

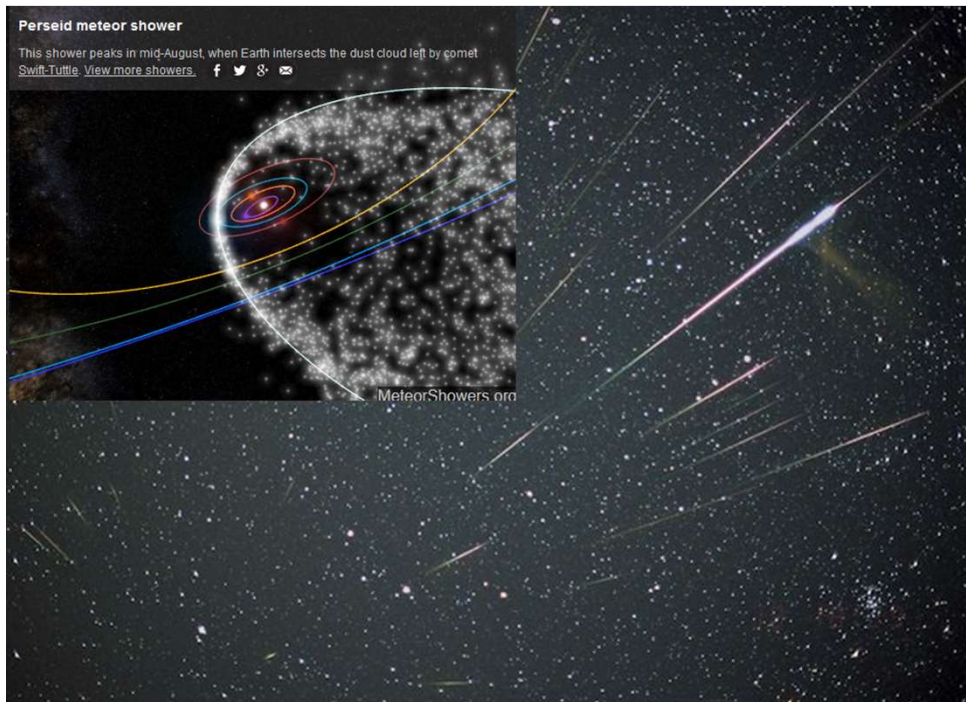
# 11-12 August: Sternschnuppen 'Perseiden' - Radio Echos

DJ0MEW

Jedes Jahr um den 11-12. August durchkreuzt die Erde die Staubwolke, die durch den Kometen Swift-Tuttle im Laufe der Geschichte abgegeben wurde. Kleine Partikel, aber auch größere Brocken, können dabei mit einer Geschwindigkeit von ca. 58 km/s in die Atmosphäre fliegen.

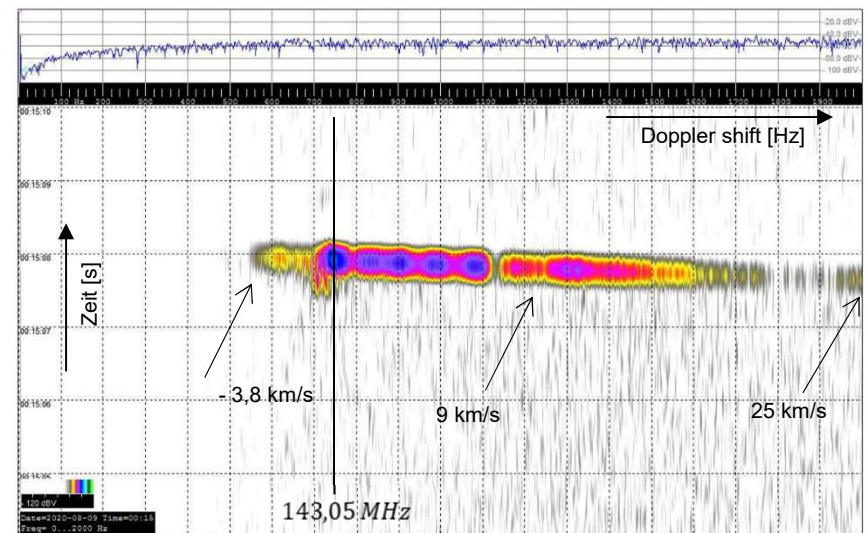
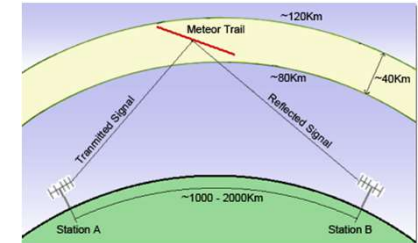
In einer Höhe von ca. 120-90 km verglühn diese Partikel völlig oder teilweise. Die Energieabgabe an die umgebende Atmosphäre ist so hoch, dass diese teilweise ionisiert, so dass erstens eine transiente Lichterscheinung zu beobachten ist: die Sternschnuppe.

Zweitens werden Stickstoff- und Sauerstoffatome ionisiert, so dass für einige Sekunden eine Elektronenkonzentration entsteht. Diese erlaubt es, Radiowellen zu reflektieren.



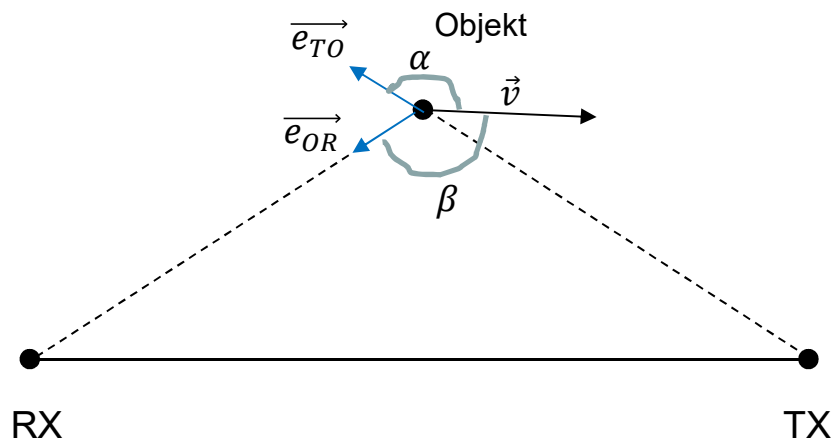
Etwas östlich von Dijon (F), etwa 550 km von hier befindet sich ein kräftiger Sender (GRAVES, JN27SI), der kontinuierlich UKW-Wellen ausstrahlt (143,05 MHz, 10 kW). Durch die Erdkrümmung können diese Wellen hier in Bayern nicht direkt empfangen werden. Wir befinden uns im Schatten des Horizonts.

Die Ionenspur des Meteoriten aber erlaubt die Reflektion der UKW-Wellen. Da der Meteorit sich sehr schnell bewegt, kann auch eine Dopplerverschiebung der empfangenen Frequenz beobachtet werden:



Der hier registrierte Meteorit verglühnte innerhalb von 0,35 s. Seine Frequenzverschiebung erlaubt die Schätzung der Geschwindigkeit des Meteoriten. (Annahme: Kurs Meteorit 260° c.a. über dem Bodensee, Eintrittswinkel -10°) Einige dieser Geschwindigkeiten wurden in der Figur angezeigt. Durch die beschränkte Bandbreite des Empfängers konnten höhere Geschwindigkeiten bzw. höhere Dopplershifts nicht wahrgenommen werden. Der Empfänger war in JN68IE lokalisiert.

Der Doppler-Effekt ist hier eine wahrgenommene Frequenzverschiebung des empfangenen Signals, verursacht durch die Bewegung des Objektes, das in diesem Fall die Strahlung eines fest aufgestellten Senders verstreut. Hierbei wird das bewegende Objekt selber zum Sender. Erstens erfährt es einen Dopplereffekt dadurch, dass es sich ggü. dem Sender bewegt. Zweitens erfährt der Empfänger einen Dopplereffekt durch die Bewegung des Objektes ggü. dem Empfänger. Beide Effekte stehen unter unterschiedlichen Winkeln, die in der Berechnung zu berücksichtigen sind. Die geometrische Situation sieht allgemein folgendermaßen aus: (die Erdkrümmung wurde weggelassen)



Hier sind TX der Sender, RX der Empfänger, das Objekt (O) bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $\vec{v}$ . Zusätzlich sind  $\vec{e}_{TO}$  und  $\vec{e}_{OR}$  Einheitsvektoren, die die Richtungen von TX zum Objekt und vom Objekt zum RX beschreiben. Das Signal bewegt sich mit der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Schließlich sendet TX mit einer Frequenz  $f_T$  und RX empfängt eine Frequenz  $f_R$ .

Durch die beiden Dopplereffekte wird die Berechnung der wahrgenommenen Dopplerverschiebung („shift“):

$$f_R = f_T \left\{ \frac{1 - \frac{\vec{v} \cdot \vec{e}_{TO}}{c}}{1 - \frac{\vec{v} \cdot \vec{e}_{OR}}{c}} \right\}$$

Diese Vektorgleichung gilt allgemein dreidimensional. Wenn wir der Einfachheit halber die Geometrie auf zwei Dimensionen reduzieren, bzw. uns vorstellen, dass sich alles in einer vertikalen Ebene abspielt, und dass auch der Bewegungsvektor des Objektes in dieser Ebene liegt, und  $|\vec{v}| = v$  dann wird auch die Formel einfacher:

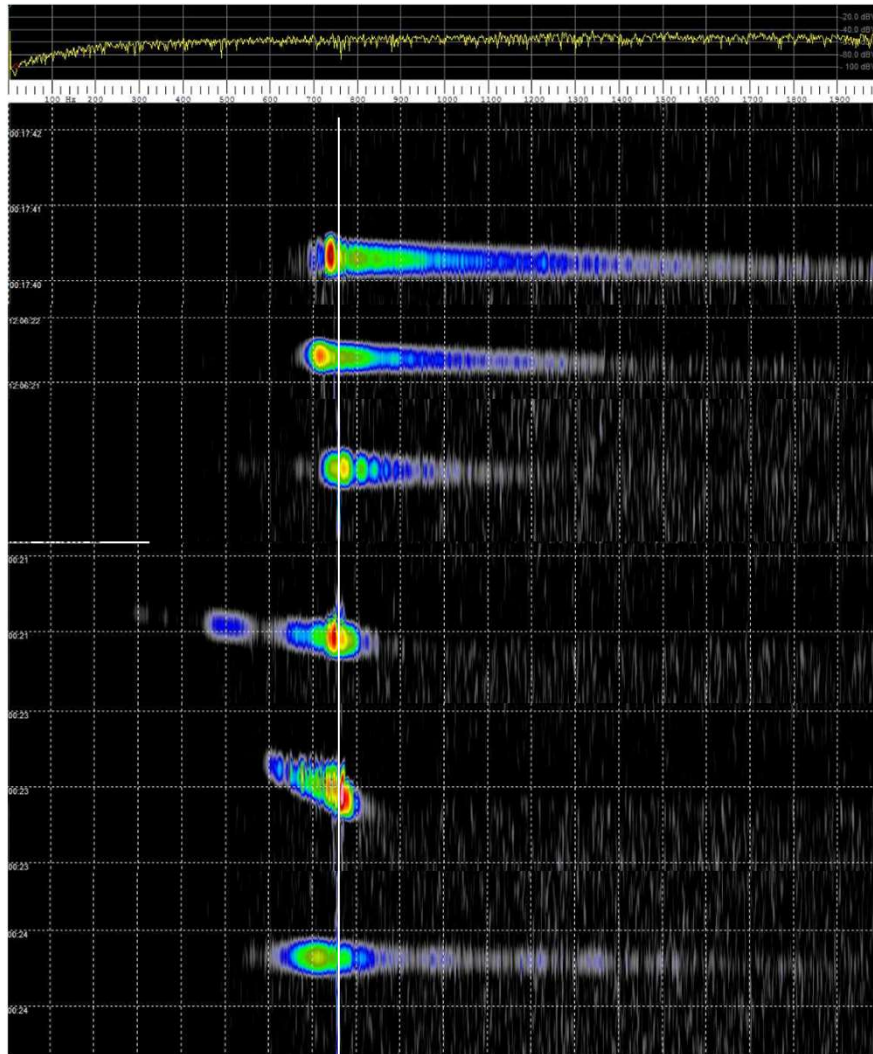
$$f_R = f_T \left\{ \frac{1 - \frac{v \cdot \cos(\alpha)}{c}}{1 - \frac{v \cdot \cos(\beta)}{c}} \right\} = f_T \left\{ \frac{c - v \cdot \cos(\alpha)}{c - v \cdot \cos(\beta)} \right\}$$

Der Dopplershift  $\Delta f$  wird dann:

$$\Delta f = f_R - f_T = f_T \left\{ \frac{v \cdot (\cos(\beta) - \cos(\alpha))}{c - v \cdot \cos(\beta)} \right\}$$

Nachdem wir für den Perseidenschwarm wissen, wo der Radiant liegt, bzw. aus welcher Richtung die Meteoriten kommen (siehe letztes Bild), können wir somit in etwa von den meisten wahrgenommenen oder 'gehörten' Meteoriten die Größenordnungen der Geschwindigkeiten abschätzen. Zur genauen Bestimmung von  $\vec{v}$  gehen uns natürlich weitere Daten ab. Aber es reicht erst mal, um die enormen kosmischen Geschwindigkeiten nachzuempfinden.

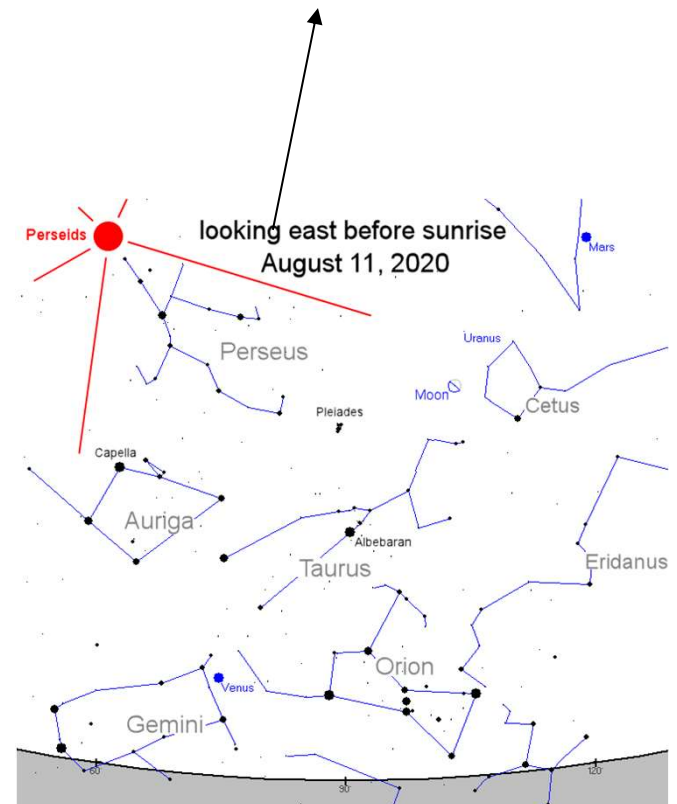
Weitere Echos von Meteoriten:



143,05 MHz

Wo schauen?

Nachts ab ca. 2200h geht es auch!



looking east before sunrise  
August 11, 2020

Osten