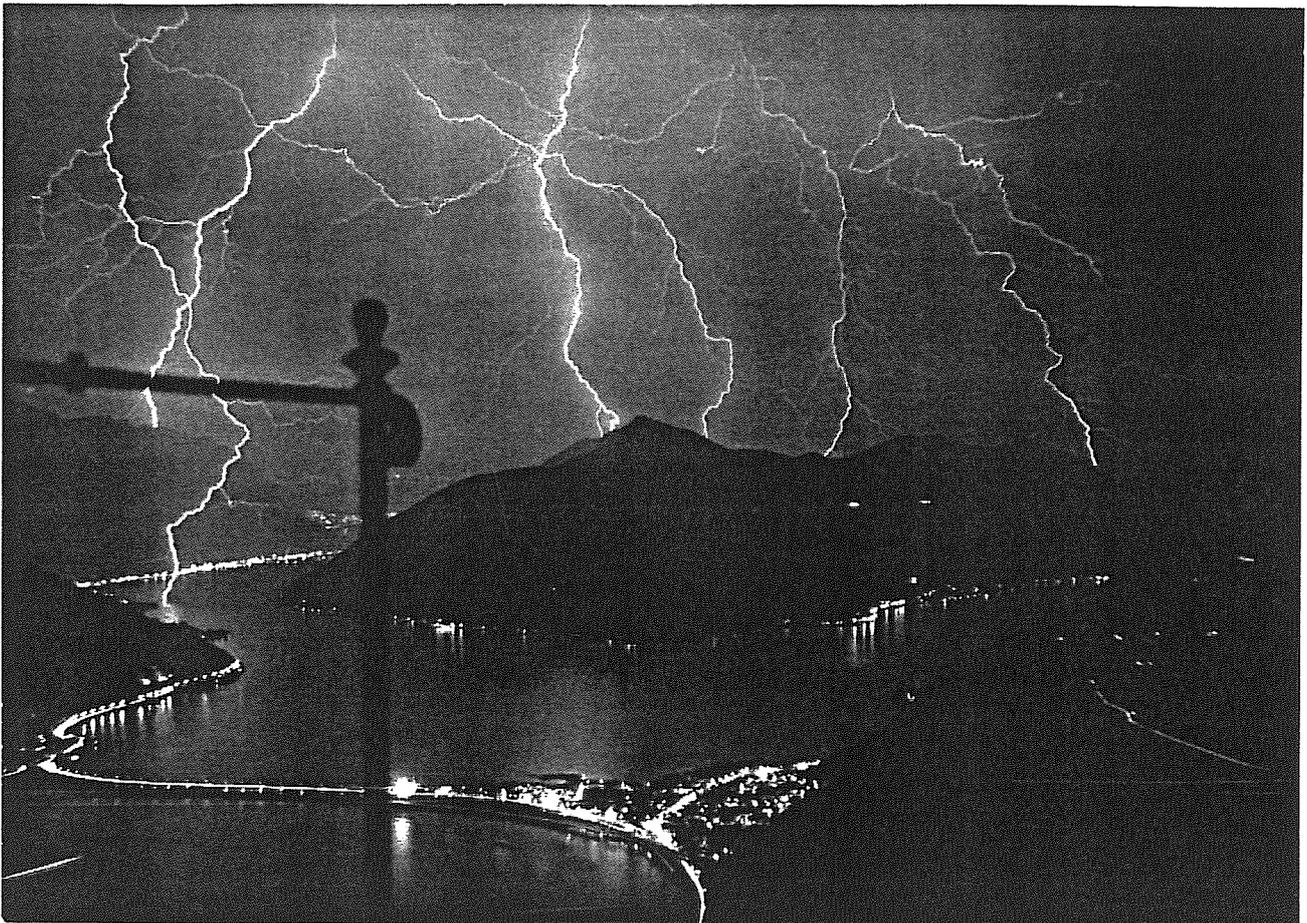


# **BLITZORTUNG**

## **Anwendungsbereiche und Erfahrungen**



**Informationstagung  
Donnerstag, 14. Mai 1992  
ETH, Zürich**

# **BLITZORTUNG**

## **Anwendungsbereiche und Erfahrungen**

Informationstagung  
Donnerstag, 14. Mai 1992  
ETH, Zürich

Veranstaltet von:

**Fachkommission für  
Hochspannungsfragen, FKH**

in Zusammenarbeit mit:

**Fachgruppe  
Hochspannungstechnik, ETHZ  
und  
Scientific Development Inc. SA, SDI**

# **Blitzortung**

## **Anwendungsbereiche und Erfahrungen**

**Donnerstag, 14. Mai 1992**

**Tagungsort:** GEP-Pavillon  
Eidgenössische Technische Hochschule,  
ETH-Zentrum, 8092 Zürich

**Tagungsprogramm:**

(Die Referate beinhalten eine kurze Diskussion von ca. 10 Minuten)

- ab 9.30            **Empfang der Teilnehmer**  
Kaffee und Erfrischungen, Abgabe der Tagungsunterlagen
- 10.00            **Begrüssung**  
Prof. Dr. Walter Zaengl, ETH, Zürich
- 10.10            **Ortungs- und Erfassungs-Systeme für Blitzentladungen**  
Dr. Thomas Aschwanden, FKH, Zürich
- 10.30            **Einsatz, Nutzen und Erfahrung bei der Badenwerk AG /  
Bayernwerk AG**  
Hubertus von Rheinbaben, Badenwerk AG, Karlsruhe  
Dr. Volker Fister, Bayernwerk AG, München
- 11.20            **Einsatz, Nutzen und Erfahrung der Blitzortung bei der EOS SA**  
Jean-François Affolter, EOS SA, Lausanne
- 12.00            **Gemeinsames Mittagessen im Hotel Central (1. Stock)**  
Transfer GEP-Pavillon - Central mit der Poly-Seilbahn
- 14.00            **Anwendungsbereiche und Ergebnisse der Blitzortung in  
den Niederlanden**  
Dr. Mart Janssen, KEMA, Arnheim
- 14.30            **Zielsetzung und Ergebnisse des Blitzforschungsprojektes der PTT**  
Eric Montandon, GD PTT, Bern
- 15.00            **Entscheidungshilfe bei der Ermittlung von Schadenursachen**  
Stefan Thern, Siemens, Karlsruhe
- 15.30            **Blitzdaten-Verteilung, eine neue Dienstleistung**  
Tomas Ahnebrink, SDI SA, Marin  
Michael Koolman, Siemens, Karlsruhe
- 16.00            **Schlussdiskussion**
- 16.30            **Ende der Veranstaltung**

**Tagungs-  
Sekretariat:** Heidi Rütschi, Ina Tschäppät  
Telefon im GEP-Pavillon während der Tagung: Tel. + 01 256 4734

# **BLITZORTUNG**

## **Anwendungsbereiche und Erfahrungen**

**Zusammenfassungen der Referate:**

**Ortungs- und Erfassungs-Systeme für Blitzentladungen**  
Th. Aschwanden

**Einsatz, Nutzen und Erfahrung bei der Blitzortung  
bei der Badenwerk AG / Bayernwerk AG**  
H. v. Rheinbaben, V. Fister

**Localisation de la foudre en temps réel à l'EOS**  
J.-F. Affolter

**Blitzortung in Echtzeit bei der EOS (Übersetzung)**  
J.-F. Affolter

**Blitzortung in den Niederlanden**  
M. Janssen

**Zielsetzung und Ergebnisse des Blitzforschungsprojekts der PTT**  
E. Montandon

**Entscheidungshilfe bei der Ermittlung von Schadensursachen**  
S. Thern

**Blitzdaten-Verteilung, eine neue Dienstleistung**  
T. Ahnebrink, M. Koolman

## Ortungs- und Erfassungs-Systeme für Blizentladungen

Th. Aschwanden

Fachkommission für Hochspannungsfragen, FKH  
Leutschenbachstrasse 69, CH-8050 Zürich

Die Resultate der von Prof. K. Berger geleiteten und von der damaligen Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH) auf dem Monte San Salvatore ausgeführten Blitzforschungsarbeiten (1) haben in der Fachwelt breite Anerkennung gefunden und wurden in zahlreichen Publikationen sowie in den einschlägigen Blitzschutz-Normen (2) verwendet. Diese im Zeitraum 1943 bis 1971 durchgeführten Untersuchungen beschäftigten sich vor allem mit der *direkten Messung der Blitzströme* am Einschlagpunkt des Blitzkanals (Amplitude, Stromsteilheit, Ladung) sowie mit Feldstärkemessungen in der näheren Umgebung der Blitzmess-Station. Die Auswertung der zahlreichen oszillographisch und photographisch registrierten Blitzereignisse hat einen wesentlichen Beitrag zum besseren Verständnis der Blizentladung geleistet.

Die für den Messort San Salvatore statistisch abgesicherten Blitzstromparameter sind nicht ohne weiteres auf Standorte im flachen Gelände übertragbar. Es ist inzwischen bekannt, dass die an stark exponierten Stellen (Messtürme auf dem San Salvatore) gemessenen Blitzströme hinsichtlich ihres Scheitelwertes, transportierter Ladung und der Stromsteilheit "schwächer" sind als Blitzströme in einem flachen Gebiet. Ein Bedarf für statistisch gesicherte Blitzkennwerte, welche für unsere geographischen und topologischen Verhältnisse allgemeine Gültigkeit haben, besteht nach wie vor.

Zur Ermittlung der *lokalen Blitzaktivität* (Anzahl Blitze pro km<sup>2</sup> und Jahr) werden weltweit standardisierte **CIGRE-Blitzzähler** (3) eingesetzt (Erfassungsradius ca. 20 bis 30 km). Diese einfache und billige Messeinrichtung filtert aus der elektrischen Feldkomponente der von der Blizentladung abgestrahlten elektromagnetischen Welle, LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse), eine Frequenz von 10 kHz heraus. Als Registrierkriterium für einen Blitzeinschlag wurde ein Feldstärkepegel von 5 V/m festgelegt. Mit einem Netz solcher Blitzzähler, deren Reichweiten sich überlappen, kann Blitzortung betrieben werden (4). Obwohl dabei die Ortungsgenauigkeit stark eingeschränkt ist, sind solche Systeme für gewisse Anwendungszwecke (allgemeine Blitzstatistik) durchaus nützlich.

Wenn Blitzereignisse in Gebieten von typisch mehreren 100'000 km<sup>2</sup> mit hoher Genauigkeit geortet und erfasst werden sollen, wird heute die *Blitzpeiltechnik* angewendet, welche den LEMP der Blizentladung als Informationsquelle benutzt. Solche Blitzortungs- und Erfassungssysteme liefern Daten über die Koordinaten des Einschlagsorts, Einschlag-Zeitpunkt, Polarität und die Anzahl der Teilblitze einer Blizentladung.

Es gibt zwei Grundprinzipien der LEMP-Blitzortung, wobei jeweils mindestens drei Peilstationen (Receiver) und eine zentrale Auswertestation notwendig sind:

- **Magnetfeld-Peilmethode (Direction Finder, DF):** mit orthogonal angeordneten Rahmenantennen wird die Richtung der *magnetischen Feldkomponente* des LEMP bestimmt und mit klassischer Richtungspeilung der Einschlagsort ermittelt (5).

- **Laufzeit-Differenzen Methode (Time of Arrival, TOA):** mit Echtzeituhren wird die Ankunft des impulsförmigen *elektrischen Feldes* mit einer Stabantenne in jeder Empfängerstation registriert. Aus den Differenzen der Signallaufzeiten kann der Ort der Blitzentladung errechnet werden (6).

Basierend auf diesen beiden Ortungs-Prinzipien sind in Europa (Frankreich, Deutschland, Norwegen, Schweden, Niederlanden, Oesterreich und Schweiz) neben wissenschaftlichen Systemen gegenwärtig folgende kommerziell erhältliche Blitzortungs- und Registrierungs-Systeme installiert: LLP (Hersteller: Lightning Location and Protection Inc., USA), LPATS (Hersteller: Atmospheric Research Systems Inc., USA) und SAFIR (Hersteller: DIMENSIONS, France).

Auf der Basis von Modellen für den "Return Stroke" (7) lassen sich aus den gemessenen Signalen der Empfängerstationen mit Ortungs- und Erfassung-Systemen indirekt auch die Blitz-Stromamplituden ermitteln. In der Praxis zeigt sich aber, dass dies nur in stark beschränktem Mass möglich ist, da die bei den Empfängerstationen gemessenen Signale empfindlich von der Lage des Blitzkanals und von der Bodendämpfung abhängig sind.

Interessenten für Blitzortungs- und Erfassungssysteme sind Meteorologische Organisationen, Elektrizitätswerke, PTT und Kommunikationsdienste, Versicherer, Flugsicherung, militärische Stellen sowie Institutionen, welche wissenschaftliche Blitzforschung betreiben.

#### Weiterführende Literatur

- (1) Berger, K. und E. Vogelsanger: *Messungen und Resultate der Blitzforschung der Jahre 1955 ... 63 auf dem Monte San Salvatore*, Bulletin SEV, Vol 56 (1965), S. 1-22.  
Berger, K.: *Methoden und Resultate der Blitzforschung auf dem Monte San Salvatore bei Lugano in den Jahren 1963 - 1971*, Bulletin SEV, Vol. 63 (1972), S. 1403-1422.
- (2) IEC-Vorschrift 1024-1: *Protection of structures against lightning*, 1990.  
Leitsätze des SEV: *Blitzschutzanlagen*, SEV 4022, 1987.
- (3) Anderson, R.B., H.R. Van Niekerk, S.P. Prentice, D. Mackerras: *Improved lightning flash counters*, ELEKTRA, Vol. 66 (1979), S. 85-98.
- (4) Bouquegneau, C., A. Blave, P. Depasse: *Lightning flash density in Belgium. Calibration of CIGRE lightning counters: effective ranges, locus of striking point*, Proc. 19. Int. Conf. on Lightning Protection (ICLP 1988), Graz, S. 35-40.
- (5) Krider, E.P. und R.C. Noggle: *A gated wideband magnetic direction finder for lightning return strokes*, Journal of Applied Meteorology, No. 3, 1976, S. 301-306.
- (6) Bent R.B. and P.W. Casper: *A unique Time-of-arrival technique for accurately locating lightning over large areas*, Proc. 5th Symp. on Meteorological Observation and Instrumentation, Toronto, 1983, S. 505-511.
- (7) Heidler, F.: *Lightning Electromagnetic Impulse - Theorie und Messungen*, Dissertation, Universität der Bundeswehr München, 1987.  
Rachidi-Heari, F.: *Effets électromagnétiques de la foudre sur les lignes de transmission aériennes - modélisation et simulation*, Thèse No 974, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1991.

## **Einsatz, Nutzen und Erfahrungen der Blitzortung bei der Badenwerk AG / Bayernwerk AG**

H. v. Rheinbaben  
Badenwerk AG  
Badenwerkstrasse 2, D-7500 Karlsruhe 1

V. Fister  
Bayernwerk AG  
Nymphenburger Strasse 39, D-8000 München 2

Übertragungs- und Verteilnetze elektrischer Energie sind seit Anbeginn besonders durch Blitzeinschläge gefährdet. Zwar wurden Wege gefunden, die Gefährdung herabzusetzen; unter wirtschaftlichem Aspekt ist ein vollkommener Blitzschutz aber nicht zu vertreten. So stellen Gewitter noch immer den Hauptstörfaktor elektrischer Netze dar. Mit der Verbesserung der Blitzschutzmassnahmen ging aber auch der Ausbau der Fernwirktechnik voran, so dass es heute keine immer besetzten Anlagen mehr gibt. Der netzführende Ingenieur in der Schaltwarte hat damit praktisch kaum noch einen Überblick über die Gewittertätigkeit in seinem häufig sehr weit ausgedehnten Netz. Die Zuordnung einer Leitungsauslösung zu einem Gewitter gibt ihm wertvolle Entscheidungshilfe. Darüber hinaus bieten die Meldungen des Blitzortungssystems über herannahende Gewitter die Möglichkeit zu vorausschauendem Handeln.

Das Badenwerk in Karlsruhe beschloss Ende 1989 zur Unterstützung seiner netzführenden Stellen ein Blitzortungssystem zu installieren. Um eine schnelle Realisierung zu ermöglichen, war der Betrieb des Systems zunächst ausschliesslich auf das Versorgungsgebiet des Badenwerks beschränkt. Im Mai 1990 wurde das System in Betrieb genommen. Das bereits früh geäusserte Interesse der Bayernwerk AG an einer Kooperation wurde mit dem Beschluss, das System gemeinsam zu betreiben, im Spätjahr 1991 in die Tat umgesetzt. Die Empfangsstationen liegen nunmehr auf den Versorgungsgebieten beider Unternehmen im süddeutschen Raum.

Energieversorgungsunternehmen verfügen über sehr gut ausgebaute eigene Nachrichtennetze, die nahezu alle Stätten der Energieerzeugung und -Verteilung miteinander verbinden. Unter dieser Vorgabe für die Empfängerstandorte fiel u.a. die Entscheidung für ein Ortungssystem nach dem TOA-Verfahren.

Die Auswirkungen eines Gewitters sind in den einzelnen Spannungsebenen unterschiedlich, so dass ein Blitzortungssystem unterschiedlichen Ansprüchen genügen muss. Die bislang gemachten Erfahrungen zeigen, dass dieses Hilfsmittel zu einer Verbesserung der Netzführung beiträgt.

## Localisation de la foudre en temps réel à l'EOS

J.-F. Affolter  
S.A. L'Energie de l'Ouest-Suisse, EOS  
Case Postale 570, CH-1001 Lausanne

### Résumé

Le service d'observation de la foudre en temps réel a été mis en service à l'EOS le 24 avril 1991. Nos statistiques de perturbation nous montrent que 80 % des déclenchements de lignes sont dûs aux orages, les causes en étant plus particulièrement la foudre et les coups de vent. Ce service est donc bien apprécié par les dispatchers en leur apportant une connaissance des conditions météo sur l'ensemble du réseau électrique.

### Déscription succincte du système

Un réseau d'antennes réparti sur les territoires français et suisses capte les ondes de foudres. Après un prétraitement local, où l'arc principal et les arcs subséquents sont groupés tandis que les arcs inter-nuages sont rejetés, les informations sont acheminées à un ordinateur central. Celui-ci localise l'impact par triangulation et envoie les coordonnées aux abonnés via le réseau TELEPAC. Ces opérations durent de 3 à 10 secondes. On visualise les impacts au moyen d'un PC, sur un fond de carte représentant la Suisse Romande, en temps réel.

### Utilité pour une entreprise électrique

L'exploitant d'un réseau électrique peut considérer les avantages suivants d'un tel système:

- Aide à la décision pour l'essai de tension après déclenchement d'une ligne. Une meilleure connaissance des événements peut éviter un renvoi de tension qui pourrait occasionner des accidents corporels ou des dégâts matériels.
- Vue d'ensemble des événements orageux sur une étendue couvrant plusieurs sociétés électriques interconnectées, de la France jusqu'au Gothard. Excellente vue de phénomènes locaux dus, par exemple, au compartimentage géophysique de la zone (Valais, lacs, Jura etc).
- Renforcement du réseau à l'arrivée d'une cellule orageuse (rebouclages, suppression de lignes en antenne, démarrage préventif de machines supplémentaires, de groupes de secours...), donc mise en éveil du dispatcher et adoption d'une attitude préventive.
- Informations préventives aux équipes effectuant des travaux sur les lignes ou des essais spéciaux (essais de terre...), avertissement aux chantiers, d'où une meilleure sécurité pour le personnel.
- Identification des zones souvent foudroyées dans le but de maintenance préventive (contrôle des isolateurs, amélioration des terres, remplacement des éclateurs par des parafoudres, etc).

## Expériences faites

La connexion est recommandée dès que l'arrivée d'une perturbation est soupçonnée (temps extérieur, annonces météo), ou après le déclenchement d'une ligne afin de vérifier si la foudre en est la cause. Durant un an, on a pu dénombrer une moyenne de 75 connexions par mois au système, pour une proportion d'environ 10% d'orages effectifs. On a pu ainsi assister à des orages exceptionnels, comme par exemple ceux du 15 juin 1991 ou du 12 juillet 1991 (plus de 2000 coups de foudre sur la Suisse romande en 3 heures).

Le nombre de coups de foudres effectifs lors des orages a constitué une surprise majeure; habituellement nous n'entendons le tonnerre que sur une distance d'environ 15 km, ceci nous trompe sur l'ampleur réelle des orages. On a pu se demander si cette observation ne ferait pas "peur" au dispatcher ? (qui pourrait craindre les déclenchements, alors que si il ne voit pas l'ampleur réelle des orages il se fait moins de souci. Notons cependant que avec ou sans système l'ampleur des orages est identique!).

Il s'avère qu'à l'inverse, cette visualisation conduit à une plus grande sérénité de travail des agents de quart lors de situations orageuses, de par la connaissance de l'évolution géographique, de l'ampleur de la perturbation et surtout de la cause des déclenchements.

## **Blitzortung in Echtzeit bei der EOS**

J.-F. Affolter  
S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, EOS  
Case Postale 570, CH-1001 Lausanne

### **Zusammenfassung**

Eine Echtzeit-Überwachung des Blitzgeschehens wurde bei der EOS am 24. April 1991 in Betrieb genommen. Unsere Störstatistik zeigt, dass in 80% der Fälle die Schutzauslösung von Leitungen auf Gewitter - im speziellen auf Blitzschläge und Windstöße - zurückzuführen ist. Dieser Überwachungsdienst wird vom Personal der Leitstelle sehr geschätzt, da Informationen über meteorologische Verhältnisse auf dem gesamten Netz eingeholt werden können.

### **Kurze Systembeschreibung**

Ein auf französischem und Schweizer Boden verteiltes Antennennetz empfängt die von Blitzen ausgehenden elektromagnetischen Wellen. Nach einer lokalen Signalverarbeitung, wo Hauptblitz und Folgeblitze gruppiert und Wolke-Wolke-Blitze ausgesondert werden, werden die Informationen an einen Zentralcomputer weitergeleitet. Dieser ortet den Blitzeinschlag durch Triangulation und sendet die Koordinaten an die Teilnehmer des TELEPAC-Netzes weiter. Dieser Vorgang dauert ungefähr 3 bis 10 Sekunden. Mittels eines PC werden die Blitzeinschläge in Echtzeit auf dem Bildschirm auf einer Karte der französischen Schweiz angezeigt.

### **Nutzen für ein Elektrizitätswerk**

Für die Betriebsführung eines elektrischen Netzes können folgende Vorteile eines solchen Systems in Betracht gezogen werden:

- Entscheidungshilfe für das Wiedereinschalten einer Leitung nach einer Schutzauslösung. Durch bessere Kenntnisse der Ereignisse können beim Wiedereinschalten der Leitung Körperverletzungen oder Materialschäden vermieden werden.
- Gesamtübersicht über das Gewittergeschehen in einem Raum von Frankreich bis zum Gotthardgebiet, welcher mehrere miteinander verbundene Elektrizitätswerke abdeckt. Ausgezeichnete Übersicht über lokale Erscheinungen, beispielsweise hervorgerufen durch die geophysikalischen Verhältnisse des Gebietes (Wallis, Seen, Jura etc).
- Verstärkung des Netzes beim Aufkommen einer Gewitterzelle, (Einschleifen, Abtrennen von Freileitungen, präventatives Starten von zusätzlichen Maschinen und andere Sicherheitsmassnahmen). Die Betriebsführung wird gewarnt und kann entsprechende präventative Massnahmen ergreifen.

- Präventative Information für das Personal bei Arbeiten an Leitungen oder Spezialversuchen, sowie Benachrichtigung der Baustellen. Damit ist eine erhöhte Sicherheit für das Personal gewährleistet.
- Identifikation der Gebiete, die oft von Blitzschlägen betroffen sind mit dem Ziel der vorbeugenden Wartung (Kontrolle der Isolatoren, Verbesserung der Erdungsverhältnisse, Ersatz der Funkenstrecken durch Überspannungsableiter etc).

## Erfahrungen

Der Anschluss ans Blitzortungssystem wird empfohlen, wenn die Ankunft einer Gewitterstörung erwartet wird (aktuelle Wetterlage, Prognose) oder nach einer Leitungsauslösung zur Überprüfung, dass ein Blitzeinschlag die Ursache der Auslösung war.

Während eines Jahres wurde pro Monat im Mittel 75 mal Verbindung zum Blitzortungssystem aufgenommen, was ca. 10% der effektiven Gewitter entspricht. Man konnte aussergewöhnliche Gewitter mitverfolgen, wie zum Beispiel jene vom 15. Juni 1991 und 12. Juli 1991 (mehr als 2000 Blitzeinschläge in der Westschweiz innerhalb von drei Stunden).

Die Anzahl der Blitzeinschläge ausserhalb der eigentlichen Gewitterzellen ist überraschend hoch. Normalerweise wird der Donner über eine Distanz von ca. 15 km wahrgenommen, was über die wahre Grösse der Gewitter hinwegtäuscht. Man kann sich fragen, ob zusätzliche Gewitter-Information bei der Betriebsführung nicht Angst auslösen könnte, da Leitungs-Ausschaltungen zu befürchten sind. (Wenn man die wahre Grösse des Gewitters nicht sieht, macht man sich keine Sorgen.) Ganz abgesehen davon ist selbstverständlich klar, dass die Heftigkeit eines Gewitters durch das Vorhandensein eines Blitzortungssystems nicht beeinflusst werden kann.

Es erweist sich aber das Gegenteil, dass nämlich die Visualisierung des Gewittergeschehens zu einer viel grösseren Entspanntheit des Schichtführers in Gewittersituationen führt, insbesondere dadurch, dass er die geographische Entwicklung und die Grösse der Störung und vor allem die Ursachen der Leitungsauslösungen kennt.

## Blitzortung in den Niederlanden

M.J.G. Janssen

N.V. KEMA

Utrechtseweg 310, NL-8612 AR Arnheim

Die Geschichte der Blitzortung in den Niederlanden begann im Jahre 1983. Damals kamen einige Institute in Belgien und den Niederlanden zusammen, um ein System für die Blitzortung einzurichten. Nach einigen Jahren von Überlegen und Planen beschloss das Management der KEMA im Jahre 1986, nicht länger zu warten und selbst ein System anzuschaffen. Damals hatte man die Wahl zwischen zwei Systemen, dem LLP-System (magnetische Richtung suchen, DF) und dem LPATS (Time of Arrival-Prinzip, TOA). Sowohl aus technischen als auch aus finanziellen Gründen wurde für LPATS entschieden, damals das erste LPATS-System in Europa und die erste Version III in der Welt.

1987 erhielt KEMA eine LPATS-Prototypen-Anlage der Version III, zusammen mit den bekannten Kinderkrankheiten. Der grosse Vorteil hierbei war, dass durch diese Krankheiten viel Kenntnis über das System erworben wurde und dem Fabrikanten einige Verbesserungsvorschläge angeboten werden konnten. Dies bedeutete aber, dass erst ab 1988 zuverlässige Daten gesammelt werden konnten.

Der Hauptgrund für die Installation eines Blitzortungssystems für KEMA war damals, zuverlässige statistisch gesicherte Daten über das Blitzverhalten in den Niederlanden zu bekommen, insbesondere um die Schutzwirkung von Erdseilen und Blitzfangstangen bei Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen berechnen zu können.

Auch das meteorologische Institut (KNMI) war von Anfang an interessiert und hat die Daten über eine direkte Telefonverbindung on-line bekommen. Nach Inbetriebnahme des Systems gab es ein grosses Interesse der Medien (Zeitungen, Radio, Fernsehen), und diese Publizität hat auch die Versicherungsgesellschaften aufmerksam gemacht.

Auch die EVU's kamen mit Fragen, wenn während eines Gewitters eine Störung im Netz aufgetreten war. Sie wollten gerne wissen, welcher Teil der Hochspannungsfreileitung kontrolliert werden sollte. Da man wusste, wo die Gewitterzelle über die Freileitung gezogen war, war es möglich, die Zeit für diese Kontrolle erheblich zu verkürzen.

Die verschiedenen Anwendungsbereiche von Blitzdaten stellen ihre eigenen Anforderungen an die Qualität der ermittelten Daten. Mit Qualität ist hier das folgende gemeint:

- Ortungs-Genauigkeit
- Leistungsfähigkeit des Systems
- Unterscheidung zwischen Wolke-Wolke- und Wolke-Erde-Entladungen.

Für Versicherungen kann die Genauigkeit der Ortung von Einschlagpunkten nicht gross genug sein, während für die meteorologischen Institute das Entstehen, die Geschwindigkeit und die Richtung der Gewitterzelle wichtig ist, und nicht aber die Ortungs-Genauigkeit.

Auch die Leistungsfähigkeit kann wichtig sein, z.B. bei der Ermittlung der Einschlagdichte. Dies ist der Grund, weshalb im Referat auf die Qualität des Blitzortungsystems näher eingegangen wird.

Die Tatsache, dass seit 1988 acht LPATS-Systeme installiert worden sind, beweist, dass die Wahl für LPATS damals nicht die schlechteste gewesen ist.

Der Hauptvorteil der Benutzer von LPATS-Systemen liegt in der guten Zusammenarbeit aller europäischen Benutzerkreise. Vielleicht können in der nahen Zukunft, was diese Zusammenarbeit anbetrifft, neue Schritte gemacht werden.

## Zielsetzung und Ergebnisse des Blitzforschungsprojekts der PTT

E. Montandon  
GD PTT, Forschung und Entwicklung  
CH-3000 Bern 29

### 1. Die Entwicklung der Voraussetzungen für ein weit gestecktes Ziel

Seit der Inbetriebnahme der 250 m hohen Mehrzweckanlage St. Chrischona bei Basel im Jahre 1984 betreibt die Gruppe EMV und Blitzschutz (VD 24/VD 26) der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT eine Anlage zur Messung der Stromsteilheit von in den Turm einschlagenden Blitzen. Diese Messeinrichtung wurde dem Stand der Technik zur analogen optischen Signalübertragung und zur umfangreichen Speicherung schneller Transienten laufend angepasst.

Mit dieser Einrichtung wurde die Richtigkeit der von uns entwickelten Methode zur Simulation von Blitzeinschlägen in Gebäude bewiesen.

Die Blitzmessstation dient nun auch zur Kontrolle und zur Eichung des Blitzortungssystems "LPATS"<sup>1</sup>, das in der zweiten Hälfte 1989 von der PTT in Zusammenarbeit mit ARSI in der Schweiz installiert worden ist. Seither werden von der PTT und ARSI die Blitzortungsdaten der Firma SDI SA in Marin zur Verfügung gestellt.

Seit Mai 1990 werden nebst den Blitzortungsdaten auch die **Kurvenformen** des Fernfeldes georteter Blitze an den Empfängerstandorten (Bern, Basel, St. Gallen, St. Moritz, Brig und Rolle) aufgezeichnet und an die Auswertezentrale in Bern übermittelt.

### 2. Bisherige Erfahrungen und grobe Resultate

Negative Blitze bestehen aus mehreren Teilblitzen, die in Abständen von wenigen ms bis einigen 100 ms folgen. Die Messeinrichtung auf dem St. Chrischona-Turm erlaubt eine Aufzeichnung von Folgeblitzen, sofern der Zeitabstand mindestens 150  $\mu$ s beträgt. Vom Ortungssystem werden Teilblitze in der Regel nur geortet, die nicht weniger als 20 ms auseinander liegen. Der Vergleich bisheriger Resultate zeigt, dass nicht jeder Teilblitz in den Turm einschlägt. Um denjenigen Teilblitz aus einer Reihe von georteten Teilblitzen in der Turmumgebung identifizieren zu können, der den Turm getroffen hat, bedurfte es einer Echtzeitsynchronisation der Mess-Systeme auf St. Chrischona mit dem Ortungssystem und zwar mit einer Zeitauflösung von 1 ms und einer Genauigkeit von wenigen ms. Eine ähnliche Echtzeiterfassungseinrichtung hat die PTT der TU München für ihre Blitzmessstation auf dem Hohen Peissenberg zur Verfügung gestellt, damit die Ortungsgenauigkeit auch für jenes Gebiet beurteilt werden kann.

---

1 LPATS: Lightning Position and Tracking System

## 2.1 Ortungsfehler

Der bisher festgestellte maximale Ortungsfehler beträgt für St. Chrischona 1.3 km und für den Hohen Peissenberg 4.2 km.

## 2.2 Blitzstromamplitude

Die Blitzstromamplituden werden sowohl auf St. Chrischona, als auch auf dem Hohen Peissenberg mittels Integration des gemessenen  $(di/dt)$ -Signals errechnet. Damit lässt sich der Blitzstromverlauf nur für die ersten  $\mu s$  zuverlässig ermitteln.

In der vergangenen Woche hat die PTT auf St. Chrischona einen Blitzstrom-Wandler eingebaut, um zusätzlich zur Blitzstromsteilheit auch den Blitzstrom-Verlauf direkt zu messen. Damit kann der **Blitzstromverlauf** direkt mit dem Verlauf des abgestrahlten elektromagnetischen Feldes verglichen werden, das an den sechs Empfangsorten aufgezeichnet und zur Rückrechnung auf den Stromverlauf verwendet wird.

Die bisherigen Amplituden-Messwerte sowohl von St. Chrischona, als auch vom Hohen Peissenberg, liegen 15 bis 20 dB unterhalb der vom Ortungssystem berechneten Blitzamplituden. Die nun auf St. Chrischona mögliche gleichzeitige Messung von Blitzstrom und Blitzstromsteilheit erlaubt bei entsprechender Wahl des Triggersignals auch besseren Aufschluss über die dem "return stroke" vorausgehenden Vorgänge (stepped- und dart-leader). Damit kann eine mögliche Ursache für die unterschiedlichen Stromwerte eruiert werden.

## 3. Vertieftes Forschungsprojekt

Die hier angedeuteten Erfahrungen haben uns eine genauere Umschreibung und Anpeilung des Hauptziels dieser Forschungsarbeit ermöglicht, nämlich: Die Wahl oder Entwicklung eines geeigneten Modells für die Stromausbreitung im Blitzkanal und seiner Abstrahlung. Diesem Ziel dient unter anderem die Zusammenarbeit mit der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL (Prof. M. Ianoz). Für eine Zeitdauer von zwei Jahren wird an diesem Projekt, im Auftrag der PTT, auch ein ehemaliger Mitarbeiter von Prof. M. Uman (Universität Florida), mit Unterstützung der Firma ARSI, arbeiten.

## Entscheidungshilfe bei der Ermittlung von Schadensursachen

S. Thern  
Siemens AG  
Borsigstrasse 3, D-7500 Karlsruhe 21

### Zusammenfassung

*Folie 1:* So schön Blitze am Himmel aussehen, so angenehm ein Wärmegewitter im Sommer sein kann, indem es der herrschenden Schwüle ein Ende setzt, so gross sind aber leider auch die Schäden, die jedes Jahr durch Gewitterblitze entstehen. Nach dem Einschlag des Blitzes im Erdboden sucht dieser einen sternförmigen Ladungsausgleich im Erdreich. In Schichten hoher Widerstände kommt es weiterhin zu mehr oder minder starken Überschlägen, in Lagen mit feuchtem Erdreich breitet sich der Strom auf elektrolytische Weise sehr schnell aus. Der zur Erde abfliessende Strom erzeugt entlang des Widerstandes "Erdreich" ein Potentialgefälle, ebenso bei Ableitern.

*Folie 2:* Prinzipiell wird bei Blitzschäden von vier unterschiedlichen Ursachen ausgegangen.

### 1. Elektrische und elektromagnetische Wirkungen

Metallene, aber nicht mit der Erde in Berührung stehende (isolierte) Metallkörper erfahren im elektrischen Feld eines Blitzstromes kapazitiv eine Spannung, welche sich aus dem Verhältnis Gegen-/Erdkapazität berechnet. Dort kann es zu gefährlichen Überschlägen kommen. Wegen des elektromagnetischen Feldes im Umfeld des Blitzstromes können aufgrund der Flussänderung Gegenspannungen in benachbarten Leitungsnetzen induziert werden, die oftmals ein unzulässig hohes Mass überschreiten. Bei Verbindungen mit der Blitzschutzerdung z.B. über Potentialschienen kann ein Blitzeinschlag, die für Leitungsnetze und Installationen gefährlichen Erdspannungen hervorrufen. Von Interesse ist ferner die Eigenschaft der Blitze, elektromagnetische Wellen, sogenannte Sferics im mittelbandigen Frequenzbereich (zwischen 1 kHz und 100 Mhz) auszusenden. Die grösste Abstrahlung ist bei etwa 10 kHz zu erwarten. Wellen aus diesem Frequenzbereich können nahezu ungedämpft über die Ionosphäre die gesamte Erde umkreisen. Signale aus den höheren Frequenzbereichen sind vor allem für die Störung von Funk- und Radiübertragungen verantwortlich. Die Sferics, deren Entstehung in den pulsartigen Schwankungen des Blitzstromes zu suchen ist, sind wesentliche Voraussetzung für die Blitzortung und das Lokalisieren von Blitzeinschlägen.

## 2. Thermische Wirkungen

Sogenannte Fussspuren an Ableitern infolge thermischer Einwirkungen von Blitzeinschlägen sind oft sehr schwer auszumachen. Dies ist zum einen auf die extrem kurze Dauer der Blitzeinwirkung, zum anderen auf den relativ geringen Potentialabfall zurückzuführen, so dass eine Blitzladung von 25 As (bei 20 V) nur eine Energie von 500 J liefert, die gerade reicht um 50 mm<sup>3</sup> Stahl zu schmelzen. Bei nichtleitenden Materialien hingegen bauen sich Spannungen im 1000 V-Bereich auf. Eine direkte Blitzladung von 25 As reicht hier aus, um verheerende Folgen herbeizuführen. Sie führt, handelt es sich um lebende Materie, prinzipiell immer zum Tode. Die Folgen sind: schockartige Lähmungen, Verbrennungen und sekundenschnelles Verdampfen der gesamten Gewebeflüssigkeit. Explosionsartige Verpuffungen führen zu Sprengungen von Bäumen, Holzmasten, Balken und Mauerwerk. Dennoch besteht die Möglichkeit, z.B. bei stromstarken, aber kurzandauernden Entladungen, dass ein Blitzkanal auch beim Durchgang durch leichtentzündliches Material nicht zur Zündung führt. Man spricht vom "kalten Blitzschlag". Da in vielen Fällen ein stromschwacher, jedoch relativ lang andauernder Nachstrom folgt, bleiben Blitzschläge in Gebäude ohne Ableiter selten "kalt". Schlechte Verbindungen im Zuge eines Blitzstromweges können schon bei wenigen Tausendstel Ohm Übergangswiderstand zu solch gewaltigen Wärmeentfaltungen führen, dass abgespritzte Metallpartikel eine indirekte Entzündung herbeiführen.

## 3. Elektrodynamische Wirkung

Je kleiner der Abstand zwischen parallelen Blitzbahnen ist, desto grösser wird die Kraftwirkung zwischen diesen. Starke Anziehungs- oder Abstossungskräfte, die zur Deformation von Leitern führen, werden bei Abständen kleiner 1 m relevant.

## 4. Elektrochemische Wirkung

Natürlich widersprechen Stromwirkungen aus Blitzen nicht den Gesetzen der Elektrochemie, jedoch reichen Ladungsmengen um die 100 As (pro Blitzschlag) nicht aus, um grössere Mengen an Kupfer, Eisen oder sonstigen Stoffen elektrolytisch zu zersetzen. Elektrochemische Zersetzung an Potentialausgleichsleitern sind deshalb nicht zu erwarten. Von grösserer Bedeutung ist da schon die korrosionsfördernde Wirkung der Erdströme an Bodenleitungen, wie sie bei Blitzeinschlägen zu erwarten sind.

*Folie 3:* Leider sind die neuesten Schadenzahlen aus der BDR noch nicht bekannt, jedoch lässt sich auch aus einer Aufstellung der Brandverhütungsstellen Oesterreichs der Umfang der durch Blitze auftretenden Schäden zeigen. Im Jahre 1990 ereigneten sich in Oesterreich durch direkten oder indirekten Blitzschlag 549 Brandschäden, die zu einem Schadensvolumen von 117 Mio ÖS führten, was ca. 16.7 Mio DM entspricht. Dabei handelt es sich um reine Brandschäden. Durch indirekten Blitzschlag wurden von 1986 bis 1990 zwischen 60'000 und 90'000 Schadensereignisse pro Jahr registriert. Die Schadenssumme beträgt dabei z.B. 1990, 249 Mio ÖS. Interessant in diesem Zusammenhang ist die zeitliche Verteilung der Brandschäden über das Jahr. So wurden im Mai eindeutig die meisten Schadensfälle registriert. Für die Beurteilung wird es sicher interessant sein, die genauen

Blitzhäufigkeiten in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der jeweiligen Regionen zu untersuchen. Zur Zeit sind die Angaben für die örtliche Verteilung von Gewitterblitzen leider noch relativ ungenau.

*Folie 4:* Hier eine Gewitterhäufigkeitskarte aus der Elektrotechnischen Zeitschrift (1954) mit Angaben der Wetterdienste:

Die Angaben geben nur ein sehr grobes Bild von der Anzahl der Gewittertage. Ein Gewittertag ist dabei definiert als ein 24 Std.-Zeitraum, in dem ein Wetterbeobachter einen Blitz gesehen bzw. einen Donner gehört hat. Auf Basis der jetzt zur Verfügung stehenden Blitzdaten wird es möglich werden die Blitzhäufigkeit und Hauptzugrichtungen von Gewittern wesentlich präziser anzugeben, und so auch den Gefährdungsgrad regional zu erkennen. Da die Gewitterdaten jedoch erst seit August bzw. Oktober für die BRD vorliegen, lässt sich heute noch keine statistische Bewertung vorlegen.

*Folie 5:* Im Rahmen der zur Verfügung stehenden BLIDS-Daten wird bei der Tela-Versicherung, einem reinen Elektronikversicherer, Blitzschadensmeldungen mit den BLIDS-Daten überprüft. Dabei erfolgt die Datenbereitstellung durch die Fa. Siemens wöchentlich per Diskette. Die gelieferten Daten werden dann auf die Festplatte des vorhandenen PC kopiert und stehen so, nach Tagen sortiert, zur Verfügung. Bei Schadensmeldungen können so einfach durch Laden des entsprechenden "Blitztages" in das Blitzinformationssystem die entsprechenden Regionen auf der Landkarte angewählt werden. Auf dem Monitor erscheint dann folgendes Bild: *Folien 6/7/8.*

*Folie 9:* Für die weiteren Darstellungsmöglichkeiten der Blitzdaten dient der angeschlossene Drucker. Jeder Blitz wird unter Angabe seiner Position, in geografischen Koordinaten, der genauen Uhrzeit und Polarität angegeben. Die ausgewiesene Stromstärke kann nur als Angabe gelten, ob es sich um einen starken oder schwachen Blitz gehandelt hat. Eine Optimierung des Gesamtsystems im Laufe dieser Gewittersaison soll diese Werte optimieren. Eine weitere Möglichkeit, Blitzdaten aus dem Blitzortungs-System zu verwerten wird zur Zeit auch von anderen Versicherungen und von Sachverständigen wahrgenommen. Mit Hilfe von Einzelanfragen kann abgefragt werden, ob an einer bestimmten Stelle zu einer bestimmten Zeit ein Blitzereignis registriert wurde. Durch die Informationen des Blitzinformationsdienstes lässt sich auf diese Weise schnell erkennen, ob zum angegebenen Schadensfall, ein Blitz die mögliche Ursache sein kann. Wie ein solcher Schaden versicherungstechnisch behandelt wird, liegt natürlich dann im Ermessen des Versicherers. Weitere wichtige Informationen lassen sich auch für die Polizei ableiten.

Zusammenfassend lassen sich zwei prinzipielle Anwendungen von Blitzdaten im Versicherungswesen nennen:

1. Ueberprüfen der Schadensursache mit Hilfe der Blitzdaten.
2. Genaueste Informationen zur Blitzhäufigkeit bzw. Verteilung in Abhängigkeit von Region und Jahreszeit.

## Blitzdaten-Verteilung, eine neue Dienstleistung

T. Ahnebrink  
SDI, Scientific Development Inc. SA  
Champs-Montants 2, CH-2074 Marin

M. Koolman  
Siemens AG  
Borsigstrasse 3, D-7500 Karlsruhe

In mehreren Ländern der Welt wird heute eine Verteilung von Blitzdaten als Dienstleistung angeboten. Verschiedene Firmen und Organisationen verwenden weltweit Informationen über Blitzeinschläge, um die Sicherheit sowie die Produktivität zu sichern und zu erhöhen. In den USA können mehr als 150 Organisationen genannt werden, die täglich die Information des LPATS-System benutzen. Neben Organisationen wie Elektrizitätswerke, Wetterdienste, petrochemische Industrie und Versicherungen werden Blitzdaten vermehrt auch für Flughäfen, Vergnügungsparks und verschiedene Produktionsanlagen eingesetzt.

Seit letztem Jahr bieten in der Schweiz und der BRD die Firmen SDI SA und Siemens AG eine Blitz-Informationsdienstleistung an. Ab diesem Sommer wird diese Dienstleistung auch in Oesterreich erhältlich sein. Das vorgesehene System in Oesterreich sowie die schon installierten Systeme in der Schweiz und der BRD sind LPATS-Systeme. 12 Empfänger in der BRD, 6 in der Schweiz und 6 in Oesterreich sorgen für genaue Blitzortung innerhalb der Landesgrenzen sowie angrenzender Gebiete. Jedes System ist so konfiguriert, dass jeder erfasste Blitzeinschlag mit dem dazu gehörenden Blitzparameter direkt nach der Registrierung, online über Modemstrecken an verschiedene Anwender verteilt werden kann.

Die angebotenen Dienstleistungen sind auf die jeweiligen Anwendungskriterien des Benutzers zugeschnitten:

- Online-Daten mit Hardware und Software für Visualisierung  
Dazu gehört die Bereitstellung der registrierten Blitzdaten über Modemstrecken sowie die Lieferung der Hardware und/oder Software für das Visualisierungssystem.
- Online-Daten mit Lizenz für das Daten-Format  
Dazu gehört die Bereitstellung der registrierten Blitzdaten über Modemstrecken sowie die Lieferung des Datenformates. Die Lizenz für das Daten-Format enthält die notwendige Dokumentation für den Anwender um die Blitzdaten in ein eigenes Visualisierungssystem integrieren zu können.
- Einzelanfragen  
Dazu gehört die Bereitstellung der registrierten Blitzeinschläge innerhalb eines bestimmten Bereiches und Zeitintervalls eines bestimmten Tages. Die Lieferung der Daten erfolgt wahlweise auf Papier oder auf Datenträgern.
- Archivierte Daten mit Hardware und Software für Visualisierungssystem

Dazu gehört die Bereitstellung kompletter Datensätze aller registrierten Blitzeinschläge eines bestimmten Zeitintervalls sowie die Lieferung der Hardware und/oder Software für das Visualisierungssystem. Die Datenlieferung erfolgt auf Datenträgern und kann mit der dazugehörigen Software eingelesen und analysiert werden.

**BLITZORTUNG**  
**Anwendungsbereiche und Erfahrungen**  
**Donnerstag, 14. Mai 1992**  
**ETH - Zürich**

**TEILNEHMERLISTE**

Name	Vorname	Firma/Organisation	Ort
Affolter	Jean-François	EOS SA	Lausanne
Ahnebrink	Tomas	SDI SA	Marin
Aschwanden Dr.	Thomas	FKH	Zürich
Beeler	Heinz	CKW	Luzern
Bent Dr.	Rodney	ARSI	Palm Bay, USA
Biasiutti Dr.	Gianni	BKW	Bern
Blum		Ruhr Gas AG	Essen
Bösiger	Hanspeter	Erico Products	Murten
Bownes	Ken	Siemens AG	Karlsruhe
Bräunlich	Reinhold	FKH	Zürich
Brechna Prof.	Habibo	ITR	Rapperswil
Bucher	Emil	CKW	Luzern
Castella	Claude	Meteocom SA	Evilard
Crameri	Dario	EGL	Laufenburg
Dahm Dr.		RWE AG	Essen
Degiorgio	Roberto	SDI SA	Marin
Diendorfer Dr.	Gerhard	ÖVE	Wien
Fister Dr.	Volker	Bayernwerk AG	München
Furrer	Robert	EKZ	Zürich
Grogger Dr.	Franz	Vorarlberger Illwerke AG	Schruns
Grois	J.	OKA	Gmunden
Grosskopf	Ruedi	Winterthur Versicherung	Winterthur
Haldemann Dr.	Hans	Gruppe für Rüstungsdienst	Bern
Hauck	Erhard	GD PTT	Bern
Hein	Wolfgang	Fortbildungsinst. Bayrische Polizei	Ainring
Héritier	Yves	Student ETH	Zürich
Jacot-Descombes	Michel	SEV	Zürich
Janssen Dr.	Mart	KEMA	ET Arnhem

Kartaschoff Dr. Keller	Peter Thomas	GD PTT Student ETH	Bern Zürich
Kern Kleinmaier Dr. Koolman Krauss Krebs Kreienbühl	Helmut Michael Helmut Peter Martin	Elektra-Versicherung RWE AG Siemens AG Dätwyler AG AEW Student ETH	Frankfurt Essen Karlsruhe Altdorf Aarau Zürich
Kriesi Kunz Kunz	Heinrich Arthur Thomas	Siemens-Albis AG S M A Student ETH	Zürich Zürich Zürich
Levet Lüdin	Michel Werner	VSE	Zürich Riehen
Mailand	Marco	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich
Maiocchi	Luca	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich
Mayer Montandon	Eric	TIWAG GD PTT	Innsbruck Bern
Nasciuti	Adriano	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich
Piemontesi	Marco	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich
Rheinbaben Roesl Rohner Rudolph Rupp	Hubertus Hanspeter Ernst Hans	Badenwerk AG Osservatorio Ticinese NOK Wetteramt Freiburg GD PTT	Karlsruhe Locarno Baden Freiburg Bern
Sauvain Senn Skacel	Hubert Ernst	EMC Fribourg NOK Siemens, BTD-VPR	Rossens Baden Wien
Schett Schild Prof. Schleipen Schmidt Schneebeli Schwab Dr.	Georg Herbert Michael Matthias Heinz Fred	ABB HOSAG Siemens Moser-Glaser + Co. AG Münchener Rück Dätwyler AG ATEL	Zürich Wien MuttENZ München Altdorf Olten
Thern	Stefan	Siemens AG	Karlsruhe
Ulrich	Didier	SMA	Genève

Valentin Vöckler Vogelsanger	Jens Ernst	HSL Brauweiler Inst. f. Feldtheorie ETH	Puhlheim Zürich Wallisellen
Weber	Hans-Jürg	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich
Wyss	Franz	Kant. Gebäudeversicherung	Bern
Zaengl Prof.	Walter	FG Hochspannungstechnik ETH	Zürich