

More hints on thunderstorm effects on sporadic E

by Volker Grassmann (DF5AI)

1 Introduction

The ham project on possible thunderstorm effects on 144 MHz sporadic E radio propagation [2], [3] has surprisingly attracted even scientific interest. The author received an invitation to present our findings at the *CAL Mid-term Review and Science Meeting* at Elounda, Crete, in June 2005 [6]. In our papers and in the presentation too, we have emphasized that those effects cannot be generally excluded but, nevertheless, we are still dealing with speculations. Even with the June 27, 2004 event which documents an impressive geographical correlation between thunderstorms and 144 MHz sporadic E occurrence [2], [3], [6], we cannot exclude an accidental result. On the other hand, thunderstorm effects on the tropical ionosphere appear generally accepted because F region phenomena such as travelling ionospheric disturbances (TID) and equatorial spread F (ESF) may be interpreted by atmospheric wave phenomena which are triggered by convective thunderstorms in the lower atmosphere, see, e.g., [5] and the references cited therein. Considering the mid-latitude ionosphere (which is most relevant to radio amateurs because of the high geographical density of VHF amateur radio stations in Europe and North America), the number of scientific studies is much smaller though. Radio amateurs can therefore hardly find scientific resources addressing their particular question, i.e. the possible connection between thunderstorms and sporadic E radio propagation on VHF. A recent scientific publication has now attracted awareness in the VHF ham community. DR. C. J. DAVIS from the *Rutherford Appleton Laboratory*, UK, send me an email including his latest publication which appeared in the *Nature* magazine: "Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer" [8]. This Dubus article provides a brief summary of results and discusses implications and conclusions from the radio amateur's perspective.

2 Brief summary of latest scientific results

Sferic data from the *Arrival Time Difference* system (ATD) of the *UK Meteorological Office* and ionograms from the Chilton *Digisonde* were used to identify possible connections between thunderstorms and the E layer of the ionosphere. DAVIS and JOHNSON found a "statistically significant intensification and descent in altitude of the mid-latitude sporadic E layer directly above thunderstorms". The authors suggest "that the co-location of lightning and ionospheric enhancement can be explained by either vertically propagating gravity waves that transfer energy from the site of lightning into the ionosphere, or vertical electrical discharge, or by a combination of these two mechanisms" (the reader may find the abstract of this paper on the *Nature* magazine's web site [8]). In the ham radio project, we also address the model of thunderstorm-triggered gravity waves and wind shears, respectively, in the E layer of the ionosphere but he have not yet addressed the second model dealing with vertical electrical discharge, see also GRAYER's (G3NAQ) comments on the project's discussion page in the internet [4].

DAVIS and JOHNSON found an intensification of sporadic E layers but few Es layers are created as a result of thunderstorms which "is evidence that a wind shear must also be present", i.e. the existence of severe thunderstorms does not necessarily result in 144 MHz sporadic E propagation. On the other hand, interpreting the generation of sporadic E layers by gravity wave action and wind shears, we may conclude that all this mechanisms will finally result in a horizontal redistribution of existing ionization: creating a patch of high electron density in one place, the "ionization from weaker patches within the layer may be expected to decrease as ionization from weaker patches was gathered up into enhanced patches". DAVIS and JOHNSON however state: "no such decrease was detected in the present study", i.e. the model of gravity wave and wind shear action on the generation of sporadic E still results in open questions. We therefore need to consider the second model too, i.e. the above mentioned vertical electrical discharge. However, interpreting the generation of sporadic E by large scale electric fields between the lower and upper atmosphere, we may expect a relatively short time-lag of, say less than 1 hour between thunderstorms and associated E region phenomena. DAVIS and JOHNSON have however identified a 6 hour time-lag between sferic activity and enhancements in the E layer ionization contrary to the 1 hour time-lag we have considered in our studies [3] by referring to RÖTTGER's findings in the equatorial F region [1]. RÖTTGER (1977) states: "The time of maximum TID occurrence fits properly with the time of maximum rainfall" supporting the assumption that "the observed TIDs are caused by gravity waves excited by penetrative cumulus con-

vection accompanied by strong rainfall activity in the tropics ... The time-lag between the maximum of rainfall ... and the occurrence of TIDs is up to about 3 hours." RÖTTGER concludes [1]: "This is the time which atmospheric gravity waves, generated at tropospheric heights, need to propagate up to ionospheric heights" (this statement, by the way, has been verified by various articles appearing after his publication in 1977 [10]). Note that RÖTTGER is referring to the F region of the ionosphere (in a height around 300 kilometers), i.e. the time-lag is expected around 1 hour when considering the E region (110 kilometers) instead. In the June 27, 2004 event, by the way, we believe to see a 1 hour time-lag or even less which is in particular true when considering the region of severe thunderstorm activity in southern France and the high sporadic E activity occurring in the same region afterwards (see the graphics animation of the June 27, 2004 event in [7]).

3 Concluding comments

DAVIS' and JOHNSON's studies indicate a connection between thunderstorms and the sporadic E layer in the ionosphere, a word of caution appears however justified when interpreting the results with respect to thunderstorms effects on sporadic E radio propagation on VHF. Having compensated seasonal and diurnal variations in the ionosonde data, DAVIS and JOHNSON found an intensification of the sporadic E layer indicated by an increase of the f_{0E_s} plasma frequency (which denotes the electron number density within the E layer). That increase of f_{0E_s} correlates to lightning activity and reaches values of 2 MHz [8]. Although an impressive result, it has no direct implications on VHF sporadic E propagation: considering typical values of the E region plasma frequency, a 2 MHz increase in f_{0E_s} cannot generate sporadic E long-distance communication in 144 MHz (VHF sporadic E propagation cannot be solely explained by plasma frequency/electron density enhancements anyway). Although a complete picture cannot be drawn at the present state of investigation, we are facing lots of arguments which indeed motivate further ham efforts to study the possible connection between thunderstorms and VHF sporadic E radio propagation. Referring to our initial scepticism (our ham project has actually started with the expectation that a failure of correlation between thunderstorms and 144 MHz sporadic E activity may be demonstrated), DR. DAVIS wrote in his email: "It is refreshing to see the problem being approached with an open mind. I, too, set out to draw negative conclusions and was surprised to find an effect" [9].

4 References

- [1] Travelling disturbances in the equatorial ionosphere and their association with penetrative cumulus convection
J. Röttger
J. Atmos. Terr. Phys.. 39, 987-998, 1977
- [2] Thunderstorm effects on sporadic E propagation in 144 MHz
V. Grassmann (DF5AI), S. Cremer (DL1DBC), U. Langenohl (DK5YA), A. Munters (PE1NWL), G. Sampol (EA6VQ), J. Kraft (DL8HCZ)
Dubus 1, 9-44, 2005
See also <http://www.df5ai.net/ArticlesDL/Thunderstorm/ThunderstormEffectsDUBUS.pdf>
- [3] Thunderstorm effects on sporadic E propagation in 144 MHz (extended version of [2])
V. Grassmann (DF5AI), S. Cremer (DL1DBC), U. Langenohl (DK5YA), A. Munters (PE1NWL), G. Sampol (EA6VQ), J. Kraft (DL8HCZ)
http://www.df5ai.net/ArticlesDL/Thunderstorm/ThunderstormEffects_v2.pdf
- [4] Thunderstorm effects on the ionosphere, discussion of results and the readers' feedback
V. Grassmann (DF5AI)
<http://www.df5ai.net/ArticlesDL/TStormDiscuss/TSDiscuss.html>
- [5] Thunderstorm effects on the F region of the ionosphere
V. Grassmann (DF5AI)
Dubus, 2, 58-61, 2005
- [6] Thunderstorm effects on mid-latitude sporadic E? First results of a data analysis project in amateur radio
V. Grassmann (DF5AI), S. Cremer (DL1DBC)
CAL Mid-term Review and Science Meeting, Elounda, Crete/Greece, June 2005
See also http://www.df5ai.net/ArticlesDL/Thunderstorm/CAL_2005-1.ppt
- [7] Geographical distribution of sporadic E and sferics on June 27, 2004
V. Grassmann (DF5AI), S. Cremer (DL1DBC)
http://www.df5ai.net/ArticlesDL/Thunderstorm/TSEffects_27June2004.gif
- [8] Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer
C. J. Davis, C. G. Johnson
Nature, 435, 799-801, 2005
See also the abstract at <http://www.nature.com/nature/journal/v435/n7043/abs/nature03638.html>
- [9] Personal communication
C. J. Davis, June 2005
- [10] Personal communication
J. Röttger, July 2005

Note: The downloadable resources [2], [3], [4], [6] and [7], respectively, may be easily accessed without typing the URL information by pressing the "Articles" button in the navigation panel of <http://www.df5ai.net>.

Neue Hinweise auf Gewittereinflüsse auf die sporadische E-Schicht

von Volker Grassmann (DF5AI)

1 Einleitung

Das Amateurfunkprojekt zur Untersuchung von Gewittereinflüssen auf 144 MHz Sporadisch-E Weitverbindungen [2], [3] hat überraschenderweise auch wissenschaftliches Interesse geweckt. So erhielt der Autor die Einladung zur Ergebnispräsentation auf dem *CAL Mid-Term and Science Meeting* in Elounda, Kreta, Juni 2005 [6]. In unseren Aufsätzen und in unserer Präsentation haben wir betont, dass Gewittereinflüsse auf Sporadisch-E Weitverbindungen nach unserer Einschätzung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden können, dennoch handelt es sich weiterhin um spekulative Mutmaßungen. Selbst bei dem Ereignis des 27. Juni 2004, bei welchem wir eine beeindruckende geografische Korrelation zwischen Gewitterzentren und dem Auftreten von 144 MHz Sporadisch-E fanden [2], [3], [6], können wir ein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen. Gewittereinflüsse auf die tropische Ionosphäre sind hingegen allgemein anerkannt, denn verschiedene in der ionosphärischen F Region beobachteten Phänomene - beispielsweise die Travelling Ionospheric Disturbances (TID) und das äquatoriale Spread F (ESF) – können auf atmosphärische Wellen zurückgeführt werden, welche in der unteren Atmosphäre durch gewitterbedingte Konvektionsvorgänge ausgelöst werden, siehe z.B. [5] und die dort genannten Literaturhinweise. Betrachtet man hingegen die Ionosphäre in mittleren Breiten (die für Funkamateure auf Grund der hohen Dichte an UKW Amateurfunkstationen in Europa und Nordamerika eine besondere Bedeutung besitzt), dann stehen jedoch nur vergleichsweise wenig wissenschaftliche Studien zur Verfügung. Aus diesem Grunde werden Funkamateure auch nur schwerlich fündig, wenn sie in der wissenschaftlichen Literatur nach der für sie wichtigen Frage recherchieren, ob nämlich zwischen Gewittern und Sporadisch-E Weitverbindungen im UKW-Bereich eine Verbindung bestehen könnte. Eine kürzlich veröffentlichte wissenschaftliche Untersuchung hat nun besondere Aufmerksamkeit bei den Funkamateuren gefunden. DR. C. J. DAVIS vom *Rutherford Appleton Laboratory*, England, übermittelte dem Autor eine Email zusammen mit seinen im *Nature*-Magazin erschienenen Aufsatz „Von Blitzen hervorgerufene Verstärkung der ionosphärischen E-Schicht“ (im Original: „Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer“) [8]. Dieser Dubus-Aufsatz gibt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse und diskutiert Schlußfolgerungen aus der Sicht des Amateurfunks.

2 Kurze Zusammenfassung der jüngsten wissenschaftlichen Ergebnisse

Zum Auffinden einer möglichen Verbindung zwischen Gewittern und der ionosphärischen E-Schicht wurden einerseits Sferic-Daten des *Arrival Time Difference Systems* (ATD) des *UK Meteorological Office* und andererseits Ionogramme der *Digisonde* in Chilton, England, herangezogen. DAVIS und JOHNSON fanden über Gewitterorten eine „statistisch signifikante Verstärkung und ein Absenken der sporadischen E-Schicht in mittleren Breiten“ [8]. Die Autoren schlagen vor, die geografische Nähe von Blitzen und intensivierten Es-Schichten entweder durch Schwerewellen zu deuten (welche sich vertikal ausbreiten und somit Energie vom Ort des Gewitters in die Ionosphäre transportieren) oder durch vertikal gerichtete elektrische Entladungen zu erklären oder gar durch eine Kombination dieser beiden Mechanismen (die englischsprachige Zusammenfassung des Aufsatzes kann auf der Webseite des *Nature*-Magazins eingesehen werden [8]). In unserem Amateurfunkprojekt verweisen wir ebenfalls auf die Bedeutung von gewitterbedingten Schwerewellen bzw. von Windscherungen auf die ionosphärische E-Schicht, dass Model vertikal gerichteter elektrischer Entladungen wurde von uns bisher jedoch nicht aufgegriffen, siehe in diesem Zusammenhang auch den Hinweis von GRAYER (G3NAQ) auf der Internetseite unseres Projekts [4].

DAVIS und JOHNSON haben zwar die Intensivierung von Sporadisch-E Schichten festgestellt, in nur wenigen Fällen konnte jedoch die Entstehung von Sporadisch-E auf Gewittereinflüsse zurückgeführt werden, was sie als einen Beweis dafür ansehen, dass bei der Es-Entstehung zusätzlich Windscherungen vorhanden sein müssen. Somit kann aus dem Vorhandensein heftiger Gewitter keinesfalls unmittelbar auf die Entstehung von Sporadisch-E Verbindungen im UKW-Bereich geschlossen werden. Interpretiert man die Entstehung von Sporadisch-E durch die Wirkung von Schwerewellen und Windscherungen, dann bedeuten diese Mechanismen letztlich nur eine horizontale Umverteilung einer vorhandenen Ionisation: die Entstehung höherer Elektronendichten in einem Bereich der E-Schicht sollte daher zu Lasten anderer

Bereiche gehen, weil diesen Ladungsträger entzogen werden, um anderenorts kumuliert zu werden. DAVIS und JOHNSON stellen jedoch fest, dass in der vorliegenden Studie eine solche Ladungsreduzierung nicht nachgewiesen werden kann. Das Modell von der Entstehung sporadischer E-Schichten unter der Wirkung von Schwerewellen und Windscherungen läßt daher noch einige Fragen offen. Aus diesem Grunde sollte man auch dem obigen Modell der vertikal gerichteten elektrischen Entladungen Augenmerk schenken. Deutet man die Entstehung von Sporadisch-E in diesem Sinne durch großräumige elektrische Felder zwischen der unteren und oberen Atmosphäre, dann wird zwischen der Gewitteraktivität in der Troposphäre und wahrnehmbaren Wirkungen in der E-Schicht eine Zeitverzögerung von vermutlich weniger als einer Stunde zu Grunde gelegt werden müssen. DAVIS und JOHNSON haben jedoch eine sechsstündige Zeitverzögerung zwischen der Sferic-Aktivität und der Intensivierung der sporadischen E-Schicht beobachtet, was im Widerspruch zu der einstündigen Zeitverzögerung steht, die wir in unserer Untersuchung zu Grunde legten [3], indem wir die von RÖTTGER in der äquatorialen F Region gemachten Ergebnisse heranzogen [1]. RÖTTGER (1977) führt aus, dass der Zeitpunkt maximaler TID-Häufigkeit sehr gut mit dem Zeitpunkt maximaler Niederschläge übereinstimmt, was dahingehend gedeutet wird, dass die TIDs durch Schwerewellen hervorgerufen werden, welche ihrerseits durch Konvektionsvorgänge in Gewitterzellen ausgelöst werden – und diese stehen gleichzeitig mit Starkregen in Verbindung. Die beobachtete Zeitverschiebung zwischen maximalem Niederschlag und dem Auftreten von TIDs in der F Region beträgt demnach bis zu drei Stunden [1]. RÖTTGER weist ferner darauf hin, dass dies der Ausbreitungszeit entspricht, die troposphärische Schwerewellen bis zum Erreichen der ionosphärischen F-Schicht benötigen (diese Feststellung wurde übrigens durch zahlreiche jüngere Untersuchungen bestätigt [10]). Man beachte, dass RÖTTGER Aussagen über die F Region (Höhe um 300 Kilometer) trifft, weshalb sich die Zeitverzögerung auf eine Stunde verringert, wenn man hingegen die E-Schicht (110 Kilometer) betrachtet. Im Ereignis vom 27. Juni 2004 glauben wir übrigens eine einstündige oder gar geringere Zeitverzögerung erkennen zu können, insbesondere wenn man die heftigen Gewitter in Südfrankreich und die nachfolgenden Sporadisch-E Ereignisse in dieser Region beachtet (siehe auch die grafische Animation der Ereignisse des 27. Juni 2004 in [7]).

3 Schlußbemerkungen

Die Untersuchungen von DAVIS und JOHNSON belegen auf eine Verbindung zwischen Gewittern und der ionosphärischen E-Schicht, dennoch sei ein warnender Hinweis angebracht, sofern diese Ergebnisse im Hinblick auf Gewittereinflüsse auf Sporadisch-E Weitverbindungen im UKW-Bereich angewendet werden. Nachdem saisonale und tageszeitliche Trends in den Ionosondendaten kompensiert waren, beobachteten DAVIS und JOHNSON eine Verstärkung der sporadischen E-Schicht anhand höherer Werte der Plasmafrequenz f_{oEs} (welche ein Maß für die Elektronendichte der sporadischen E-Schicht darstellt). Jener Anstieg der Plasmafrequenz korrelierte mit der Blitzaktivität und erreichte dabei Werte von bis zu 2 MHz [8]. Trotz dieses beeindruckenden Ergebnisses ergeben sich hieraus keine direkten Schlußfolgerungen auf Sporadisch-E Weitverbindungen im UKW-Bereich: beachtet man typische Werte der Plasmafrequenz in der E Region, dann kann ein Anstieg um 2 MHz keinesfalls für Langstreckenverbindungen im 144 MHz-Bereich verantwortlich zeichnen (Sporadisch-E Weitverbindungen im UKW-Bereich können durch hohe Plasmafrequenzen/Elektronendichten ohnehin nicht umfassend erklärt werden). Auch wenn ein vollständiges Bild beim jetzigen Untersuchungsstand noch nicht vorliegt, so existieren dennoch zahlreiche Hinweise, die weitere Untersuchungen über Gewittereinflüsse auf UKW-Weitverbindungen im Amateurfunk sehr sinnvoll erscheinen lassen. Im Hinblick auf unsere anfängliche Skepsis (unser Amateurfunkprojekt ist ursprünglich mit der Erwartung an den Start gegangen, dass Gewittereinflüsse auf UKW Es-Verbindungen nicht nachgewiesen werden können), schreibt DR. DAVIS in seiner Email: „Es ist erfrischend zu sehen, dass das Problem vorurteilsfrei angegangen wurde. Auch ich hatte mich auf den Weg gemacht, etwas widerlegen zu wollen und war erstaunt, einen Effekt gefunden zu haben“ [9].

Anmerkung: Die Quellenangaben beziehen sich auf die in der englischen Aufsatzversion gegebenen Literaturhinweise.