

1. Erweiterung der Blitzstrom-Messeinrichtung zum Zweck der genaueren zeitlichen Auflösung der Blitzstrom-Front. Die Einrichtung wurde dahin ausgebaut, dass mit Hilfe eines genauen Abschlusswiderstandes für die Messkabel beider Messtürme 1 und 2 die Zeitauflösung der Oszillogramme auf ca. 20 mm/ μ s erhöht werden konnten. Das ist das 10-fache der Zeitauflösung der bisher benutzten Einrichtung mit dem KO von Dr. Klein. Während im Sommer 1972 für die Messung an Turm 1 ein Tektronix-KO 507 des Hochspannungslabors der ETHZ benutzt wurde, wurde für die Messung an beiden Türmen 1973 ein 2-Strahl-KO der Firma Emil Haefely benützt. Die Registrierung auf einen umlaufenden Photofilm blieb gleich wie 1972.
2. Für die Messung des Feldzusammenbruches beim Blitzeinschlag wurde die im Zwischenbericht 1972 erwähnte Einrichtung benutzt. Die Feldänderungen werden dabei ähnlich wie beim Magnetbandspeicher von Dr. Klein auf einem umlaufenden Speicherband aufgezeichnet und von diesem mit Hilfe einer besonderen Steuerung im richtigen Moment des Einschlages abgenommen und einem KO zugeführt. Diese Einrichtung ist ganz unabhängig von der Feldaufzeichnung mittels des Speichergerätes von Dr. Klein aufgebaut worden.
3. Für die zeitliche Erfassung des Lichtimpulses beim Blitzeinschlag wurden 8 auf einer Kugel angeordnete Photozellen der Type TIL 67 (Texas) verwendet. Die Empfindlichkeit der Auslösung eines Signals durch den Lichtimpuls musste so einreguliert werden, dass soweit möglich jeder Blitz zu einem messbaren Impuls führt, aber andererseits Fehlimpulse z.B. durch plötzliche Sonneneinstrahlung verhindert werden. Die Impulse werden sowohl dem Feldmessgerät von Dr. Klein mit der Zeitauflösung 1 mm/ms als auch dem Watanabe-Schreiber mit 1 mm/sec zugeleitet, sodass ihr zeitliches Eintreffen mit dem Beginn der Feldschwächung des Blitzes verglichen werden kann.

4. Zur Messung der Schönwetter-Feldstärke wurden die 3 Feldmühlen in Agra, Gemmo und Pugerna mit Zusatzverstärkern ausgerüstet, welche deren Empfindlichkeit gegenüber den Gewittermessungen auf rund das 20-fache erhöhen. Die gesamte Feldmessung mit ihrer Uebertragung zum San Salvatore wurde mit Hilfe von geladenen Metallplatten vor den Feldmühlen geeicht. Als Registriergerät wurde der Watanabe-Schreiber vorgesehen.
5. Der gesamte Feldverlauf während Gewittern wurde von den 4 Feldmühlen gemessen und von einem Watanabe-Schreiber dauernd aufgezeichnet. Der Schreiber war dauernd am Ausgang vom Magnetspeicher von Dr. Klein angeschlossen. Die Eichung der gesamten Uebertragung erfolgte mit Hilfe von Metallplatten, die 55 mm vor den Feldmühlen montiert und auf verschiedenen Gleichspannungen aufgeladen waren. Die vom Watanabe-Schreiber notierten Ausschläge geben die unmittelbar vor den Messplatten vorhandenen Feldstärken wieder.

1. Blitzstrom-Messungen

Die Messungen wurden einerseits mit der bisherigen Einrichtung weitergeführt; andererseits wurde versucht, die Steilheit des Blitzstrom-Anstieges mit der auf Seite 2 beschriebenen Erweiterung der Einrichtung genauer zu erfassen. Nachdem im Sommer 1972 ein Oszillogramm geglückt war, das eine Steilheit von rund 90 kA/ μ s ergeben hatte, gelang es im Sommer 1973 nicht, weitere Oszillogramme zu erhalten, da mit der Auswechslung des Shunts auf den 2-Strahl-KO von Emil Haefely ein Verstärker-Isolationsfehler im Messkabel entstanden war, der die Messungen fälschte.

a) Steilheitsmessung:

Die mit dem bereits während der früheren Jahre benützten KO von Dr. Klein mit einer Zeitauslösung von 2 mm/ μ s gewonnenen Oszillogramme des Sommers 1973 wurden sowohl nach der bisherigen Methode der steilsten Tangente an die Stromkurve, als auch nach den Steilheits-Definitionen der IEC für Stossstrom und Stossspannung ausgewertet. Die Resultate sind in einer Tabelle zusammengestellt worden, aus der sich für 22 Messungen folgende Mittelwerte und Streuwerte σ für den 1. Teilblitz von 21 negativen und 1 positiven Abwärtsblitzen ergeben:

$(di/dt)_{\max}$	$\approx 15,1 \text{ kA}/\mu\text{s}$	mit $\sigma =$	$5,12 \text{ kA}/\mu\text{s}$
$(\Delta i/\Delta t)_{\text{(Def. Stossstrom)}}$	$\approx 5,25 \text{ kA}/\mu\text{s}$	" $\sigma =$	$2,08 \text{ kA}/\mu\text{s}$
$(\Delta i/\Delta t)_{\text{(Def. Stosspg.)}}$	$\approx 8,10 \text{ kA}/\mu\text{s}$	" $\sigma =$	$2,97 \text{ kA}/\mu\text{s}$
$\hat{i}(\text{Blitzstrom})$	$\approx 46,1 \text{ kA}$	$\sigma =$	$22,9 \text{ kA}$

Die Steilheitswerte nach den IEC-Definitionen ergeben somit im Mittel 35% bzw. 54% der Werte, die aus der steilsten Tangente bestimmt werden.

b) Frontdauer:

Für die Frontdauer ergeben sich aus den Messungen des Jahres 1973 für 1. Teilblitz folgende Mittelwerte und Streuungen σ :

Für 4 positive und 20 negative <u>Einfachblitze</u>	$T_F = 17,9 \mu s$	$\sigma = 21,3 \mu s$
" die 20 negativen <u>Einfachblitze</u> allein	$T_F = 10,1 \mu s$	$\sigma = 5,5 \mu s$
" " negativen <u>ersten Teilblitze von 28 Mehrfachblitzen</u>	$T_F = 9,4 \mu s$	$\sigma = 2,3 \mu s$

Für die Frontdauer der Folgeblitze von Mehrfachblitzen ergeben sich aus 75 Messungen:

Für 18 negative Abwärtsblitze	$T_F = 1,22 \mu s$	$\sigma = 1,11 \mu s$
" 57 negative Aufwärtsblitze	$T_F = 0,975 \mu s$	$\sigma = 0,938 \mu s$
" alle 75 negativen Folgeblitze	$T_F = 1,03 \mu s$	$\sigma = 0,98 \mu s$

Positive Folgeblitze kommen praktisch nicht vor.

Es wird vermutet, dass zwischen der Steilheit bzw. Frontdauer von Folgeblitzen eine Korrelation mit der vorangehenden Strompause besteht; eine entsprechende Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

c) Elektrische Ladung des Blitzstromes

Folgende vom Blitz zur Erde beförderten elektrischen Wolkenladungen wurden für 1973 ausgewertet:

{ 778 As in positiven Abwärtsblitzen (7) und 279 As in negativen Abwärtsblitzen(2
{ 658 As in " Aufwärtsblitzen (13) " 2665 As " " Aufwärtsblitzen(75

Die in Klammer gesetzten Zahlen bedeuten die Anzahl Blitze bzw. Oszillogramme.

Daraus ergibt sich eine mittlere Ladung pro Blitz von

{ 97 As in positiven Abwärtsblitzen und 12 As in negativen Abwärtsblitzen
{ 39 As in " Aufwärtsblitzen und 36 As in " Aufwärtsblitzen

Im Gegensatz zur heute allgemein üblichen Vermutung, dass die Gesamtheit der Blitze überwiegend negative Ladungen zur Erde bringen, zeigt sich bei den Abwärtsblitzen ein wesentlicher Ueberschuss von positiver Ladung. Zum Vergleich wurden alle Oszillogramme der Messperiode 1963...1973 in dieser Beziehung aus-

gewertet. Es betrifft dies insgesamt 1222 Oszillogramme bzw. Blitze, davon 72 bipolare Blitze, nämlich 7 Abwärts- und 65 Aufwärtsblitze. Die Summe der Ladungen beträgt:

{ 3456 As in positiven Abwärtsblitzen (34) und 1469 As in negativ. Abwärtsblitzen	(132)
{ 10691 As " " Aufwärtsblitzen(132) " 27244 As " " Aufwärtsblitzen	(852)

Daraus ergeben sich die mittleren Ladungen pro Blitz von

{ 91 As in positiven Abwärtsblitzen und 11,1 As in negativen Abwärtsblitzen
{ 54 As " " Aufwärtsblitzen " 32,5 As " " Aufwärtsblitzen

In allen obigen Zahlen sind stets die Gesamtladungen der Blitze enthalten, d.h. sowohl die Impulsladung wie auch die Ladung langdauernder "continuing currents". Auch während der 11-jährigen Gesamtperiode der Messungen bringen die Abwärtsblitze ganz überwiegend positive Ladungen zur Erde (ca. das 8-fache!). Bei den Aufwärtsblitzen ist dagegen ein Ueberschuss von negativer Ladung festzustellen (ca. 1,6-fach). Die Regelmässigkeit der Ladungen pro Blitz für die kurze und lange Auswertungsperiode ist erstaunlich, insbesondere bei den negativen Blitzen. Auf diese interessante Erscheinung kann hier nicht näher eingegangen werden; sie dürfte insbesondere die International Commission on Atmospheric Electricity interessieren, wo der atmosphärische Ladungskreislauf zur Diskussion steht.

2. Feldverlauf bei Blitzeinschlag

Die Feldmessungen während des Blitzeinschlages in die Messtürme wurde in gleicher Weise wie in den Vorjahren fortgesetzt, wozu der Magnetspeicher mit umlaufendem Band von Dr. Klein wertvolle Dienste leistete. Ausserdem wurde mit der auf Seite 2 beschriebenen Einrichtung versucht, die Zeitauflösung des Feldzusammenbruches beim Einschlag mit einer unabhängigen 2. Speicheranlage und KO zu erweitern. Die Schwierigkeiten mit der selektiven Zuordnung der Feldbezeichnung mit dem Blitzstrom-Verlauf

konnten jedoch im Sommer 1973 noch nicht behoben werden, sodass keine auswertbaren Oszillogramme vorliegen. Die visuelle Beobachtung des KO-Lichtschirmes scheint zu ergeben, dass die minimale Dauer für den Spannungszusammenbruch nicht unter 50 μ s liegt. Demgegenüber ist die bisherige Registrierung mit dem Speichergerät von Dr. Klein für eine Grenzfrequenz von 4 kHz bemessen; mit der Zeitauflösung von 1 mm/ms ergaben sich für die Dauer des Feldzusammenbruches Zeiten von ca. 0,5...2 ms. In der zur Verfügung stehenden Zeit konnten die entsprechenden Oszillogramme des Sommers 1973 noch nicht ausgewertet werden; sie scheinen gegenüber den im Bull. SEV veröffentlichten Werten nicht wesentlich Neues zu bieten.

3. Lichtimpulse des Blitzes

Mit der auf Seite 2 beschriebenen Einrichtung mit 8 Photozellen gelang es, den ersten Helligkeitsimpuls des Blitzes zeitlich zu erfassen, nachdem die Schwierigkeiten der Empfindlichkeitseinstellung gelöst waren, sodass jedenfalls für nächtliche Blitze eine sichere Anzeige erfolgte. Die Aufzeichnung des Lichtimpulses geschah in der Folge sowohl auf dem Feldoszillogramm mit grosser Zeitauflösung (1 mm/ms) von Dr. Klein als auch auf dem neu eingeführten Watanabe-Registrierstreifen mit 1000 mal kleinerer Zeitauflösung von 60 mm/Minute oder 1 mm/sec. Die erstgenannte Aufzeichnung ergibt, dass der Lichtimpuls bereits bei der ersten ersichtlichen Feldänderung auftritt, jedenfalls früher als der sichtbare Blitzkanal. Insbesondere für die Aufwärtsblitze ist damit bewiesen, dass diese die Folge einer vorausgehenden Entladung innerhalb der Gewitterwolke sind, und dass die zu ihrer Entstehung nötige Feldstärke an der Turmspitze (oder einem Blitzableiter) erst durch die Entladung innerhalb der Wolke entsteht.

4. Schönwetter-Feldstärke

Bereits 1972 waren die drei Feldmühlen in Agra, Gemmo und Pugerna mit Zusatzverstärkern ausgerüstet worden, welche ihre Empfindlichkeit rund 20 mal erhöhten. Nachdem

sich schon 1971 bei den Sondenmessungen Schwierigkeiten ergeben hatten, vergleichbare Feldstärke-Werte zu bekommen, gelang es auch 1973 nicht, einwandfreie Feldstärkemessungen durchzuführen. Die Ursache dieses Versagers liegt vor allem darin, dass nur an ganz wenigen Tagen die Atmosphäre einigermaßen dunstfrei war, sodass an Messungen gedacht werden konnte. An diesen wenigen Tagen und der kurzen Dauer des günstigen Zustandes waren die nötigen 4 Personen nicht rasch genug aufzutreiben, um messen zu können, trotzdem die Einrichtung dazu bereit stand. Es ist offensichtlich, dass ein einigermaßen normales Luft-elektrisches Feld in Lugano und Umgebung praktisch nicht mehr besteht. Feldstärkemessungen wären höchstens noch als Mass für die Luftverschmutzung denkbar.

5. Gesamter Feldverlauf während Gewittern

Die Aufzeichnung des Feldverlaufes während Gewittern mit 1 mm/sec Zeitauflösung mit Hilfe des Watanabe-Schreibers gleichzeitig in allen 4 Messpunkten San Salvatore, Agra, Gemmo und Pugerna lieferte wertvolles und breites Material. Dies betrifft einerseits die Wiederaufladezeiten der Gewitterwolke nach einem Blitzschlag, andererseits den gleichzeitigen Feldsprung der 4 Messpunkte beim Einschlag. In der Regel zeigen diese Sprünge gleiche Polarität, meistens im Sinne einer Abnahme des negativen Feldes. Es kommen aber bei anderen Blitzen auch ungleiche Polaritäten der 4 Messpunkte vor, die auf einen Wolkenblitz schliessen lassen. Es wurde versucht, aus den 4 gleichzeitigen Feldsprüngen die Lage der elektrischen Ladung zu bestimmen, die vom Blitz zur Erde abgeführt wird, insbesondere die Höhe dieser Ladung über dem Boden. Für ein nicht stark bergisches Gelände scheint dies möglich zu sein, wobei voraussichtlich auch ein Kriterium für die Unterscheidung von reinen Erdblitzen und solchen mit einer entgegengesetzten Ladungsverschiebung nach oben (Wolkenblitz) gewonnen werden kann. Es dürfte damit möglich werden, die Unstimmigkeiten bei der Berechnung von Fernwirkungen des Blitzes (Sferics) in der Umgebung des Blitzes zu erklären,

und die Ladungsverschiebungen beim Blitzeinschlag besser zu erfassen, als es bisher aus der Blitzstrommessung am Erdboden möglich war. Für den Fall, dass die Berechnungsmethode sich bewährt, ist eine Veröffentlichung der Messresultate vorgesehen.

K. Berger