laptop mit Toneditor  
 Datei Whistler.wav  
 ggf. Sferics Empfangsanlage

**M 6** Whistler-Train – Mehrfachecho zwischen Hemisphären

**Benötigt:**  Laptop mit Toneditor  
 Datei Whistlertrain.wav

**M 7** Abschätzungen zur Magnetfeldlinie – Aufgaben

**M 8** Abschätzung der Elektronendichte – Aufgaben

**M 9** Aufbau eines Sferics-Empfängers

## M 1 VLF-Phänomene – der Stationenzirkel im Überblick

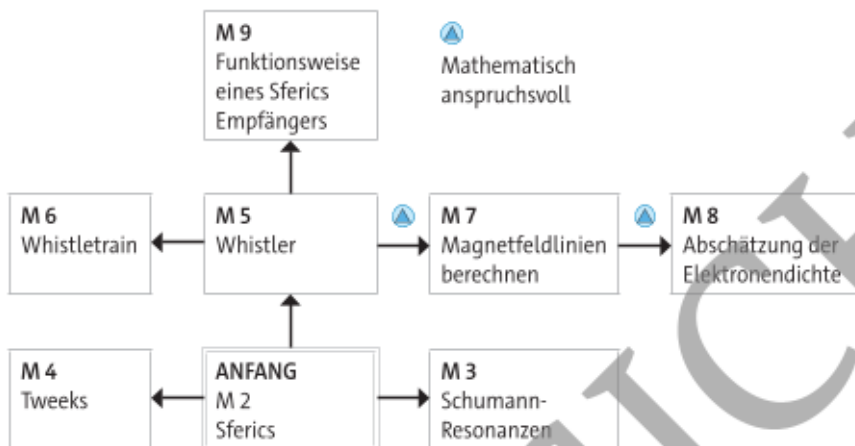


Abb. 1: Verlauf der Stationenarbeit

- Sferics:** Sehr breitbandige elektromagnetische Signale, die von der globalen Gewitteraktivität (Blitzentladungen!) emittiert werden. (Höreindruck: Knacken)
- Tweeks:** Sferics, die sich über lange Strecken und durch Mehrfachreflexionen im Wellenleiter Erde-Ionosphäre ausbreiten und daher einem deutlichen Dispersionseffekt unterliegen. (Höreindruck: Vogelgezwitscher)
- Whistler:** Sferics, welche die Ionosphäre durchdringen, sich entlang des Erdmagnetfeldes ausbreiten und auf der gegenüberliegenden Hemisphäre mit einem sehr großen Dispersionseffekt registriert werden können. (Höreindruck: fallender Pfeifton)

## M 2 Der Zusammenhang von Blitz und Sferics-Aktivität

Der Entladungskanal eines Blitzes stellt ein riesiges verzweigtes Antennengebilde dar, über das der Impulsstrom der Haupt- und Zwischenentladungen ein sehr breitbandiges Spektrum an elektromagnetischen Wellen abstrahlt. Der größte Energieanteil entfällt dabei auf den VLF-Bereich, der von 3 kHz bis 30 kHz reicht. Die emittierten Signale bezeichnet man als „Atmospherics“ oder kurz „Sferics“.



Abb. 2: Blitzentladungen emittieren sehr breitbandige elektromagnetische Impulse im VLF-Bereich.

Foto: © Mathias Krumbholz / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0

### Tipp

Über die aktuelle Blitzaktivität können Sie sich z. B. im Internet anhand von **Blitzkarten** (z. B. <http://en.allmetsat.com/images/lightning-europe.php>) informieren.

Registriert man die atmosphärischen Störungen mithilfe eines Längstwellenempfängers, so nimmt man bei einer direkten Ausbreitung des Signals (oder über die sog. „Bodenwelle“) ein kurzes **Knacken** wahr; alle Frequenzen erreichen gleichzeitig den Empfangsort, das dynamische Spektrum entspricht einer **geraden Linie**. Die Abbildungen auf der nächsten Seite zeigen an verschiedenen Tagen aufgenommene Sferics-Signale, die sich offensichtlich in ihrer Häufigkeit sowie Intensität unterscheiden.