

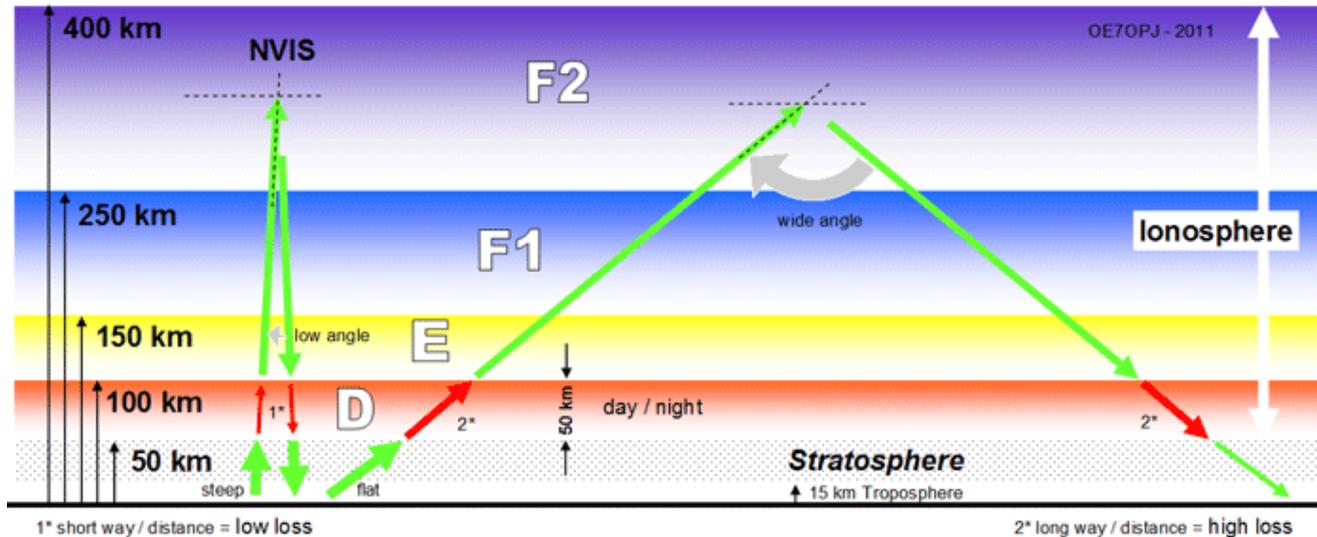
# **Einfluss einer Sonnenfinsternis auf die Funkausbreitung**

Gerald Schuler  
DL3KGS

# Motivation

- Aus Anlass der Sonnenfinsternis am 20.03.2015 wollte ich den Einfluss einer Sonnenfinsternis auf die Radioausbreitung untersuchen
- Eine ähnliche "Schwarze Sonne" werden wir in Deutschland erst wieder in 11 Jahren am 12. August 2026 haben (kann man sich ja schon mal vormerken!!!)
- Die nächste **totale** Sonnenfinsternis in Deutschland ereignet sich am 2. September 2081 (da müssen wir aber noch viele Pillen schlucken, um das zu erleben!!!)

# Aufbau der Ionosphäre



- **Ionisation** – Aufspaltung von Ladungsträgern durch Sonneneinstrahlung
- **Rekombination** – Vereinigung der zuvor entstandenen Ladungsträger durch fehlende Sonneneinstrahlung
- **F2-Schicht:** rekombiniert sehr langsam, spielt eine große Rolle für NVIS (Lokal) und DX-Verkehr
- **F1-Schicht:** verschwindet in der Nacht - rekombiniert langsam, Elektronendichte ca. 1/10 von F2
- **F-Schicht:** Die am Tage gebildeten F1- und F2-Schichten verschmelzen zur F-Region in der Nacht
- **Es-Schicht:** fallweise starke lokale Ionisation (**Short Skip** Verbindungen möglich)
- **E-Schicht:** Max. .Mittags, Spiegelung für **Nahverkehr**, kritische Frequenz 2 - 4 MHz - rekombiniert schnell
- **D-Schicht:** am Tag stark **dämpfend** für Frequenzen < 10 MHz, Dämpfung  $\sim 1/f$  - rekombiniert sehr schnell

# Rekombination von Ionen und Elektronen

- Nachts entfällt die Sonneneinstrahlung als Ionisationsquelle. Dann lösen sich verschiedene Schichten, durch Rekombination von Ionen und Elektronen zu ungeladenen Atomen, auf.
- Die D-Schicht verschwindet nach Sonnenuntergang sehr schnell (oder bei Sonnenfinsternis), da durch die hohe Luftdichte es viele Zusammenstöße der Elektronen gibt.
- Die E-Schicht verschwindet einige Stunden nach Sonnenuntergang.
- Die am Tage gebildeten F1- und F2-Schichten verschmelzen in der Nacht zur F-Region, deren Ionisation dann zwar abnimmt, jedoch nicht vollständig verschwindet.

# Dämpfung durch D- und E-Schicht

- Kurzwellensignale müssen die D- und E-Schicht passieren, bevor sie an der F2-Schicht reflektiert werden können.
- Für einen Hop also 2x, einmal hoch und einmal herunter.
- Sie werden bei Tag in diesen unteren Schichten oft erheblich geschwächt, verursacht durch Zusammenstöße der schwingenden Elektronen mit Luft-Molekülen.
- Niedrigere Freq. werden stärker gedämpft als höhere Frequenzen
- Nachts, wenn sich die unteren Ionosphären-Schichten aufgelöst haben, tritt diese Dämpfung nicht auf.

# Ergebnisse der Versuche zur Sonnenfinsternis vom 20.3.2013

## Sun Eclips 2015

### Radio Experiment: Effect on the D-Layer during a Sun Eclips

Location Germany, 53757 Sankt Augustin DL3KGS Gerald Schuler

Local time MEZ 20.03.2015 10:38 Coverage: 81% Sun Eclips  
21.03.2015 Normal conditions

MW /AM	1270 kHz				
	Time	10:00	10:15	10:45	11:07
20.03.2015	Signal	n.a.	S5	S8	S6
21.03.2015	Signal	QRM S6			

MW /AM	911 kHz	BC, engl.					
	Time	10:00	10:15	10:32	10:44	10:53	11:11
20.03.2015	Signal	n.a.	S1	S7	S7	S4	S0
21.03.2015	Signal	S0	S0	S0			

SW /USB	5450	Volmet					
	Time	10:00	10:15	10:30	10:43	10:56	10:59
20.03.2015	Signal	n.a.	S5	S7	s7	S6	S5
21.03.2015	Signal	S4	S4	S3			

SW /USB	5236.5 kHz	Data					
	Time	10:00	10:15	10:38	10:42	10:49	10:54
20.03.2015	Signal	n.a.	S9	S9+10	S9+10	S8	S9
21.03.2015	Signal	S8	S7	S6			

SW /AM	7286 kHz	BC						
	Time	10:00	10:15	10:29	10:35	10:40	10:50	11:00
20.03.2015	Signal	n.a.	S9+5	S9+15	S9+10	S9+15	S9+10	9+5
21.03.2015	Signal	QRM S9						

Bright/Temp		10:00	10:22	10:35	10:38	10:48	10:51	10:54	10:58
20.03.2015	Lux	n.a.	1162	777	720	928	1060	1251	1520
20.03.2015	°C		6,7	6,6		6,5		6,4	

Eclips max.

The site gets dark due to the eclips, the attenuation of the D-Layer will be reduced as you can see frpm the measurements taken with an IC-728 (yes I know it is not a good Radio!!)

# Interpretation der Ergebnisse

- Auf 911kHz wurde zur Zeit der Sonnenfinsternis eine engl. Rundfunkstation hörbar.
- Wie die Messwerte zeigen war vor und nach der Sonnenfinsternis kein Empfang möglich, ebenfalls auch nicht im Vergleich am nächsten Tag.
- Ähnliches konnte im 60m-Band (5MHz), sowie 41m-BC-Band, beobachtet werden mit Signalzuwächsen von ca. 10dB während der Sonnenfinsternis.
- Ursächlich hierfür war die Reduzierung der Tagesdämpfung durch die D-Schicht, welche vom Signal zwei Mal durchlaufen werden musste.
- Auch wurde die Lichtstärke und die Temperatur gemessen. Hier zeigte sich logischerweise ein Rückgang der Lichtstärke (in LUX gemessen),
- sowie etwas zeitversetzt ein leichter Temperaturrückgang während der Sonnenfinsternis. Jedoch nicht so stark, da der Himmel bedeckt war.

# Reflexion an Schichten der Ionosphäre

- Die Reflexion von Kurzwellen an der elektrisch leitfähigen Ionosphäre ist verlustarm,
- Funktioniert aber nur bis zu einer winkelabhängigen Grenzfrequenz (Maximum Usable Frequency – MUF).
- Die Reflexion über Salzwasser ist sehr verlustarm,
- bei der Bodenausbreitung ist sie von der Leitfähigkeit des Bodens, sowie vom Grundwasserspiegel abhängig.
- Die Ionosphäre wird in erster Linie durch kurzwellige Ultraviolett-Strahlung der Sonne gebildet.

# Elektronen- und Ionen-Dichte

- Die Elektronen- und Ionen-Dichte ist bis zu einer Höhe von etwa 60 km praktisch Null.
- Darüber nimmt sie zu und erreicht (bei Tag) in der E-Schicht ein erstes Maximum.
- Über dieser Schicht nimmt sie etwas ab, steigt aber ab etwa 200 km Höhe wieder deutlich an.
- Das absolute Maximum wird in der F-Region erreicht, noch höher nimmt sie wieder langsam ab.
- Die unterschiedlichen Zonen in diesem Profil nennt man Ionosphären-Schichten.
- Als erste sagten 1902 Arthur Edwin Kennelly und Oliver Heaviside unabhängig voneinander eine solche Schicht voraus. Sie heißt heute E-Schicht, frühere Bezeichnung war Kennelly-Heaviside-Schicht.

# Die Reflexion elektromagnetischer Wellen an der F2-Schicht

- Die Reflexion elektromagnetischer Wellen an der F2-Schicht kann mit dem Brechungsgesetz von Snellius erklärt werden, wenn der Brechungsindex des Plasmas bekannt ist.
- Nach diesem, in der Optik oft benutzten Gesetz, wird eine elektromagnetische Welle beim Eintritt in ein optisch dichteres Medium zum Einfallslot hin gebrochen.
- Funkwellen unterhalb der Plasmafrequenz werden von den ionisierten Schichten reflektiert, ihre Bahnkurven sind in diesem Bereich gekrümmt. In dieser Schicht wird die Strahlrichtung immer flacher, dann horizontal und verläuft schließlich wieder abwärts.
- Die höhenabhängige Plasmafrequenz bewirkt, dass niedrigere Frequenzen in tieferen Schichten reflektiert werden als höhere Frequenzen; andererseits erleiden erstere aber tagsüber eine stärkere Dämpfung in den tiefen Schichten.
- Bei UKW-Frequenzen über 50 MHz reicht die Brechung in der F2-Schicht nie zur Totalreflexion. Sehr stark ionisierte E-Schichten jedoch können bei flachem Einfall auch (selten) Frequenzen um 50 MHz reflektieren.

# Mögel-Dellinger-Effekt

- Der Mögel-Dellinger-Effekt (englisch Sudden Ionospheric Disturbance = SID) ist eine plötzlich auftretende, massive Störung des gesamten Kurzwellen-Verkehrs auf der sonnenbeschienenen Seite des Globus,
- die eine Viertelstunde oder etwas länger andauert [tote Viertelstunde].
- Sie wird von einer harten Strahlung hervorgerufen, welche die Sonne bei einer Eruption abstrahlt und kommt nur wenige Male im Jahr vor.

# Quellennachweis:

[http://www.google.de/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/12/Ionosphaere\\_Reflexion.png/220px-Ionosphaere\\_Reflexion.png&imgrefurl=http://de.wikipedia.org/wiki/Kurzwelle&h=185&w=220&tbnid=M-41DhTmTJVfkM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=107&usq=-SOFyd5WOxziFwDgPHISsMw4K64=&docid=-EcFztfmH9A6xM&sa=X&ei=N8MNVaXNF4L1aPH2gvgP&ved=OCDCQ9QEwAw](http://www.google.de/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/12/Ionosphaere_Reflexion.png/220px-Ionosphaere_Reflexion.png&imgrefurl=http://de.wikipedia.org/wiki/Kurzwelle&h=185&w=220&tbnid=M-41DhTmTJVfkM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=107&usq=-SOFyd5WOxziFwDgPHISsMw4K64=&docid=-EcFztfmH9A6xM&sa=X&ei=N8MNVaXNF4L1aPH2gvgP&ved=OCDCQ9QEwAw)