



Dr. Volker Grassmann, DF 5 AI

Langverzögerte Radioechos, Beobachtungen und Deutungen

Die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen ruft eine Zeitverzögerung zwischen der Aussendung und dem Empfang eines Radio- oder Lichtsignals hervor. Beim terrestrischen Funkverkehr kann diese Zeitverzögerung für die meisten praktischen Anwendungen vernachlässigt werden. Nur bei besonders langen Ausbreitungswegen wird der Effekt wahrnehmbar. Im Kurzwellenbereich können die Radiowellen unter besonderen Bedingungen die Erde vollständig umrunden, was zu einer Zeitverzögerung von ca. 138 ms führt („Round-the-world“ Echos). Noch eindrucksvoller sind die vom Mond reflektierten Echos, hier entspricht der Ausbreitungsweg der doppelten Mondentfernung (ca. 2,5 s Zeitverzögerung). Das im folgenden beschriebene Phänomen kann durch keinen dieser Vorgänge gedeutet werden. Bei „langverzögerten Radioechos“ (LDE – long delayed echoes) kann der Zeitunterschied zwischen Aussendung und Empfang mehrere 10 Sekunden betragen.

1. ERSTE BEOBACHTUNGEN

Die ersten systematischen Beobachtungen werden von *Hals*, *Störmer* und *van der Pol* berichtet (1). Vorausgegangen war eine Zufalls-

beobachtung von *Hals*, der 1927 in der Nähe von Oslo langverzögerte Echos des Senders PCJJ, Hilversum, empfangen hatte (Zeitverzögerung ca. 3 Sekunden). Die über viele Monate durchgeführten Experimente auf 9,5 MHz blieben jedoch zunächst erfolglos. Im Oktober 1928 konnten schließlich langverzögerte Echos zweifelsfrei nachgewiesen werden, die Verzögerungszeiten zwischen 3 und 30 Sekunden aufwiesen. Weitere Beobachtungen wurden in den nachfolgenden Monaten auch von anderen Experimentatoren gemeldet. Eine ausführliche historische Rückschau ist in (8) mitgeteilt, in der auch eine weitere LDE-Beobachtung von *Hals* mit 260 s bzw. 195 s Zeitverzögerung erwähnt wird. Nach 1935 schien das Interesse an diesem ungewöhnlichen Phänomen jedoch abzunehmen.

2. WISSENSCHAFTLICHE BEOBACHTUNGEN

In den Jahren 1947 bis 1949 wurden erneut Experimente zur Beobachtung von langverzögerten Radioechos verwirklicht. Die Versuche wurden von *Budden* und *Yates*, (2), in Cambridge durchgeführt, wobei auf 13,4 MHz eine Sendeleistung von 30 kW und auf 20,6 MHz eine Sendeleistung



von 1 kW zur Verfügung stand. Als Antenne wurde ein Halbwellendipol verwendet, dessen Aufbauhöhe eine senkrechte Abstrahlung ermöglichen sollte. Von der Ionosphäre ungehindert, sollten die Radiowellen in den Weltraum gelangen können, denn es gab „begründete Hinweise“, daß „ionisierte Wolken“ von der Sonne in Erdrichtung emittiert werden, die von den Autoren als mögliche Reflektoren für Radiowellen in Betracht gezogen wurden (beachte: 1951 zog *Biermann* aus Kometenschweifbeobachtungen den Schluß, daß ein von der Sonne weggerichteter Partikelstrom vorhanden sein müsse, den wir heute „Sonnenwind“ nennen. *Budden* und *Yates* veröffentlichten ihre Experimente im Jahre 1952).

Insgesamt wurden ca. 27000 Testsignale gesendet, dabei wurden zwar häufig „Round-the-world“ Echos beobachtet, aber keine langverzögerten Radioechos (Anm.: die „Round-the-world“ Echos weisen darauf hin, daß die gewählte Antennenabstrahlung nicht die gewünschte Unterdrückung der ionosphärischen Wellenausbreitung verwirklichen konnte). Die Autoren vermuten, daß die im Vergleich zu früheren Experimenten hoch gewählten Sendefrequenzen ebenso ungeeignet seien wie die senkrechte Abstrahlung. Sie vermuten ferner eine „erdgebundene“ Herkunft der langverzögerten Radioechos, denn die schnellen solaren Teilchen sollten einen Dopplereffekt hervorrufen, der von den früheren Experimentatoren aber nie berichtet und zum Teil ausdrücklich verneint wurde (siehe z.B. (1)).

Laborexperimente über Echoeffekte in Plasmen riefen das Interesse der Stanford Universität an

langverzögerten Radioechos hervor. Die im Labor gefundenen Mechanismen schienen auch unter den Bedingungen des ionosphärischen Plasmas denkbar zu sein, diese Annahme mußte aber nach genaueren Untersuchungen wieder verworfen werden. Dennoch wurden Experimente mit einem 20 kW-Sender (5 bis 25 MHz) und einer Log-Periodic Antenne durchgeführt, die Anlage wurde während der Versuche zwischen 1967 und 1970 jedoch mehrfach modifiziert (4).

Im Oktober 1968 wurden die ersten langverzögerten Echos registriert, die jedoch als interne Störsignale verworfen werden mußten. Ein Pulschema sollte schließlich die eindeutige Identifizierung der tatsächlichen Sendesignale verbessern. Die Autoren erwähnen die Schwierigkeit automatischer Aufzeichnungen und die besondere Fähigkeit des menschlichen Gehörs, derartige Signale im Störhintergrund zu erkennen. Im Januar und Februar 1970 wurden drei langverzögerte Radioechos auf 11,02 MHz und 10,62 MHz empfangen, deren Zeitverzögerung 15 s bzw. ca. 20 s betrug. Bis Dezember 1971 vergrößerte sich die Anzahl auf 31, nach (12).

Eine automatische Beobachtungseinrichtung wurde 1975 von *Duffett-Smith*, Cambridge, beschrieben (6). Die Versuche mit einem 250 W Sender führten zu keinem Resultat, die automatische Registrierung erwies sich aufgrund der Kurzwellen-Störungen als wenig effektiv. Der Autor führt aus, daß alle früheren Untersuchungen das menschliche Gehör als empfindlichsten Detektor bestätigt haben. Aufgrund des negativen Versuchsausgangs wurde das Phäno-

Jahr	Rufz.	Band	Verz.	Betriebsart	Echosignal
1932	W6ADP	28 MHz	18 s	CW	eigene
1950/51	W5LUU	7 MHz	5 s	CW	eigene
1965	K6EV	14 MHz	3 - 4 s	SSB	eigene
1967	W5VY	28 MHz	3 s	SSB	eigene
1968	W5LFM	10 MHz	0,5 s	Zeitmarken	Station RID
1968	W6KPC	28 MHz	1 s	SSB	andere
1969	W6OL	14 MHz	6 - 10 s	SSB	andere
1969	K6CAZ	2 MHz	2 s	SSB	andere/eigene

Tabelle:
LDE Berichte, nach (3)



men der langverzögerten Radioechos zurückhaltend bewertet.

Eine kritische Würdigung bisheriger Versuche wurde 1985 von Wissenschaftlern der Stanford Universität veröffentlicht (12). Eigene Versuche wurden mit einer senkrecht strahlenden Rhombusantenne am Zeitzeichensender WWV (5,865 MHz) vorgenommen. Die sieben registrierten Echos (Zeitverzögerung zwischen 1,5 s und 18,3 s) könnten jedoch nicht endgültig als authentisch angesehen werden. Auch die früheren Messungen der Stanford Universität, siehe oben, wurden in Zweifel gezogen und mit technischen Nebeneffekten in Verbindung gebracht. Die von *Goodacre (VE2AEJ/3)* zur Verfügung gestellten Beobachtungsdaten, siehe unten, wurden ebenfalls mit Zurückhaltung behandelt. *Vidmar* und *Crawford* weisen aufgrund der eigenen Beobachtungen darauf hin, daß sich die vermeintlichen Radioechos bei Beachtung strenger Kriterien i.a. als fragwürdig herausstellen. Die umfangreichen Berichte der vergangenen 50 Jahre würden die Existenz der langverzögerten Radioechos aber nicht in Zweifel ziehen.

3. BEOBACHTUNGEN VON FUNKAMATEUREN

Die Funkamateure stellen das umfangreichste Beobachtungsmaterial über langverzögerte Radioechos zur Verfügung. Auf keinem anderen Gebiet der Radiowellenausbreitung finden die Amateurfunkbeobachtungen eine vergleichbare Beachtung in der wissenschaftlichen Literatur. Aus der QST seien die in der Tabelle angegebenen LDE-Beobachtungen zitiert.

Goodacre, VE2AEJ/3, berichtet in einem wissenschaftlichen Aufsatz über acht mögliche LDE-Effekte, die er von November 1978 bis Januar 1979 auf dem 28 MHz-Band feststellen konnte (9). Bei den Versuchen in der Nähe von Ottawa wurde eine 5-Element Yagi und 400 W Sendeleistung eingesetzt. Dabei wurden Gruppen von drei bis neun Pulsen mit einer Rate von 130 Hz bis 150 Hz ausgesendet. Die Pulse wurden mit einem fortlaufend schaltenden Relais erzeugt, welches mit einer Morsetaste in Serie geschaltet

war. Die Abstrahlung erfolgte in westliche Horizontalrichtung, wenn die Boden-Boden Kommunikation auf dem 10 m-Band auszusetzen begann und andere Himmelsrichtungen bereits keine 10 m-Verbindungen mehr ermöglichten. Während der Tonbandaufzeichnungen wurden die fraglichen Bandstellen notiert, damit nur Beobachtungsbefunde zur Auswertung gelangen konnten, die bereits im Verlauf der Experimentdurchführung als fragliche LDEs bewertet wurden (Vermeidung von Fehldeutungen durch den bei Magnetbändern bekannten „Kopiereffekt“). Die Bandaufnahmen wurden schließlich mit einem Oszilloskop untersucht.

Im deutschsprachigen Raum haben die langverzögerten Radioechos bisher kaum Beachtung gefunden. Es darf aber vermutet werden, daß etwaige Beobachtungen nicht zur Veröffentlichung gekommen sind, weil der ungewöhnliche Effekt stets als Täuschungsversuch gedeutet wurde. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hat z.B. *Schwarzbeck, DL1BU*, langverzögerte Radioechos neben gewöhnlichen „Round-the-world“ Echos beobachtet, als ein „mehrere Sekunden verzögerter Morsepunkt“ auch bei Frequenzwechsel präsent blieb, siehe (10).

Während eines RTTY-Contests im Oktober 1986 empfangen DJ4ZF und DL6QH die letzten 40 bis 50 Fernschreibzeichen (45,45 Baud) ihrer eigenen Aussendung (14). Die Frequenz des Echos war ca. 300 Hz tiefer als die Sendefrequenz. Das 20 m-Band zeigte den typischen Effekt des „Schließens“ vor dem Zusammenbrechen der Übertragung, die Echos wiesen „Westküsten- oder Alaskacharakter“ auf. Es wurden 750 W Ausgangsleistung an einer Monoband-Groundplane eingesetzt. Die Authentizität des Echos kann nicht gesichert werden, die Beobachter deuteten die Erscheinung als Täuschungsversuch eines anderen Funkamateurs und erfuhren erst später vom LDE-Phänomen.

4. BEOBACHTUNGEN IM HÖCHSTFREQUENZBEREICH

Die spektakulärsten Amateurbeobachtungen berichten von langverzögerten Radioechos



bei EME-Verbindungen. In einem wissenschaftlichen Journal berichtet *Rasmussen, OZ9CR*, von „Geisterechos“, die er auf 1296 MHz festgestellt hatte (7). Bei einem Mondechoversuch (8 m-Parabolspiegel, 500 W) konnten am 7.7.1974 Echos empfangen werden, die den eigentlichen Mondechos um ca. 2 Sekunden nacheilten. Diese Echos blieben auch dann beobachtbar, wenn die Antenne nicht exakt zum Mond ausgerichtet war und die gewöhnlichen Mondechos ausblieben. Das Phänomen dauerte 20 Minuten an. Anmerkung: das von *Rasmussen* angegebene Beobachtungsdatum wurde aufgrund der angegebenen Mondposition angezweifelt, *Rasmussen* korrigierte deshalb das Datum auf den 28.5.1974, siehe hierzu (8).

In (8) wird auf weitere LDE-Beobachtungen anlässlich von EME-Versuchen hingewiesen. In einer Kurznotiz berichtet auch das *Dubus-Magazin* von langverzögerten Radioechos, die von YU1AW auf 432 MHz festgestellt wurden (11). Die zusätzlichen Echos folgten den Mondechos mit etwa 2 s Zeitverzögerung und waren etwas frequenzversetzt.

Bei der Sichtung der verschiedenen LDE-Berichte deutete sich eine mögliche Datums-Übereinstimmung zwischen den YU1AW-Beobachtungen auf dem 70 cm-Band und den 10 m-Beobachtungen von DL1BU (siehe oben) an. Leider konnten die tatsächlichen Beobachtungszeiten nicht mehr rekonstruiert werden. Eine vom Autor veröffentlichte Umfrage zu langverzögerten UKW-Echos, siehe (13), erbrachte leider keine auswertbaren Resultate.

5. DEUTUNGEN

Die Deutungsversuche, die die Beobachtungen der vergangenen Jahrzehnte begleiten, können an dieser Stelle nicht zusammengefaßt werden. Es sei allerdings darauf hingewiesen, daß die mutigsten Erklärungsversuche eine außerirdische Raumsonde annehmen, die die irdischen Funksignale zurücksendet, siehe z.B. (5) und (8).

Spätestens seit den fehlgeschlagenen Streuversuchen am Sonnenwind, siehe oben, besteht

endgültige Übereinstimmung darüber, daß Reflexionen an astronomischen Objekten nicht für die Radioechos verantwortlich gemacht werden können. Im erdnahen Raum befindet sich nur ein Objekt mit einem hinreichenden Rückstreuquerschnitt, um Radioechos auch für Kleinsender beobachtbar zu machen. Den Funkamateuren ist aber aufgrund der eigenen Mondechoversuche bekannt, daß die Echos relativ schwach sind und eine Verzögerungszeit von $(2,5 \pm 0,5)$ s aufweisen. Das nächstmögliche Objekt ist die Venus, die sich bis auf 0,27 AE der Erde nähern kann (1 AE entspricht der mittleren Sonne-Erde Entfernung). Für den Hin- und Rückweg errechnet sich für diese besondere astronomische Konstellation eine Zeitverzögerung von ca. 270 s.

Schließlich muß für kurze elektromagnetische Wellen die abschirmende Wirkung der Ionosphäre berücksichtigt werden. Es wird heute allgemein akzeptiert, daß es sich bei den langverzögerten Radioechos um einen Effekt handelt, dessen Ursprung in der irdischen Ionosphäre oder Magnetosphäre lokalisiert werden muß.

Die in (10) mitgeteilten Beobachtungen belegen die prinzipielle Möglichkeit mehrfacher Erdumläufe von kurzen elektromagnetischen Wellen. Bei einer siebenfachen Erdumrundung beträgt die Länge des Ausbreitungsweges ca. 0,97 Lichtsekunden entsprechend 290.000 km. Die von *Schwarzbeck* für dieses Beispiel gegebene Abschätzung deutet ferner an, daß die „Round-the world“ Echos Streckendämpfungen unterliegen können, die signifikant gegenüber der Freiraumausbreitung vermindert sind. Dennoch erscheinen die „gewöhnlichen“ Erdumläufe nicht zur Erklärung der hier betrachteten Radioechos geeignet. Zumindest gibt es keine Hinweise, daß die bei den LDEs beobachtbaren Verzögerungszeiten Vielfache von 138 ms betragen, die LDE-Meldungen erwähnen auch keine Mehrfachechos analog zu den Beobachtungen von *Schwarzbeck*. Die für die LDEs typische Verzögerungszeit von 8 s würde ferner 58 Erdumrundungen erforderlich machen, bei einer Zeitverzögerung von 40 s wären 289 Erdumläufe anzunehmen.

Die festgestellten Radioechos müssen dennoch als Erfahrungstatsache akzeptiert werden.



Nimmt man die beobachteten Verzögerungszeiten identisch zur „Lebenszeit“ des abgestrahlten Sendesignals und die Signal-Ausbreitungsgeschwindigkeit zu 300.000 km/s an, so erhält man notwendigerweise lange Ausbreitungswege unabhängig von der Geometrie der Ausbreitungsstrecke (gekrümmter Ausbreitungsweg um die Erde, geradliniger Hin- und Rückweg in den Weltraum etc.). Die daraus erwachsenen Deutungsschwierigkeiten können behoben werden, wenn man von einer dieser Annahmen oder von beiden absieht.

In einem Gas können sich Druck- oder Dichteschwankungen zu Wellen- oder Schwingungszuständen organisieren (siehe z.B. die Schallwellen in Luft). Die Ionosphäre stellt ein besonderes Gasgemisch dar, denn etwa ein Tausendstel der Gasteilchen liegen ionisiert, d.h. als positiv geladene Ionen und negativ geladene Elektronen vor. Die Bewegung der im Neutralgas eingebetteten Ladungsträger unterliegt daher zusätzlich elektrischen und magnetischen Kraftwirkungen. In dem aus Ionen und Elektronen gebildeten Partialgas können besondere Wellenphänomene auftreten („Plasmawellen“). Die physikalische Erklärung der langverzögerten Radioechos scheint mit der Berücksichtigung von ionosphärischen Plasmawellen einen wichtigen Fortschritt zu erzielen. Die materiegebundenen Plasmawellen können z.B. unter geeigneten Bedingungen mit elektromagnetischen Wellen wechselwirken.

In (4) wird im Rahmen eines qualitativen Modells ein Mechanismus vorgeschlagen, bei dem ein Teil der elektromagnetischen Energie in eine longitudinale Plasmawelle einkoppelt. „Longitudinal“ bedeutet hier eine Ausbreitung entlang einer Feldlinie des erdmagnetischen Feldes. Dabei können energiereiche Elektronen, die eine spiralförmige Bewegung um diese Feldlinie ausführen, eine derartige Plasmawelle verstärken. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Plasmawellen liegt meistens mehrere Größenordnungen unter der Lichtgeschwindigkeit. Es ergeben sich daher relativ lange Laufzeiten selbst bei vergleichsweise kurzen Ausbreitungswegen von einigen 100 km Länge. Das Funksignal wird also gewissermaßen in einer Plasmawelle zwischengespeichert, bis ein zur Anfangsbedingung analoger Vorgang zur erneuten Aus-

kopplung einer elektromagnetischen Welle führt, die dann von der Empfangsstation beobachtet werden kann.

Die Autoren weisen allerdings auf den Sachverhalt hin, daß langverzögerte Radioechos auf hohen Kurzwellenfrequenzen von diesem Modell nicht zufriedenstellend erklärt werden können, dies betrifft insbesondere die Amateurbeobachtungen auf dem 10 m-Band. Der beschriebene Mechanismus nimmt nämlich einleitend an, daß die Wechselwirkungen in der Höhe stattfinden, in der die Frequenz der Radiowelle gerade der lokalen Plasmafrequenz entspricht. Diese Frequenz ist i.a. deutlich kleiner als 28 MHz. Die Attraktivität dieses Modells liegt aber in der Identifizierung eines „natürlichen“ Verzögerungsgliedes begründet: bei einer Gruppengeschwindigkeit der Plasmawelle von 1 km/s und einer Wechselwirkungsregion von ca. 10 km Durchmesser (4), ergeben sich Verzögerungszeiten von 10 Sekunden.

Eine geschickte Ergänzung wird in (8) vorgeschlagen und zur Erklärung der 1296 MHz-Beobachtungen von OZ9CR angewendet. Zwei Radiosender auf den Frequenzen f_1 und f_2 beleuchten unbemerkt voneinander eine gemeinsame Region in der Ionosphäre. Die beiden elektromagnetischen Wellen treten in eine nichtlineare Wechselwirkung und erzeugen eine Plasmawelle auf der Differenzfrequenz $\Delta f = f_2 - f_1$, die gleichzeitig der lokalen Plasmafrequenz entsprechen soll. Bei $f_1 = 1296$ MHz und $f_2 = 1303$ MHz ergibt sich z.B. eine Frequenz von 7 MHz. Die Plasmawelle tritt nach einer gewissen Laufzeit erneut mit der elektromagnetischen Welle f_2 in Wechselwirkung und koppelt eine elektromagnetische Welle der Frequenz $f_1 = f_2 - \Delta f$ aus, die dem verblüfften Beobachter als Echo der eigenen Aussendung erscheint.

6. BEITRÄGE VON FUNKAMATEUREN

Offenbar handelt es sich bei den langverzögerten Radioechos um ein nicht vorhersagbares und vergleichsweise seltenes Phänomen. Die wissenschaftlichen Beobachtungsergebnisse deuten



an, daß sich die LDEs einer gezielten Beobachtung weitestgehend entziehen. Die Beobachtungsmöglichkeiten des Amateurfunkdienstes unterliegen in weit geringerem Umfang geographischen oder ortszeitabhängigen Beschränkungen. Insbesondere verkörpern die Kurzwellenamateure ein weltweit stets einsatzbereites Beobachtungsnetz. Die günstige „Beobachtungsstatistik“ des Amateurfunkdienstes hat die zahlreichen LDE-Beobachtungen vermutlich auf entscheidende Weise begünstigt.

Der Autor schließt sich ferner der Auffassung von *Budden* und *Yates* an, wonach die zum Horizont gerichtete Abstrahlung bessere Beobachtungserfolge erbringt als die senkrechte Abstrahlung. Zwar würde nach (4) eine Abstrahlung längs der lokalen erdmagnetischen Feldlinie vorteilhafter sein, die horizontale Abstrahlung erhöht möglicherweise aber die Beobachtungswahrscheinlichkeit, da im Vergleich zur Senkrechtlotung ein größerer Ionosphärenausschnitt von der Antenne beleuchtet werden kann. Die typische Abstrahlcharakteristik der Amateurantennen könnte sich daher als vorteilhaft erweisen.

Die bisherigen Berichte belegen, daß langverzögerte Radioechos vor allem im nicht automatisierten Funkverkehr Aufmerksamkeit erlangen, was mit der besonderen Fähigkeit des menschlichen Gehörs bei der Klangmustererkennung in Verbindung steht. Auch dieser Sachverhalt entspricht in hohem Maße den typischen Bedingungen des Amateurfunkverkehrs.

Die experimentellen Voraussetzungen des Amateurfunkdienstes erscheinen daher für LDE-Beobachtungen besonders geeignet. In gleichem Maße kommen auch die im Kurzwellenbereich tätigen Berufsfunker (z.B. des Schiffsfunks, hier vor allem die Tastfunker) als kompetente Beobachter in Frage, entsprechende Beobachtungsberichte liegen jedoch nicht vor. Es muß daher vermutet werden, daß etwaige Beobachtungen als Täuschungsversuche gedeutet werden und daher keine allgemeine Beachtung finden. Vermutlich bleiben auch zahlreiche Amateurbeobachtungen aus gleichem Grund unberücksichtigt.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die sichere Identifizierung eines „natürlichen“ LDEs auch bei großer Sorgfalt des Beobachters eine schwierige Aufgabe darstellt. Neben ungewollten technischen Effekten können vor allem Täuschungsversuche in keinem Fall ausgeschlossen werden und es ist zu befürchten, daß weniger ernsthafte Funkamateure zur bewußten Verfälschung in dem Maße beitragen, wie das LDE-Phänomen größere Bekanntheit erfährt. Es sei hier an die beständige Selbst-Sabotage erinnert, die sich der Amateurfunk bei der Untersuchung der UKW-Radiowellenausbreitung zufügt (z.B. durch Störungen des 2 m-Bakenbandes). Es kann ferner nicht ausgeschlossen werden, daß die Aufdeckung tatsächlicher Täuschungsversuche auch die Glaubwürdigkeit zurückliegender Amateurbeobachtungen in Frage stellt. In diesem Falle könnten sich wissenschaftliche Institutionen gezwungen sehen, Amateurberichte aus prinzipiellen Gründen zukünftig unberücksichtigt zu lassen. Der scheinbar harmlose Spaß mit einem fingierten LDE kann dem Ansehen des Amateurfunks daher schweren Schaden zufügen.

Vor allem sollte der Beobachter die von ihm ergriffenen Maßnahmen beschreiben, mit denen er einen Täuschungsversuch auszuschließen versuchte. Kurze Aussendungen auf wechselnden Frequenzen sind ein relativ einfaches Verfahren, um potentielle Störer abzuschütteln. Leider ist dies Verfahren nur beim Wiederempfang der eigenen Aussendungen praktisch anwendbar. Beim Empfang langverzögerter Radioechos von anderen Sendern sollte untersucht werden, ob eventuell weitere Sender auf anderen Frequenzen ebenfalls LDE-Erscheinungen aufweisen.

Die Berichterstattung über eine zufällige oder gezielte LDE-Beobachtung sollte ferner folgende Angaben enthalten:

- Datum, Anfangs- und Endzeit der Beobachtung,
- Standort der Beobachtungsstation,
- Beobachtungsfrequenz,
- Echocharakteristik (Wiederempfang der eigenen Aussendung oder Beobachtung



eines anderen Senders, Echodauer, Zeitverzögerung, Feldstärke),

- Sendeleistung und Abstrahlcharakteristik, Antennenrichtung

Der Autor bittet um Zusendung entsprechender Beobachtungsberichte (Anschrift: Hausfeld 68, 5600 Wuppertal 23). Auswertbare Informationen werden an das Max-Planck-Institut für Aeronomie, Lindau/Harz, weitergeleitet.

Danksagung: Der Autor dankt *Dr. K. Schlegel*, Max-Planck-Institut für Aeronomie, für die nützlichen Hinweise und Anregungen.

7. LITERATUR

- (1) Short wave echoes and the Aurora Borealis
Van der Pol, Balth.
Nature, 122, 878 - 879, 1929
- (2) A search for radio echoes of long delay
Budden, K.G., Yates, G.G.
Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 2, 272 - 281, 1952
- (3) Long-delayed echoes – radio's "flying saucer" effect
Villard, O.G. et al.
QST, 53, 38 - 41, 1969
- (4) Possible observations and mechanism of very long delayed radio echoes
Crawford, F.W., Sears, D.M., Bruce, R.L.
Journal of Geophysical Research, Vol. 75, 34, 7326 - 7332, 1970
- (5) Meine Welt in Bildern
v. Däniken, E.
Econ Verlag, 212 - 215, 1973
- (6) An automated search for radio echoes of long delay at 7, 9 and 20 MHz
Duffett-Smith, P.J.
Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 37, 455 - 460, 1975
- (7) Ghost echoes on the Earth-Moon path
Rasmussen, H.L.
Nature, Vol. 257, 36, 1975
- (8) Generation of long-delay echoes
Muldrew, D.B.
Journal of Geophysical Research, 84, A9, 5199 - 5215, 1979
- (9) Some observations of long-delay wireless echoes on the 28-MHz-amateur band
Goodacre, A.K.
Journal of Geophysical Research, 85, A5, 2329 - 2334, 1980
- (10) 28-MHz-Echos
Schwarzbeck, G.
cq-DL 2, 64 - 65, 1982
- (11) Long-delayed echoes
Dubus-Magazin, 1/1982, 85
- (12) Long-delayed radio echoes: mechanisms and observations
Vidmar, R.J., Crawford, F.W.
Journal of Geophysical Research, Vol. 90, A2, 1523 - 1530, 1985
- (13) Long delayed echoes on EME-circuits
Grassmann, V.
Dubus-Magazin 3/1987, 244
- (14) Persönliche Mitteilung
Grobauer, H., 1987