

# Spannendes über eine Amerikareise

Autor(en): **Prinz, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes  
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **64 (1973)**

Heft 13

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915572>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

und somit folgt aus Gl. (11):

$$\lim_{m \rightarrow \infty} b_{2v+1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin x \cdot \sin(2v+1)x \, dx = \begin{cases} b_1 = 1, \\ b_{2v+1} = 0, \\ v \neq 0 \end{cases} \quad (12)$$

Die Figuren 2 und 3 zeigen das Frequenzspektrum der Pulssteuerung bei einer konstanten Pulsfrequenz von 2000 Hz, und zwar Fig. 2 für eine Grundwelle der zu erzeugenden Wechselspannung von 50 Hz und Fig. 3 für 10 Hz. Die numerische Auswertung der Gl. (11) wurde mit einem Digitalrechner

durchgeführt. Aus Fig. 2 und Fig. 3 erkennt man, dass die Oberwellen in der Nähe der Pulsfrequenz und deren Vielfache stärker hervortreten, während sie in den zwischenliegenden Bereichen sehr klein sind. Gl. (11) gestattet eine Vorausrechnung der benötigten Siebelemente von pulsgesteuerten Wechselrichtern.

#### Literatur

- [1] K. Heumann und A. C. Stumpe: Thyristoren. Eigenschaften und Anwendungen. 2. Auflage. Stuttgart, Teubner-Verlag, 1970.

#### Adresse des Autors:

Dr. techn. Walter Haubitzer, Assistent am Institut für Elektrotechnik der Mont. Hochschule, A-8700 Leoben.

## Spannendes über eine Amerikareise

Von H. Prinz

Aus Anlass einer in Las Vegas stattgefundenen Konferenz über Blitz- und Statikelektrizität, über deren Verlauf getrennt berichtet werden soll, war dem Verfasser Gelegenheit geboten, auf einem 12 000-km-Rundflug, der über Kanada bis an die pazifische Küste und von dort in den Süden Floridas führte (Fig. 1), neben den Schönheiten des Landes einige bedeutende Institutionen aus Naturwissenschaft und Technik kennenzulernen.

Mit New York als Ausgangspunkt hat sich zunächst ein Besuch des kanadischen Institut de Recherche de l'Hydro Québec (IREQ) angeboten, dessen Höchstspannungsprüffeld, als das derzeit grösste Hochspannungslaboratorium der Welt vor einiger Zeit in Betrieb gehen konnte. Dann war es das Lightning and Transients Research Institute (LTRI) in Minneapolis, dessen Besichtigung einen interessanten Einblick in die vielgestaltige Thematik des Blitzschutzes von Flug- und Raumfahrzeugen vermittelt hat und zugleich erkennen liess, welche Aufgaben in dieser Hinsicht noch gelöst werden müssen.

Nach einem Kurzaufenthalt in Chicago, dem ein Besuch des dortigen Museum of Science and Industry, des grössten technischen Museums der Vereinigten Staaten, gewidmet war, führte der Flug weiter nach dem Westen über die Rocky Mountains von New Mexico hinweg bis nach Las Vegas als der Wüstenmetropole der Vergnüglichkeit mit ihren eleganten Spielkasinos und faszinierenden Wasserspielen. Von dort aus war es naheliegend, die Maxwell Laboratories in San Diego zu besuchen, die in den

letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte auf dem Gebiete einer Kompakt-Impulstechnik höchster Spannungen erzielt haben.

Zum Abschluss konnte noch das einzigartige Forschungsschiff Thunderbolt<sup>1)</sup> mit seiner 10 Millionen Volt Stossanlage in Miami Beach besichtigt werden, das sich durch seine Experimentierkünste mit getriggelter Wolkenelektrizität einen hervorragenden Namen gemacht hat.

Bei der Einmaligkeit dieser Reise erschien es angebracht zu sein, ihren Ablauf in einigen bemerkenswerten Phasen vorzustellen und dabei auch über nützliche Erfahrungen zu berichten.

#### Das IREQ-Höchstspannungsprüffeld

Von verantwortungsbewusster und zugleich zielstrebigem Denkwesen durchdrungen, hat sich die Hydro Québec als führendes Unternehmen einer kanadischen Elektrizitätsversorgung vor einigen Jahren dazu entschlossen, auf einem 2,4 km<sup>2</sup> umfassenden Areal in Varennes, etwa 30 km nordöstlich von Montreal und unweit der 735-kV-Schaltanlage Boucherville, ein Höchstspannungsprüffeld zu errichten mit dem Ziel, eine zukünftige UHV-Technik bis zu 1500 kV Drehstrom und 2000 kV Gleichstrom wissenschaftlich zu erforschen und soweit zu entwickeln, dass in nicht allzu ferner Zeit mit dem Bau einer ersten UHV-Übertragung begonnen werden kann. Insbesondere wird daran gedacht, die an der James Bay anfallende Wasserkraft von rund 14 000 MW auszubauen und über eine möglicherweise mit 1200 kV Drehstrom betriebenen UHV-Leitung nach dem Süden des Landes zu transportieren.

Das in formschöner Architektur hochgezogene Bauwerk beinhaltet nach dem in Fig. 2 dargestellten Grundriss eine Höchstspannungshalle 1 mit einem sich daran anschliessenden Anbau 2 und einen davon abgesetzten Bürotrakt 3. Seine Dominante bildet naturgemäss die Halle, die allein aus der Sicht ihrer lichten Abmessungen mit 82 m Länge, 67 m Breite und 50 m Höhe dem Besucher einen nachhaltigen Eindruck vermittelt und unter Hinzurechnung der Wand- und Deckenkonstruktion eine Kubatur von 374 000 m<sup>3</sup> umfasst. Je nach Art der jeweils vorliegenden Untersuchungen lässt sich die Halle entweder in drei voneinander unabhängige Bereiche mit eigenen Steuerständen aufteilen oder sie kann für ein Experimentieren im UHV-Gebiet als ein einziges Prüffeld betrieben werden.

Besonderer Wert musste verständlicherweise auf eine wohl erwogene Auslegung der Prüfanlagen gelegt werden, um nach Möglichkeit auch eine zukünftig zu erwartende Prüftechnik mit-

<sup>1)</sup> = Donnerkeil

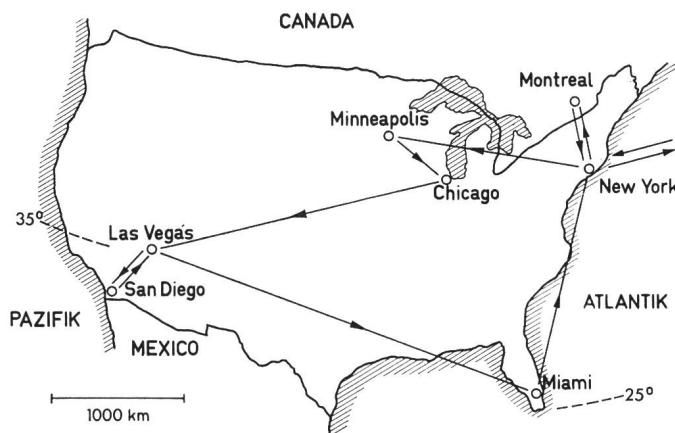


Fig. 1  
Flugroute

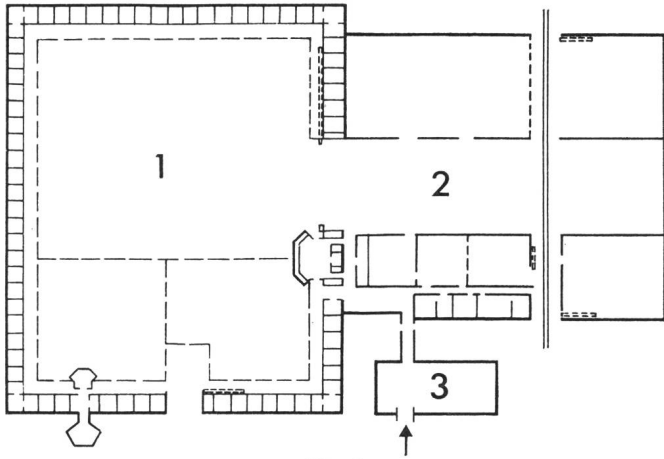


Fig. 2  
**Grundriss des IREQ-Höchstspannungsprüffeldes**  
 1 Höchstspannungshalle  
 2 Anbau  
 3 Bürotrakt

erfassen zu können. In diesem Bemühen wurde versucht, das sich schon oft bewährt habende Baukastenprinzip anzuwenden und auch sonst die Einzelelemente weitgehend austauschbar zu gestalten. Im Verfolgen dieses Gedankens wurde für die Erzeugung hoher Wechselspannung eine 2,1-MV-Prüfkaskade vorgesehen, die aus sechs völlig gleichartigen Einzeltransformatoren aufgebaut ist und beispielsweise in der in Fig. 3 dargestellten Zweisäulenordnung mit einer Dauerbelastbarkeit von 1 A betrieben werden kann. Jeder Transformator ist mit dem zweifachen Nennstrom bis zu 15 min und mit dem vierfachen bis zu 3 min überlastbar und kann im Dauerbetrieb bis maximal 600 kV gefahren werden, womit eine ausreichende Betriebsreserve geschaffen worden ist. Im Bedarfsfall kann jede Transformatoreinheit mit einem Isoliermantel umschlossen werden, der einen bedingten Freiluftbetrieb bei mässigem Schlechtwetter zulässt. Schliesslich sind alle Transformatoren mit polyconalen Kopfelektroden versehen worden, die von einer bestimmten Elektrodengrösse an den grossen Vorteil bieten, billiger und leichter, und zudem einfacher reparierbar zu sein.

Für die Erzeugung hoher Blitz- und Schaltstossspannungen steht ein 6,4-MV-Stossgenerator mit 400 kW zur Verfügung, der mit einer entsprechend dimensionierten Polyconelektrode abgeschlossen ist (Fig. 4). Darüber befindet sich ein an der Hallendecke aufgehängter Mehrzweck-Teiler, der für Blitz- und Schaltstossspannung sowie auch für Wechselspannung gleichermassen geeignet ist. Für die immer wichtiger werdenden Messungen von Phase gegen Phase ist noch ein zweiter Generator für 3,2 MV und 200 kW verfügbar, der im Bedarfsfalle auf 400 kW ausbaufähig ist. Für die Bereitstellung hoher Gleichspannungen sind zwei 1,2-MV-Greinacherkaskaden für je 500 mA Entnahme beschafft worden, mit deren Hilfe die noch ungeklärten Probleme einer HGÜ-Technik im Bereich höchster Spannungen gelöst werden sollen.

An ergänzenden Einrichtungen sind zwei Regenprüfanlagen – die eine für 1500 kV und die andere für 735 kV – disponibel, und für Untersuchungen unter Öl ist es ein eigener Ölkessel, zu dessen Spannungseinführung eine 1500-kV-Durchführung von 20 m Länge bereitsteht.

In Anlehnung an die guten Erfahrungen anderer Hochspannungslaboratorien sind sämtliche Prüfanlagen auf Luftkissen verfahrbar, wodurch sich eine bestmögliche Ausnutzung des Hallenraumes und auch der übrigen Laboratorien erreichen lässt und insbesondere im UHV-Bereich keine gegenseitige Behinderung befürchtet werden muss.

In sehr origineller Weise ist die für eine Höchstspannungshalle wichtige Wärme-, Schall- und Störpegeldämpfung in Form einer neuartigen Kombinationstechnik gelöst worden (Fig. 5), deren Wirkungsweise darauf beruht, dass die ganze Halle gleichsam mit einem Temperaturkonstantmantel umgeben worden ist, der aus zwei in 4 m Abstand gesetzten Stahlpanels besteht

und durch dazwischen eingebaute Heizelemente auf konstante Temperatur gehalten wird. Damit lässt sich der mögliche Wärmefluss zwischen Halle und Aussenbereich ganz erheblich vermindern, da der Luftmantel als eine Art Isolierwand wirksam ist. Für die weiterhin erforderliche Schalldämmung sind die Innenpanels mit etwa 10 % Flächenanteil perforiert und mit Glasfasermatten hinterlegt worden, womit eine Nachhallzeit von unter 4,5 s erreicht werden soll, was im Hinblick auf eine geringstmögliche Knallbelastung des Bedienungspersonals als durchaus erwünscht anzusehen ist. Für die Störpegeldämpfung wird schliesslich erwartet, dass die abschirmend wirkenden Panels im Bereiche von 0,1 bis 10 MHz eine Dämpfung von 50 bis 60 dB beinhalten, was sicherlich bis zu einer Frequenz von 1 MHz möglich sein sollte, wie erste Kontrollmessungen bei 690 kHz mit einer Dämpfung von 70 dB ergeben haben.

Der an die Hochspannungshalle sich anfügende Anbau umfasst bei einer Länge von 73 m, einer Breite von 64 m und einer Höhe von 27,5 m eine Kubatur von 129 000 m<sup>3</sup> und enthält ein Montagefeld mit zunächst einem 175 t Kran, dann ein komplettes Transformatorenprüffeld, einen Verschmutzungsraum für Messungen bis zu den allerhöchsten Spannungen sowie einen vollkommen abgeschirmten Koronaraum für die immer wichtiger werdenden Teilentladungsmessungen. Ausserdem konnten in dem Anbau die sonst üblichen Requisiten einer modernen Höchstspannungstechnik untergebracht werden, vor allem auch ein

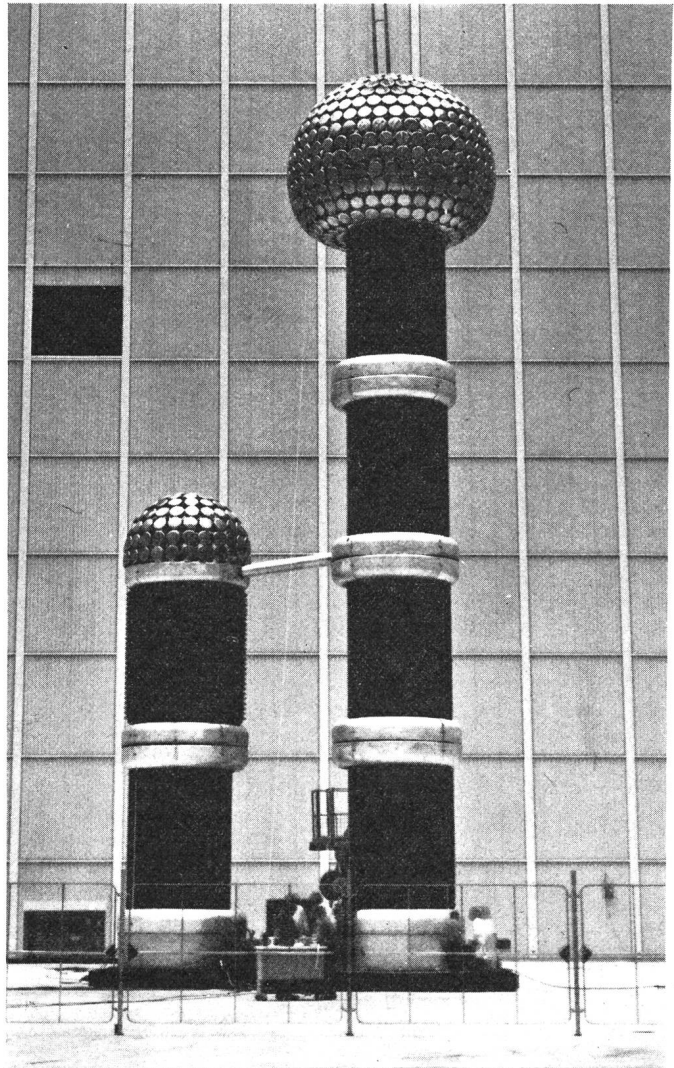


Fig. 3  
**2,1-MV-Prüfkaskade in Zweisäulenordnung für 1 A Dauerstrom**  
 (Bauform Messwandler-Bau, Bamberg)  
 Der obere Transformator der zweistufigen Säule ist mit einem Freiluftmantel versehen

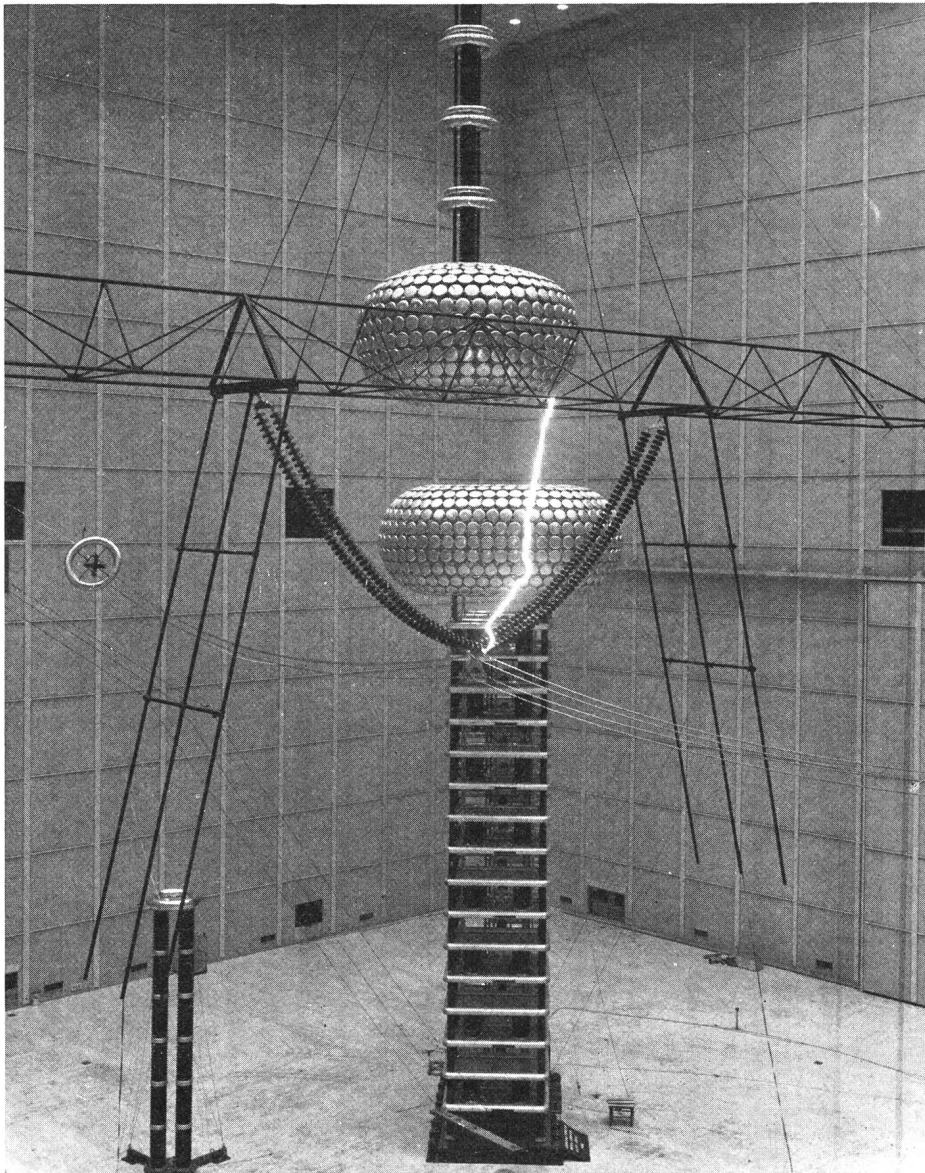


Fig. 4  
**6,4-MV-Stossgenerator mit 400 kWs und  
 Mehrzweck-Spannungsteiler**  
 beim Prüfen einer UHV-Fensterisolation  
 Bauform ASEA

schallgedämpfter Maschinenraum mit seinen verschiedenen Umformersätzen.

Die Büros wurden, wie bereits erwähnt, in einem eigenen Gebäudetrakt untergebracht, von wo aus die Laboratorien über einen Verbindungsgang bequem erreichbar sind.

Als ergänzendes Testareal ist dem Bauwerk noch ein Freigelände von  $160 \times 90$  m Grundfläche angefügt worden, wo zunächst eine Koronareuse für Untersuchungen an Höchstspannungsseilen untergebracht werden konnte. Für später ist an den Bau einer UHV-Versuchsleitung gedacht, die von Boucherville angespeist werden soll.

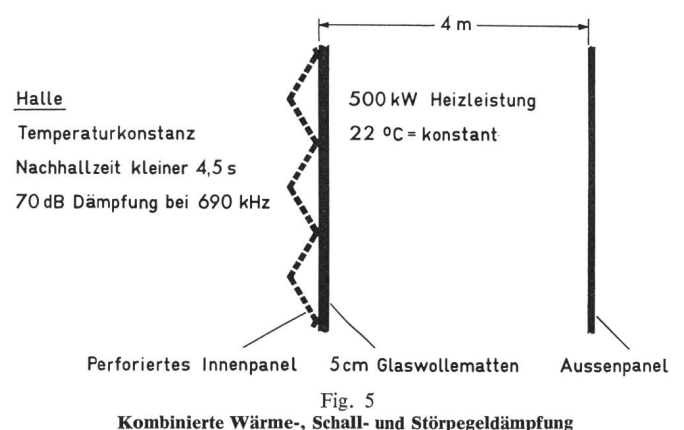
Was die Anlagekosten des Höchstspannungsprüffeldes mit seinen insgesamt  $505\,000\text{ m}^3$  anbelangt, so sind dafür rund 20 Millionen kanadische Dollar verausgabt worden, was angemessenen spezifischen Ausbaukosten von rund  $120.-\text{ DM/m}^3$  (ca.  $130.-\text{ sFr.}$ ) entspricht.

Das gesamte IREQ-Forschungszentrum (Fig. 6), das mit seinen 200 Mitarbeitern unter der bewährten Leitung des einstigen Universitätsprofessors *Lionel Boulet* steht, umfasst ausser dem beschriebenen Höchstspannungsprüffeld (a) ein Grundlagen-Laboratorium (b) mit Verwaltungstrakt und Hörsaal sowie ein noch im Aufbau befindliches Hochleistungsprüffeld (c), das bis zum Jahre 1975 fertiggestellt sein soll. Bis dahin werden insgesamt 70 Millionen Dollar für eine Institution investiert sein, die für die zukünftige Elektrizitätsversorgung eines Landes von der Bedeutung Kanadas eine hervorragende Rolle spielen wird. Aber auch eine kommende UHV-Technik wird von dem

IREQ-Forschungszentrum neuartige Impulse erwarten dürfen, die für die Gestaltung von Höchstspannungsanlagen irgendwo in der Welt von Wichtigkeit sein sollten.

#### Blitzsimulation im LTRI

Die allerersten Anfänge eines Lightning and Transients Research Institute (LTRI) gehen in die Zeit des zweiten Weltkrieges zurück, als *Morris M. Newman*, damals schon Assistant-Professor der Universität Minneapolis, sich mit der Frage zu



beschäftigen hatte, welche physikalischen Effekte für das statische Aufladen von Flugzeugen beim Durchfliegen von Schlechtwetterzonen verantwortlich zu machen seien und mit Hilfe welcher Massnahmen die dadurch verursachten Funkstörungen wirkungsvoll bekämpft werden könnten. Zur Klärung dieser für den gesamten Flugverkehr wichtigen Frage hatte *Newman* damals an seiner Universität eine Hochspannungsanlage einzurichten und zugleich auch die notwendigen Messeinrichtungen vorzubereiten, die zum Studium einer «Precipitation Static» erforderlich waren. Als sich dann im weiteren Verlauf der Entwicklung anhand erster Statistiken herausgestellt hatte, dass Flugzeuge nicht nur gegen Statikelektrizität sondern auch gegen Blitzschläge anfällig sein würden, ist vorsorglich entschieden worden, diese Art von Arbeiten in einem neu zu schaffenden Institut weiterführen zu lassen. So kam es im Jahre 1946 zur Gründung des LTRI, dessen wissenschaftliche Leitung in den Verantwortungsbereich von Professor *Newman* gelegt wurde.

Bei den damaligen Gegebenheiten war es naturgemäss nicht ganz einfach, einen aufgeschlossenen Interessentenkreis zu finden, der das Institut in seinem ersten Beginn zu unterstützen bereit gewesen wäre. Aber schliesslich gelang es doch, eine erste Gerätegarnitur aufzubringen und in ein aufgelassenes Schaltanlagegebäude einzuziehen, das die Northern States Power Co., als regionales Versorgungsunternehmen und offenbar von der Sache überzeugt, zur Verfügung gestellt hatte. Hinzu kam das initiative Wirken der beiden engsten Mitarbeiter Newmans, von *John D. Robb* und *James R. Stahmann*, so dass bereits zwei Jahre später über erste Ergebnisse berichtet werden konnte. Insbesondere ist damals schon die Frage eines Transientverhaltens von Flugzeugen gegenüber simulierten Blitzeinschlägen sowohl theoretisch als auch experimentell eingehend untersucht worden (Fig. 7).

Heute verfügt das Institut über eine 6-MV-Stossanlage mit 150 kW sowie über eine 1,5-MV-Gleichspannungsanlage für maximal 10 mA Entnahmestrom. Des weiteren ist eine 100-kA-Stoßstromanlage einsetzbar, so dass damit alle für eine Blitzsimulation notwendigen Einrichtungen verfügbar sind. Orientierende Felduntersuchungen lassen sich auf einer elektrolytischen Troganlage durchführen, und ein als Seminarsaal dienender Bi-

bliotheksraum sowie eine kleine Werkstätte ergänzen das Institut in seinen Arbeitsmöglichkeiten.

Im Verlaufe einer mehr als 25jährigen Tradition hatte sich das Institut mit allen Themen zu befassen, die in irgend einer Weise mit dem Blitz- und Elektrostatikschutz von Flugzeugen und Flugkörpern in Zusammenhang stehen, angefangen bei der Problematik eines wirksamen Antennenschutzes bis zur Sicherung von Cockpitscheiben und Radomen. Auch mit der Frage eines bestmöglichen Bonding hat sich das Institut eingehend beschäftigt und dafür beispielhafte Richtlinien ausgearbeitet. Diese Erfahrungsbereicherung hat im Laufe der Zeit zu einer engen Zusammenarbeit mit der amerikanischen Luftfahrtindustrie einerseits und den staatlichen Aufsichtsbehörden andererseits geführt, was letztlich einem sicherer gewordenen Flugzeug in vieler Hinsicht zugute gekommen ist. So hat sich das einstige Bemühen einer professoralen Initiative zum Nutzen aller reichlich gelohnt, woran wir uns erinnern sollten, wenn wir heute schnell und bequem über Wolken und Meere hinweggetragen werden.

### Science Museum

Als der Chicagoer Geschäftsmann *Julius Rosenwald* im Jahre 1911 das Deutsche Museum in München besuchte, konnte wohl niemand ahnen, dass er es sein würde, der sich in seiner Heimatstadt für die Gründung eines technischen Museums nachhaltig einsetzen würde. Offenkundig von der Bedeutung einer solchen Institution überzeugt, ist es ihm nach vielen Mühen gelungen, das im Parc District südlich von Chicago gelegene Gebäude einer einstigen Weltausstellung für den gedachten Zweck zu gewinnen und es dann nach eigenen Zielvorstellungen mit technischem Geschehen zu beleben. Aber lange war der Weg bis dorthin, denn erst im Jahre 1933 konnte das Museum eröffnet und nach weiteren sieben Jahren endgültig fertiggestellt werden.

Heute gehört das Museum of Science and Industry mit seiner nahezu 40 000 m<sup>2</sup> umfassenden Ausstellungsfläche zu den oft-besuchten Sehenswürdigkeiten dieser Stadt, wo dem Besucher durch einfache und zum Nachdenken anregende Lernprozesse technisches Wissen gleichsam spielerisch vermittelt wird. Im Gegensatz zu anderen Museen dieser Art werden jedoch dem Besucher in erster Linie neuartige wissenschaftliche Erkenntnisse

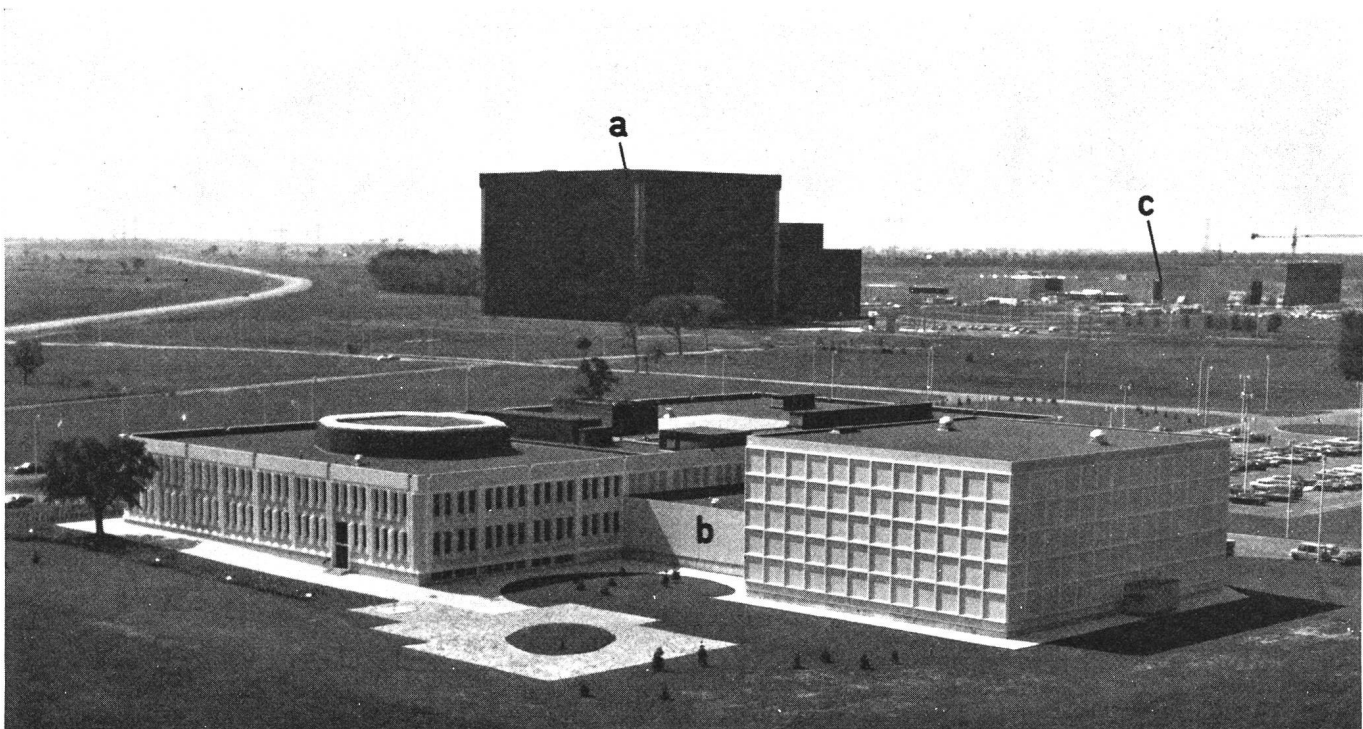


Fig. 6  
**Das IREQ-Forschungszentrum**  
 a Höchstspannungsfeld  
 b Grundlagen-Laboratorium  
 c Höchstleistungsprüffeld (im Bau)

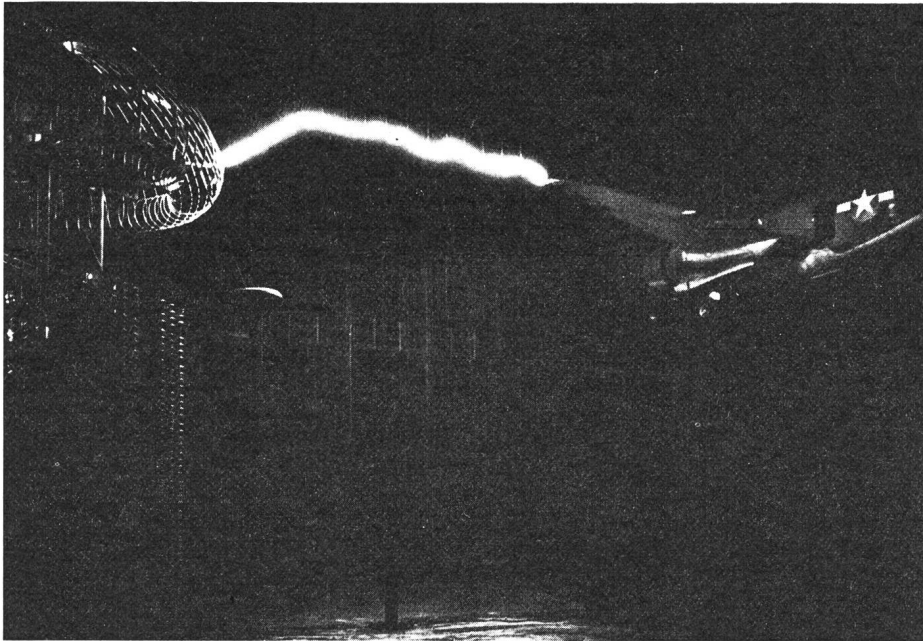


Fig. 7  
Blitzsimulation im LTRI

mit ihren möglichen technischen Anwendungen geboten und das jeweils Historische nur insoweit berücksichtigt, als es zum besseren Verständnis der Zusammenhänge notwendig erscheint. Auch wird besonderer Wert darauf gelegt, möglichst vielen Besuchern klarzumachen, welche wichtige Rolle die moderne Wissenschaft und Technik in dem Bemühen spielt, dem Menschen bessere Lebensbedingungen zu vermitteln. In diesem Bestreben wurde sehr viel Mühe auf eine eindrucksvolle Darstellung der Elektrizität als «man's most versatile servant» aufgewendet und durch gut durchdachte Demonstrationen belegt, nicht zuletzt auch im Bereich einer statischen Elektrizität mit ihren vielseitigen Anwendungen (Fig. 8). Darüber hinaus wird auch versucht, hervorragende wissenschaftliche und technische Leistungen darzustellen: So ist die Originalkapsel des ersten bemannten Mondfluges aus dem Apollo-Programm des Jahres 1968 sowie eine vollständig eingerichtete Kabine erster Klasse einer Boeing 747 zu sehen.

Deshalb kann es nicht verwundern, wenn seit dem Eröffnungsjahr 1933 rund 75 Millionen Personen aus 100 Ländern der Welt dieses Museum besucht haben. Bei so regem Interesse wird es auch weiterhin die wohl wichtigste Aufgabe zu erfüllen haben, eine mehr und mehr von Technik durchdrungene Gesellschaft besser auf ihre Zukunft vorzubereiten und zugleich zu versuchen, den Menschen bewusster in den Mittelpunkt allen Geschehens hineinzustellen.

#### Kompakt-Impulstechnik

In der Umgebung der kalifornischen Küstenstadt San Diego gelegen, haben sich die Maxwell Laboratories unter der Leitung ihres derzeitigen Präsidenten *Alan C. Kolb* in den letzten Jahren sehr eingehend mit der Entwicklung und dem Bau leistungsfähiger Impulsgeneratoren in extrem gedrängter Bauweise beschäftigt, um damit bei kleinster Induktivität möglichst steile Stromanstiege zu erzwingen. Demzufolge sind zunächst Stosskondensatoren hoher Energiedichte entwickelt worden, die nunmehr in einem Spannungsbereich von 30 bis 50 kV vorliegen und eine spezifische Energie von rund 200 kW/m<sup>3</sup> einzuspeichern gestatten, wobei mit Strömen bis zu 50 kA etwa 10 000 Entladungen erreicht werden können.

Im Verlauf weiterer Überlegungen sind solche Kondensatoren in Verbindung mit extrem schnellen Funkenstrecken zu vollständigen Stosskreisen zusammengebaut worden, wodurch Impulssysteme in einer Art Sandwichbauweise entstanden sind, die sich ihrerseits nach dem Marxschen Vervielfachungsprinzip zu kompletten Stossanlagen zusammenfügen lassen. Damit entstehen sog. Kompakt-Marxer mit extrem hoher Energiedichte bis zu 85 kW/m<sup>3</sup>, was etwa der 20fachen Energiedichte konventioneller Stossanlagen entspricht. Was in dieser Hinsicht erreichbar ist, veranschaulicht am besten die in Fig. 9 dargestellte 2,5-MV-

Kompaktanlage, in der je Meter Bauhöhe eine Summenladespannung von rund 1 MV bei 5 kW<sub>s</sub> Speicherenergie und 1 μH Induktivität untergebracht werden konnte. Derartige Stossanlagen werden sich überall dort als nützlich erweisen, wo es darauf ankommt, bei geringstmöglichem Raumbedarf Steilimpulse hoher Leistung greifbar zu haben. Aber auch für die Erzeugung von Triggerimpulsen im Nanosekundenbereich können derartige Kompaktanlagen dienlich sein.

#### Thunderbolt-Blitze

Wie bereits erwähnt, hat sich auf dem Rückflug ein Besuch des Forschungsschiffes Thunderbolt ermöglichen lassen, das in Miami Beach vor Anker liegt.

Die Thunderbolt war einstmals Kabeldampfer und ist mit ihren 1800 BRT und 11 Knoten<sup>2)</sup> Geschwindigkeit zu Beginn der sechziger Jahre vom LTRI gekauft und danach mit einem 10-MV-Stoßspannungsgenerator und einem 300-kA-Stoßstromgenerator von 125 kW<sub>s</sub> ausgerüstet worden, insbesondere mit dem Zweck, Flugzeuge auf ihr transientes Verhalten bei Einwirkung steiler Strom- und Spannungsimpulse, wie sie auch bei

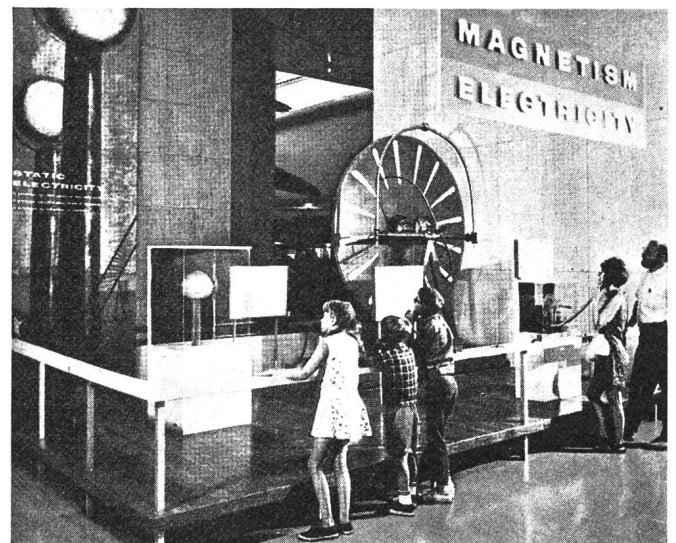


Fig. 8  
Statische Elektrizität im Museum of Science and Industry

<sup>2)</sup> 1 Knoten = 1,85 km/h.

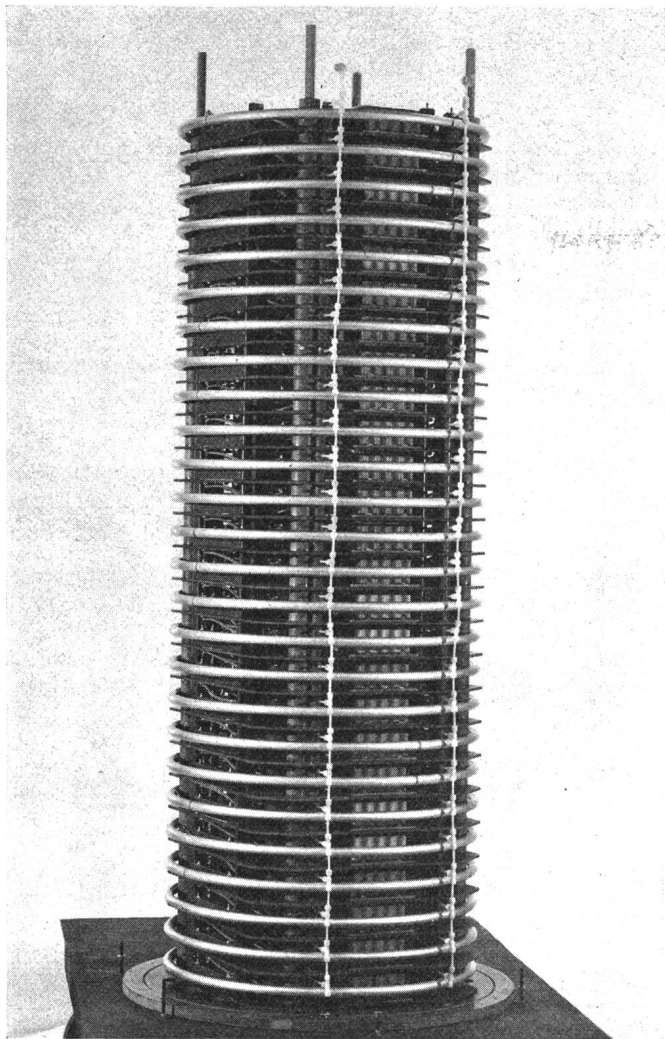


Fig. 9  
**2,5-MV-Kompakt-Marxer**  
 2,8 m Höhe; 13,8 kW Speicherenergie; 3  $\mu$ H Induktivität

Blitzinschlägen erwartet werden müssen, überprüfen zu können und zugleich auch genügend beweglich zu sein. Mit den ersten Messungen dieser Art sind im Jahre 1963 auf Veranlassung der Royal Canadian Air Force in Mayport in Florida durchgeführt worden. Später konnten auch andere Flugzeugtypen gleichermaßen getestet werden.

Um auch «Swept Strokes» simulieren zu können, wie sie auf der Oberfläche eines Flugzeuges durch Luftströmungen entstehen können, ist das Schiff mit einem Windkanal ausgerüstet worden, mit dessen Hilfe der sich ausbildende Entladungsfunkel über die zu untersuchende Oberfläche, wie beispielsweise über einen Tragflügel, hinweggetrieben werden kann.

In Ergänzung zu dem experimentellen Instrumentarium verfügt die Thunderbolt über einen geräumigen Seminarsaal, in dem wiederholt Vorträge und Lehrgänge abgehalten worden sind so wie auch über eine reichhaltige Bibliothek mit manch wertvollen Literaturhinweisen.

Über das Testen von Flugzeugen hinaus ist das Forschungsschiff zum Triggern natürlicher Blitze eingesetzt worden, über dessen Erfolge schon berichtet werden konnte [2]<sup>3)</sup>. Es ist zu erwarten, dass diese Art spektakulärer Experimente im Sommer des nächsten Jahres fortgesetzt werden, um auf diese Weise einmal mehr einen nützlichen Beitrag zu einem besseren Verstehen des Blitzphänomens vorstellen zu können.

Abschliessend ist es dem Verfasser ein besonderes Anliegen, sich bei allen jenen Institutionen aufrichtig zu bedanken, die an dem Zustandekommen einer Reise mitgewirkt haben, die in vieler Hinsicht informationsreich und belehrend zugleich gewesen ist.

<sup>3)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

#### Literatur

- [1] N. Hylten-Cavallius: An ultra high voltage laboratory - some technical and other problems. Journal ERA 1971, S. 13...19.  
 [2] H. Prinz: Fulminantes über Wolkenelektrizität. Bull. SEV 64(1973)1, S. 1...15.

#### Adresse des Autors:

Prof. Dr. Hans Prinz, Direktor des Institutes für Hochspannungs- und Anlagentechnik der TU München, Arcisstrasse 21, D-8 München 2.

## Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen des CE 46, Câbles, fils et guides d'ondes pour équipements de télécommunications, und seiner  
 Sous-Comités 46A, 46B und 46D vom 20. bis 30. März 1973 in Helsinki

### CE 46, Câbles, fils et guides d'ondes pour équipements de télécommunications

Das CE 46 kam je zu einer halbtägigen Sitzung am 20. März und am 30. März zusammen. An der ersten Sitzung nahmen 27 Delegierte aus 10 Ländern, an der zweiten Sitzung ebenso viele Delegierte aus 14 Ländern teil. Die Schweiz war durch einen Delegierten vertreten.

Nach Durchsicht der Länderkommentare zum Dokument 46(Secretariat)28, Methods of test for polyethylene insulation and sheath, wurde eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Ausarbeitung einer Empfehlung an die GT 3 für die weitere Bearbeitung des Dokumentes durch diese Arbeitsgruppe gebildet. Der Bericht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe wurde gutgeheissen. Im Zusammenhang mit dem Dokument 46(Secretariat)30, Waveguide vocabulary, wurden keine Detailfragen diskutiert, sondern diese sollen alle durch die verantwortliche GT 6 behandelt werden. Hingegen wurde für das weitere Vorgehen festgestellt, dass zunächst eine Fühlungnahme mit dem Bureau Central und eventuell dem Sekretariat des CE 1 zu erfolgen hat.

Das CE 46 wählte folgende neue Vorsitzende von Sous-Comités: für das SC 46A E. Ripatti (Finnland) anstelle von

W. Druey (Schweiz), für das SC 46C E. E. L. Winterborn (England) anstelle von L. Verberckx (Belgien) und für das SC 46D W. Druey anstelle von M. A. Eggink (Niederlande).

Das CE 46 beschloss, dass es selbst und seine Sous-Comités die nächste Tagung in etwa 18 Monaten – frühestens in 14 Monaten – abzuhalten wünscht. Eine Ausnahme bildet das SC 46A, weil seine Arbeiten bis dahin eventuell noch nicht weit genug fortgeschritten sein werden.

Schliesslich verabschiedete sich der bisherige Vorsitzende des CE 46, W. Druey, und begrüsst als neuen, vom Comité d'Action der CEI im November 1972 gewählten Vorsitzenden B. B. Jacobson (England).

### SC 46D, Connecteurs pour câbles pour fréquences radioélectriques

Das SC 46D, Connecteurs pour câbles pour fréquences radioélectriques, tagte vom 20. März nachmittags bis zum 23. März vormittags.

Zwei Sekretariatsdokumente konnten soweit bereinigt werden, dass sie nun der 6-Monate-Regel unterstellt werden können, nämlich 46D(Secretariat)20, Revision of Publication 169-1, Sub-