Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 82 (1991)

Heft: 7

Artikel: Blitzortung und Blitzparameterbestimmung : ein Forschungsprojekt der PTT

Autor: Montandon, Eric

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902950

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Blitzortung und Blitzparameterbestimmung – ein Forschungsprojekt der PTT

Eric Montandon

Es wird ein PTT-Forschungsprojekt beschrieben, das zum Ziel hat, den Einsatz modernster Messapparaturen zur Erfassung von Blitzen und ihren Fernfeldwirkungen zu testen und deren Nutzen für Blitzforschung und Blitzschutz zu optimieren.

Le présent rapport décrit un projet de recherches des PTT qui a pour but, d'une part, de tester le comportement des équipements les plus modernes de détection des coups de foudre et leurs effets de champs lointains, et d'autre part, d'optimaliser de tels équipements quant à leur efficacité pour l'étude de la foudre et la protection contre cette dernière.

Adresse des Autors
Eric Montandon, Adj. GD PTT, Forschung und Entwicklung, 3000 Bern 29

Vorgeschichte, oder die Herausforderung

Mit der heutigen Computer- und Kommunikationstechnik ist es möglich, eine Unmenge von Daten innert kürzester Zeit zu übertragen, zu speichern und technisch zu verarbeiten. Gerade die PTT bieten auch auf diesem Gebiet ihre Dienstleistungen an. Ob der beeindruckenden Quantität der Daten wird oft die Frage nach deren Qualität verdrängt. In der Forschungsabteilung der PTT ist man bemüht, auch die Qualität der Information und der Produkte zu überprüfen und wenn möglich und nötig zu verbessern.

Auch die Gewitter- und Blitzforschung kann sich die neuen technischen Mittel zunutze machen. Durch breite Werbung wurden die Dienstleistungen eines Blitzortungssystems bekannt, dessen Auswertezentrale in Frankreich liegt. Anfragen an die Forschungsabteilung der PTT über Zuverlässigkeit und Genauigkeit solcher Dienstleistungen konnten von uns nicht beantwortet werden.

Angesichts der Möglichkeit, dass in kurzer Zeit weltweit Blitzdaten gesammelt und veröffentlicht werden können, die in internationalen Normenwerken über Wahrscheinlichkeit, Häufigkeit und Intensität von Blitzeinschlägen einfliessen und die nötigen Blitzschutzmassnahmen beeinflussen werden, hat die Forschungsabteilung der PTT ein Forschungsprojekt zur Blitzortung und Blitzparameterbestimmung gestartet.

Zielsetzungen des Forschungsprojektes

Dem Forschungsprojekt der PTT liegen die folgenden Zielsetzungen zugrunde:

- Überprüfung der Ortungsgenauigkeit von Blitzortungssystemen
- Studium des vom Blitzstrom verursachten elektromagnetischen Impulses (LEMP)
- Rückschlüsse auf die Blitzparameter
- Verbesserung der Messeinrichtungen
- Sammlung und Veröffentlichung zuverlässiger Blitzdaten für die Statistik.

Das Prinzip der Ortung

Als Hilfe zum Verständnis des Prinzips stelle man sich 3 Personen vor, die sich mit je einer Stoppuhr in der Hand an den Ecken eines beliebigen Dreiecks aufstellen. Eine vierte Person klatsche an irgend einem vierten Standort in die Hände. Jeder der drei «Zeitstopper» stoppt die Uhr, sobald er den Schall hört. Nun werden die drei Stoppuhrzeiten miteinander verglichen. Zeigen beispielsweise alle Uhren exakt dieselbe Zeit, dann heisst das, dass die vierte Person von jedem Zeitstopper genau gleich weit entfernt in die Hände geklatscht hat. In diesem Spezialfall wären die Zeitdifferenzen zwischen den Stoppuhren gleich Null. Die vierte Person muss dann im Zentrum des Umkreises des von den drei Zeitstoppern gebildeten Dreiecks stehen. Für jeden andern Standort der vierten Person gibt es eine bestimmte Konfiguration von *Zeitunterschieden* der Stoppuhren, womit der Standort der vierten Person ermittelt werden kann.

Man erkennt, dass die 3 Stoppuhren *gleichzeitig* miteinander haben gestartet werden müssen, das heisst miteinander synchron laufen müssen.

Bei der Blitzortung wird nun aber nicht das Eintreffen der Schallwelle,

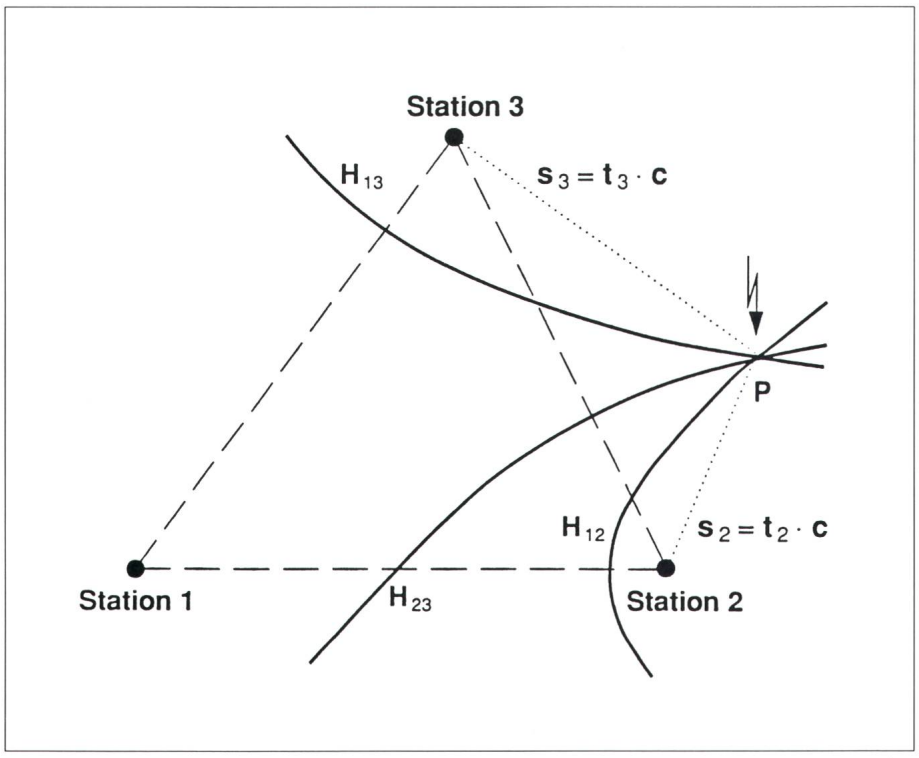


Bild 1 Blitzortung mit Hilfe der Laufzeitdifferenz-Messung
P Einschlagsort
H_{13} Hyperbel durch P mit den Stationen *1* und *3* als Brennpunkte: $(t_1 - t_3)c$ = konstant
H_{12} Hyperbel durch P mit den Stationen *1* und *2* als Brennpunkte: $(t_1 - t_2)c$ = konstant
H_{23} Hyperbel durch P mit den Stationen *2* und *3* als Brennpunkte: $(t_3 - t_2)c$ = konstant
Jede dieser Hyperbeln H_{ij} ist der geometrische Ort aller Einschlagsorte, für die die Zeitdifferenz Δt_{ij} und Abstandsdifferenz Δs_{ij} zu den Stationen i und j konstant ist:
$\Delta s_{ij} = (t_i - t_j)c = \Delta t_{ij} \cdot c$ = konstant

Bild 2 Messeinrichtung für die Blitzortung
Messeinrichtungen bei der Forschungsabteilung der GD PTT in Bern. Links: Eintragung der Einschlagsorte in der Landkarte. Mitte: laufende Speicherung der Detail-Informationen über die georteten Blitze. Rechts: digitale Speicherung der Kurvenform des E-Feld-Verlaufs an den 6 Messantennen

sondern das Eintreffen der elektromagnetischen Welle, die sich mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet und dabei pro Mikrosekunde 300 m zurücklegt, gemessen. Daraus wird ersichtlich, dass die Zeitauflösung der «Stoppuhr» – ein 10-MHz-Oszillator – hoch sein muss, nämlich 100 ns ≙ 30 m. Ebenso präzise muss die Synchronisation dieser Oszillatoren nach Zeit und Phase sein.

Der geometrische Ort aller Punkte für die die Differenz des Abstandes Δs ($\Delta s = \Delta t \cdot c$) zu zwei Empfängerstandorten konstant bleibt, ist eine Hyperbel. Die Empfänger stehen in den Brennpunkten dieser Hyperbel. Zu jeder Zeitdifferenz gehört *eine* bestimmte Hyperbel. Mit drei Stationen lassen sich drei Hyperbeln berechnen, deren Schnittpunkt der Einschlagsort ist (siehe Bild 1). Um Doppellösungen auszuschliessen, wird ein 4. Empfänger mitverwendet [1].

Die Messeinrichtungen bei der PTT

Um ein Blitzortungssystem auf dessen Ortungsgenauigkeit testen zu können, bedarf es zumindest eines Standortes, wo direkte Blitzeinschläge registriert werden. Ein solcher steht zur Verfügung in der PTT-Mehrzweckanlage auf St.Chrischona bei Basel. Dort können Direkteinschläge in den 250 m hohen Turm gemessen und der Blitzstromverlauf aufgezeichnet werden. Diese Messeinrichtungen wurden seit Inbetriebnahme der Neuanlage kontinuierlich verbessert. Sie dienten ursprünglich zur Überprüfung der von der PTT entwickelten Blitzsimulationsmethode zur Messung der Qualität der getroffenen Blitzschutzmassnahmen.

Ende 1989 wurde vorerst für einen einjährigen Versuch – in Zusammenarbeit mit Atmospheric Research System Incorporation (ARSI) – das von dieser Firma entwickelte Blitzortungssystem LPATS (Lightning Position and Tracking System) bei der PTT mit 6 über die Schweiz verteilten Empfangsstationen installiert. Im Mai 1990 wurde dieses System auf Wunsch der PTT für die Registrierung des elektrischen Feldverlaufs der Blitzsignale an allen sechs Empfängerstandorten ergänzt. Seit Anfang Juni 90 steht das System praktisch ununterbrochen in Betrieb (Station Bern, siehe Bild 2).

Bild 3 zeigt das Prinzip des Messaufbaus für die Blitzortung und Parameter-Erfassung. Die 6 Messempfän-

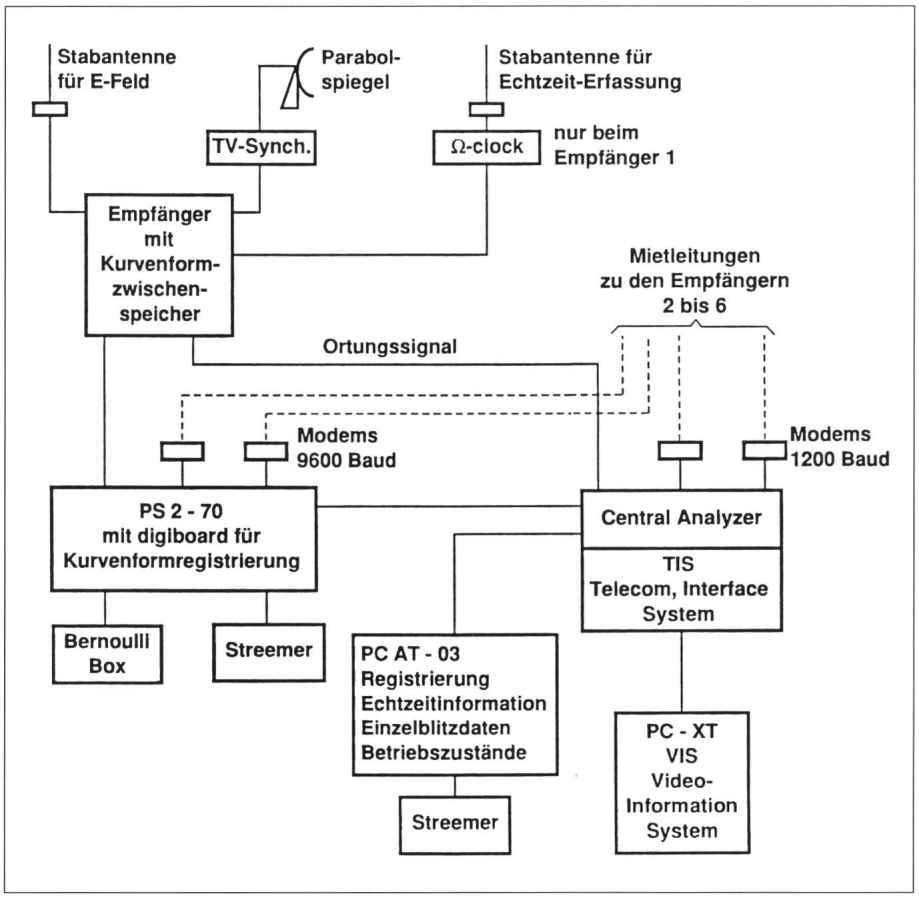


Bild 3 Prinzip des Messaufbaus für Blitzortung und Blitzparameter-Bestimmung
Bern ist der Standort für alle hier dargestellten Geräte

ger, welche mit Hilfe eines TV-Bild-Kanals exakt phasengleich synchronisiert werden, stehen in PTT-eigenen Gebäuden in Bern (Empfänger *1*, siehe Bild 3), Basel, St.Gallen, St.Moritz, Brig und Rolle (Bild 4). Zur Synchronisation dient ein 24-Stunden-Fernsehprogramm, ausgestrahlt vom TV-Satelliten Kopernikus.

Zur Echtzeiterfassung dient ein Omega-Clock-Empfänger. Die Echtzeit-Erfassungs-Genauigkeit beträgt ± 5 ms. Das Echtzeitsignal wird nur bei einem Empfängerstandort benötigt. Die kapazitiv gekoppelte Stabantenne dient zum Empfang des E-Feldes mit einer Empfängerbandbreite von 1,5...300 kHz. Erfasst wird die Zeit beim Erreichen des Amplitudenwertes des E-Feld-Signals und zwar mit einer Zeitauflösung von 100 ns.

Für die Kurvenform-Digitalisierung wird eine Abtastrate von 200 ns pro Sample verwendet. Jede Kurve wird während ungefähr 100 μs aufgezeichnet. Die vertikale Dynamik beträgt ± 10 V. Mit 7 Bit für die Amplitude und 1 Bit für die Polarität ergibt sich eine Auflösung von rund 80 mV.

Zur Datenübertragung dient ein ausgeklügeltes System, das auf einem «Zeiterhaltungs-Zähler» beruht, der bei jedem Empfänger jedes empfangene Signal über Stunden mit einer Auflösung von 100 ns adressiert aufbewahren kann. Der Central-Analyser (CA) kann somit die Signale der Empfänger vergleichen, sobald die Übertragungsleitung den Transfer der Datenblöcke erlaubt. Das Ortungssignal wird im Handshake-Verfahren über eine analoge 1200-Baud-Duplex-Mietleitung an die Zentrale übertragen. Für die Kurvenform-Übertragung wird eine analoge 9600-Baud-Duplexleitung benützt.

Der Central-Analyser berechnet die Laufzeitdifferenzen der LEMP-Signale zwischen Einschlagsort und den einzelnen Empfängern und bestimmt daraus den Einschlagsort, wobei der Rechner Lösungen mit nicht-schleifenden Schnittpunkten bevorzugt.

Im PC AT-03 werden u.a. folgende Informationen on line gespeichert:

- Wolke-Wolke- oder Wolke-Erde-Blitz
- geographische Koordination des Einschlagsortes (Auflösung 0,4 ″)
- Blitzpolarität
- Echtzeit mit einer Auflösung von 1 ms und einer Genauigkeit von ± 5 ms
- Datum
- verwendete Empfänger für die Ortung
- Zeitinformationen des Zeiterhaltungs-Zählers eines jeden Empfängers (damit können Ortungsfehler beurteilt werden)
- Blitzstromamplitude (Genauigkeit noch nicht gesichert)
- Betriebszustandsangaben wie zum Beispiel Synchronisationsverlust eines Empfängers, gestörte Übertragungsleitung oder Angaben über Störungen am Empfänger usw.

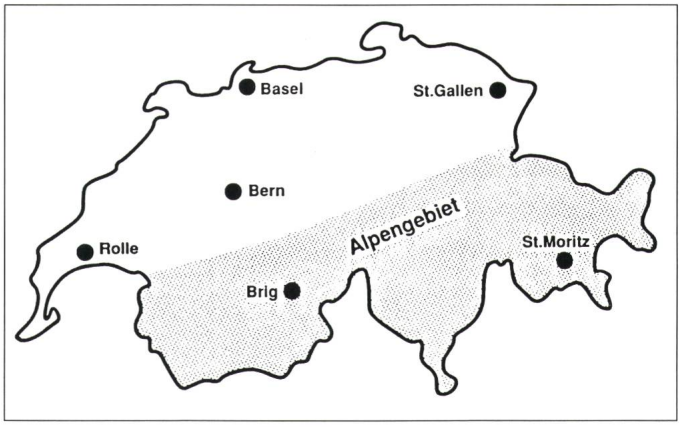
Die auf der Harddisk archivierten Daten werden bedarfsweise auf Band gespeichert.

Im PC-XT werden folgende Daten mit Hilfe des VIS-Programms gespeichert:

- Blitzkoordinaten
- Echtzeit (Auflösung 1 min)

Auf dem Monitor können alle Blitzeinschläge auf der Landkarte mit Da-

Bild 4 Verteilung der Messempfänger im Gebiet der Schweiz
Die 6 Messempfänger für das Blitzsignal stehen in PTT-eigenen Gebäuden in Bern, Basel, St. Gallen, St. Moritz, Brig und Rolle



tum und Zeitangabe ihres Auftretens dargestellt werden (Bild 5).

Das Programm liefert eine Fülle von Zusatzinformationen wie zum Beispiel Distanzmessung zwischen einzelnen Einschlagsorten und andern Koordinaten-Punkten auf der Karte mit einer Auflösung von 100 m, oder die Darstellung eines Gewitterverlaufs im wahlweise gerafften Zeitmassstab. All diese Analysemöglichkeiten, aber auch die Speicherung der Daten auf Disketten sind möglich, ohne den Zustrom aktueller Ereignisse unterbrechen zu müssen.

Im PS 2-70 mit einer 120-Mbyte-Harddisk werden die digitalisierten Kurvenformen binär gespeichert. Das Digiboard ist die serielle Schnittstelle zwischen Computer und den sechs Signalleitungen. Es kann 121 Kurvenformen zwischenspeichern. Von den zeitmarkierten Kurvenformen beliebigen Ursprungs werden dem Zwischenspeicher auf Befehl des Central Analysers jene entnommen, die zeitlich exakt zu einem georteten Blitzereignis passen. Um die anfallende Kurvenformflut einzudämmen, wurde nachträglich eine wählbare Amplituden-Triggerschwelle bei den Empfängerstandorten eingebaut. Jeder Empfänger kann bis zu 46 Kurvenformen zwischenspeichern.

Das gesamte System kann pro Stunde etwa 10 000 Blitze verarbeiten. Die Mindestzeitdauer zwischen zwei Ortungen beträgt 20 ms, das heisst Folgeblitze, die dem vorangegangenen Blitz zeitlich mit weniger als 20 ms folgen, können nicht lokalisiert werden.

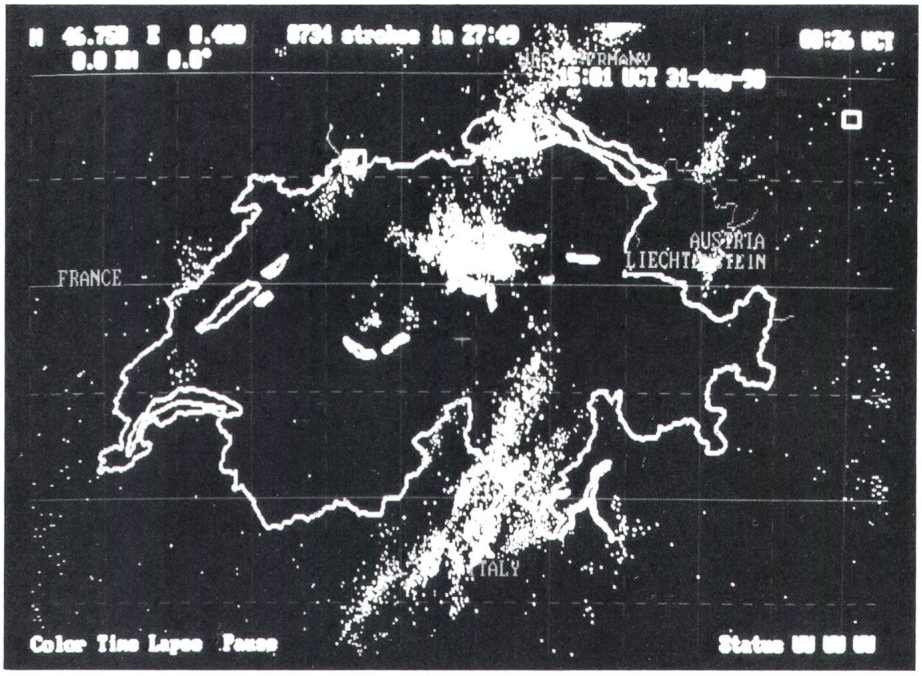


Bild 5 Gewitterzug über der Schweiz
Innerhalb von 27 Std. und 49 Min. vom 30. bis 31. August 1990 wurden insgesamt 8734 Blitze registriert. Jeder Punkt auf der Karte stellt einen georteten Blitz dar. Deutlich zu erkennen sind die Gewitterherde in Norditalien und im Tessin, im Gebiet von Zug und in Schaffhausen. Im Zentrum der kleinen Quadrate sind Blitzstrom-Messstationen, nämlich St. Chrischona bei Basel der PTT und Hohen Peissenberg bei München der technischen Universität München. Diese Stationen dienen unter anderem dazu, die Angaben der Blitzortungssysteme zu überprüfen und die Fernfeldwirkungen von Blitzen zu studieren

Ortungsgenauigkeit und Blitzstromverlauf

Kontrollstationen für die Ortungsgenauigkeit und zum Vergleich des Blitzstromverlaufs mit dem LEMP im Fernbereich

Zurzeit können Blitzeinschläge und deren Stromverlauf nur in den Stationen St.Chrischona bei Basel und Hohen Peissenberg bei München aufgezeichnet werden. Die Messeinrichtungen auf dem Hohen Peissenberg gehören der Technischen Universität München und werden von den Herren Prof. Steinbigler und Dr. Beierl betreut.

In beiden Stationen können Folgeblitze mit ihrem zeitlichen Abstand aufgezeichnet werden. Zwischen der TU München und der Forschungsabteilung der PTT besteht ein reger Erfahrungsaustausch. Die Einschlagshäufigkeit in diese Türme ist für unsere Bedürfnisse zu bescheiden. Auf dem Hohen Peissenberg sind es jährlich durchschnittlich 4...6 und auf St.Chrischona lediglich 2 oder 3. Es wurde aber bereits auch mit Hilfe des LPATS festgestellt, dass während eines Gewitters zahlreiche Blitze in der näheren Umgebung der Türme einschlagen. Um denjenigen Blitz im Ortungssystem zu identifizieren, der in den betreffenden Turm eingeschlagen hat, bedarf es ebenfalls einer präzisen *Echtzeit*-Messung für die Direktstrom-Aufzeichnung der Turm-Messeinrichtungen. Beide Anlagen sollten im laufenden Jahr entsprechend ergänzt werden. Bei Echtzeitabweichungen von wenigen Sekunden können Diskussionen über den «verantwortlichen» Blitz entstehen.

Aufgrund der Folgeblitz-Sequenz und der exakten relativen Zeitmessung zwischen den Folgeblitzen sowohl mit LPATS als auch an der lokalen Blitzstrom-Messstation ist eine Zuordnung schon gelungen. Leider war zu jenem Zeitpunkt die Kurvenform-Registrierung des LEMPs noch nicht betriebsbereit.

Weitere Direkteinschlag-Messstationen

Zur Erhöhung der Vergleichswerte werden im Laufe dieses Jahres in der Schweiz vier weitere PTT-Objekte, die erfahrungsgemäss relativ häufig von Blitzen getroffen werden, mit einer Blitzstrom-Aufzeichnungseinrichtung ausgerüstet. Aus Kostengründen wird man sich aber auf die Aufzeichnung des 1. Teilblitzes beschränken müssen. Mögliche Folgeblitze können nicht erfasst werden. Auch die Präzision der Echtzeitmessung ist ein Kompromiss zwischen Aufwand und Ertrag.

Bisherige Erfahrungen

Betriebserfahrungen mit dem LPATS-System

Ausschlaggebend für eine präzise Ortung ist die zuverlässige Synchroni-

sation aller Empfänger. Es hat sich gleich am Anfang gezeigt, dass sich Satellitenempfänger, die keine Langzeitstabilität für den gewählten TV-Kanal besitzen, oder die für eine eindeutige Kanalwahl zu wenig selektiv sind, für die Synchronisation nicht eignen.

Das LPATS-System verfügt über keine Betriebszustandsanzeige, wenn einer der Empfänger auf einen andern TV-Kanal synchronisiert ist. Einzig durch genaue Beobachtung der von jedem Empfänger gesendeten Zeitinformation in Hexadezimal-Form kann ein falsch synchronisierter Empfänger eruiert werden. Es empfiehlt sich deshalb, das TV-Signal mit einem TV-Monitor an jedem Empfängerstandort zu überwachen. Sobald ein falsches Programm erscheint, muss dies sofort gemeldet werden. Es versteht sich von selbst, dass mit den TV-Empfängern für die Synchronisation nicht «gespielt» werden darf.

Gute Synchronisation vorausgesetzt, funktioniert das System einwandfrei, und zwar im Dauerbetrieb. Einige zum Teil schwer zu eruierende Hardwareausfälle waren auf Frühausfälle elektronischer Bauteile zurückzuführen. Dem Systembetreiber stehen Diagnostik-Programme zur Verfügung, um Fehler lokalisieren zu können. Es wäre aber unklug zu glauben, dass ein so komplexes System ohne kritische Beobachtung auf Dauer einwandfreie Daten liefert. Eine seriöse Systembetreuung ist unumgänglich und zeitaufwendig, aber kaum systembedingt.

Die Verwendung von 6 Empfängern anstelle der minimal benötigten vier ist kein Luxus, wenn man möglichst wenig Blitze verfehlen will, denn kurzzeitige Synchronisationsverluste bedingt durch lokale Empfangsbeeinträchtigungen bei Regen oder Schnee, aber auch kurzzeitige Netz- oder Datenleitungsausfälle, sind nicht zu vermeiden.

Viele Software-Änderungen standen im direkten Zusammenhang mit der weltweit erstmals eingesetzten Kurvenform-Aufzeichnung und Übertragung von *allen sechs* Empfängerstandorten. Die Unterstützung der Lieferfirma für dieses Forschungsprojekt darf an dieser Stelle sehr gelobt werden. Die Analyse von Kurvenformen hat auch entscheidend dazu beigetragen, Gründe für Abweichungen der erwarteten Ortungsgenauigkeit zu finden und Verbesserungen auszuführen.

Alpeneffekt

Vermutlich in erster Linie durch die stark unterschiedliche Bodenleitfähigkeit zwischen Mittelland und Alpen werden die höheren Frequenzkomponenten bis zur Ankunft in St.Moritz und insbesondere in Brig stärker gedämpft als im Mittelland. Dadurch entsteht eine zusätzliche distanzunabhängige Zeitverzögerung bei den Empfänger-Standorten in den Alpen. Ziel ist es nun, durch eine geeignete Korrektur dieses Effekts die Ortungsgenauigkeit für das Gebiet der Schweiz auf ≤ 500 m zu verbessern (Bild 6).

Aktuelle Messresultate: Direkteinschlag Hohen Peissenberg vom 10. Februar 1991

Am 10. Februar 1991, zwischen 18.15 und 18.30 (Ortszeit), registrierte das LPATS ein Gewitter über der Blitzmessstation Hohen Peissenberg. Zwei negative Blitze (ein Mehrfach- und ein Einzelblitz) trafen die Anlage und wurden in der Messstation aufgezeichnet (*di/dt* in Funktion der Zeit). Von diesen beiden Blitzen sind an den Empfangsorten in der Schweiz insgesamt 26 Kurvenformen des abgestrahlten LEMP aufgezeichnet worden (Beispiel: siehe Bild 7). Damit ist es weltweit erstmals gelungen, sowohl den *Stromverlauf* eines *natürlichen* Blitzes, als auch dessen elektromagnetischen Puls (LEMP) im Fernbereich an *verschiedenen* Orten gleichzeitig zu messen. Für das Studium der Parameter natürlicher Blitze, die irgendwo einschlagen und deren Parameter deshalb unbekannt sind, haben diese Ergebnisse als Kalibrationsgrundlage entscheidende Bedeutung [3].

Andere Ortungssysteme

Nebst dem hier grob beschriebenen LPATS gibt es das «Magnetic-direction-finding»-System, das mit zwei gekreuzten Rahmenantennen die Richtung der einfallenden Magnetfelder bestimmt. Mit mindestens zwei solcher Rahmenantennen lässt sich dann der Einschlagspunkt ermitteln. Vergleiche mit diesem System wären in der Schweiz im heutigen Zeitpunkt aber unfair, da in der Schweiz noch nicht genügend Rahmenantennen installiert sind, um einen echten Vergleich über die Ortungsgenauigkeit anzustellen. Zudem beträgt die zeitliche Auflösung dieses Systems vorerst 500 ms, womit der Zeitabstand mögli-

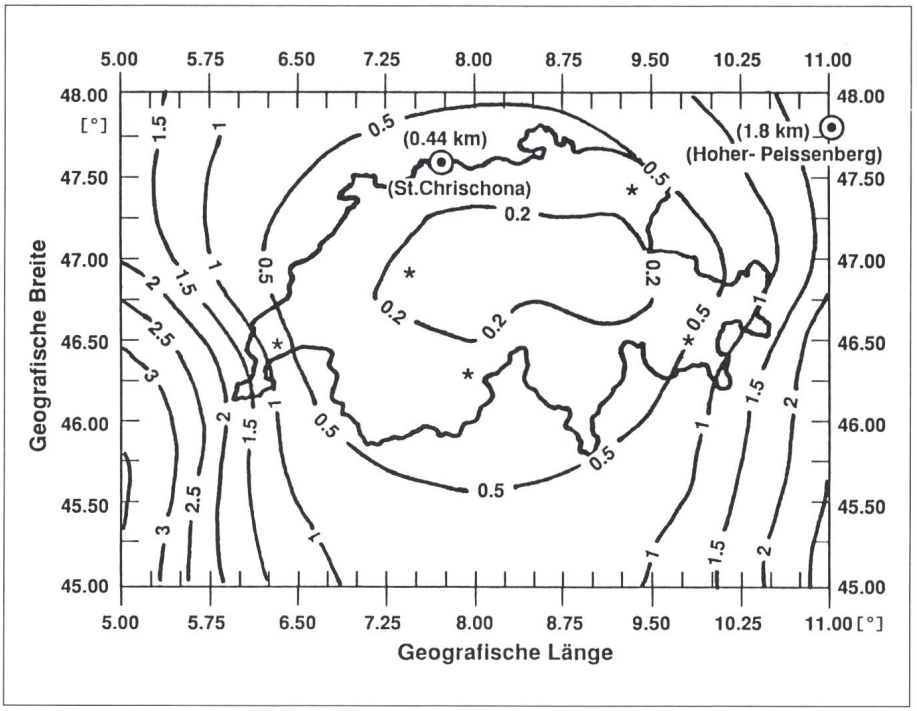


Bild 6 Theoretische Ortungsgenauigkeit laut «ARSI»
Umrisslinien: Orte gleicher Ortungsgenauigkeit. Zahlenangaben: Ortungsgenauigkeit in km. Ein Ziel ist, die angegebene theoretische Genauigkeit auch in der Praxis zu erreichen

cher Folgeblitze nicht gemessen werden kann.

Ein weiteres LPATS ist in den Niederlanden in Betrieb [2]. Im letzten Jahr haben auch die Badenwerke ein LPATS in Betrieb gesetzt. Mittlerweile soll dieses System vom Hersteller, in Zusammenarbeit mit den Bayernwerken, erweitert und auf ein grösseres Gebiet ausgedehnt werden.

Anwendungsmöglichkeiten

Nebst den bereits erwähnten Forschungszielen können Ortungssysteme verwendet werden:

- zur Erfassung von Blitzdichten für bestimmte Gebiete
- zur Sammlung von Bedrohungswerten durch Blitzschläge (hierfür sind aber gerade die Überprüfung der von Ortungssystemen gemachten Angaben über Stromstärken usw. nötig.)
- für die Analyse blitzbedingter Betriebsausfälle; dazu ist die Kenntnis der Zeitabstände von Folgeblitzen sehr nützlich, insbesondere wenn diese in die Aus- und Wiedereinschaltzyklen von Energieversorgungsanlagen fallen
- zur Beurteilung von Schadenmeldungen wie Brände, Kurzschlüsse und andere Zerstörungen (Versicherungsfälle)
- zur Vorwarnung zum Beispiel im Flugverkehr
- zum rascheren Auffinden blitzbedingter Schwachstellen, zum Beispiel angeschlagene Isolatoren, Schalt- oder Schutzelemente
- zur Beurteilung der Blitzschutzmassnahmen insbesondere bei unbedienten Anlagen. Vergleich von Einschlaghäufigkeit und Intensität gegenüber der Schadenhäufigkeit.

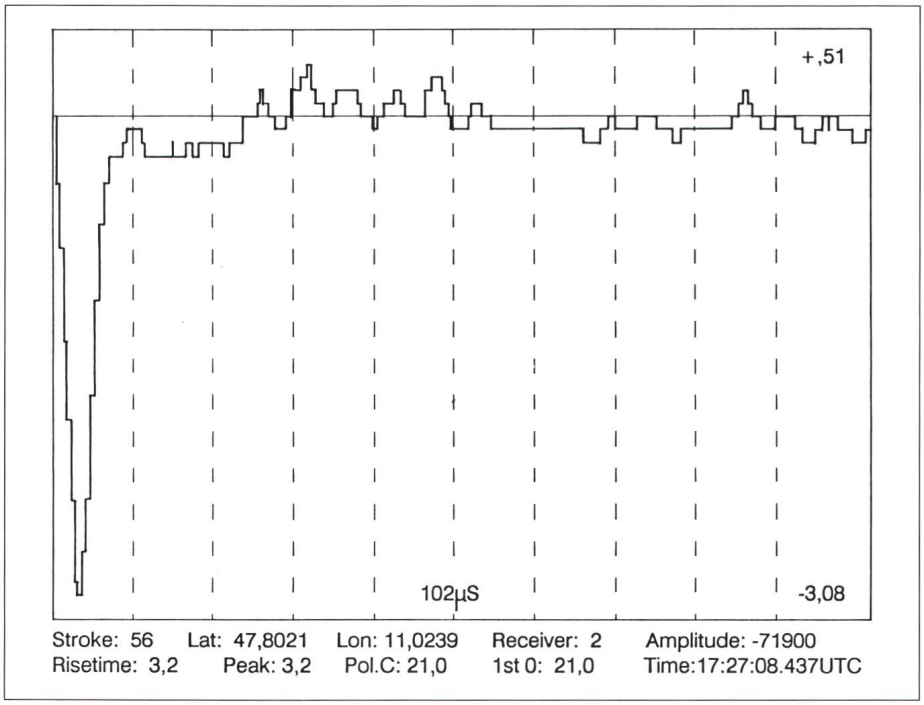


Bild 7 E-Feld-Verlauf eines Blitzes mit präzise geortetem Einschlag
Die Kurve zeigt den E-Feld-Verlauf an der LPATS-Empfangsantenne in Basel, verursacht durch den präzise georteten Blitzeinschlag (negativer Einzelblitz) in die Blitzmessstation Hohen Peissenberg der Technischen Universität München am 10. Februar 1991 um 18.27.08, 437 Uhr (lokale Echtzeit, LPATS).

Stroke Nummer des Einschlags
Lat geographische Breite des Einschlagsortes in Grad, bestimmt durch LPATS
Lon geographische Länge des Einschlagsortes in Grad, bestimmt durch LPATS
Receiver Nummer der Empfangsstationen (Nr. 2: Basel)
Amplitude Blitzstrom-Scheitelwert (LPATS-Angabe)
Risetime Anstiegszeit in µs
Peak Zeitpunkt des maximalen E-Feldes in µs
Pol. C Zeitpunkt des ersten Polaritätswechsels in µs
Time Einschlagzeitpunkt in Weltzeit
horizontale Skala: Zeit in 10 µs/Einheit (Rahmenbreite: 102 µs)
vertikale Skala: Messsignal in V (oberer Rand: + 0,51 V; unterer Rand: − 3,08 V)

Der Fehler der Ortsbestimmung durch das LPATS betrug in diesem Falle ungefähr 100 m

Literatur

[1] Lightning position and tracking system (LPATS). Technical fundamentals. STF-010-A. Palm Bay/Florida/USA, Atmospheric Research Systems, Inc., 1988.
[2] *M.J.G. Janssen:* The LPATS III system in the Netherlands. Critical evaluation of the results. 20th International Conference on Lightning Protection (20th ICLP), Interlaken, September 24...28, 1990; paper 6.7-1...6.7-7.
[3] *E. Montandon* a.o.: Lightning position and tracking system, Swiss PTT-Network, accuracy and waveforms from two lightnings struck to H. Peissenberg on the 10th February 1991. Swiss PTT R & D-Division, Report VD 26.002 from 26th February 1991, Bern 29, 1991.

Dank: Der Autor möchte an dieser Stelle insbesondere allen Beteiligten in jenen Fernmeldedirektionen danken, wo die sechs Empfänger aufgestellt sind und betrieben werden. Dank gebührt aber auch sowohl den Herren der Gruppen für Satellitenrundfunk und Fernsehumsetzer für ihre unbürokratische Unterstützung des Forschungsprojektes, als auch den Betreuern der Messeinrichtungen auf St.Chrischona.