Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 59 (1968)

Heft: 19

Artikel: 50 Tage als Gastprofessor in Japan

Autor: Prinz, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916077

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: 10.07.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

50 Tage als Gastprofessor in Japan

Von *H. Prinz,* München

378.4(520)

Auf Einladung der Nihon Gakujutsu Shinko-Kai — der 1932 gegründeten japanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft — war dem Verfasser die einmalige Möglichkeit geboten, an den ehemals kaiserlichen Universitäten Tokio, Osaka und Kyoto Gastvorlesungen zu halten und im Verlauf von Besichtigungen und Rundreisen bemerkenswerte Anlagen und Einrichtungen der japanischen Elektrizitätsversorgung, der Elektroindustrie und der Forschungszentren kennenzulernen und dabei zugleich den traditionsgebundenen, von technischem Geschehen durchsetzten Rhythmus des Landes in seinen vielgestaltigen Erscheinungsformen inmitten der wohltuenden Atmosphäre seiner gastfreundlichen Menschen zu erleben. Es war einem glücklichen Umstand zu verdanken, dass sich eine Unterbringung in dem stilvollen Kokusai Bunka Kaigan in der Nähe des Tokyo Tower ermöglichen liess, einem internationalen Gästehaus unter der souveränen Leitung von *Shigeharu Matsumoto* — einstmals Rechtsanwalt, Journalist und zweimaliger Matterhornbesteiger —, zu dessen Eröffnung *John D. Rockefeller III.* vor nunmehr fast 20 Jahren die nachstehenden Worte gesprochen hat:

«As I have followed the development of the International House, it has seemed to me that it has tremendous potentialities. The world is becoming ever smaller as a result of modern communications and other technological advances. New cultures and old are thrust one upon the other. People are more and more aware of their neighbours, their problems and their aspirations. The necessity for a better understanding and a closer working relationship between nations and peoples becomes increasingly obvious.»

Auch der Japanaufenthalt des Verfassers als Gastprofessor an der Universität Tokio — der Tokyo Daigaku — war stets von diesem Geist eines besseren Verstehenlernens getragen, was sehr zu dem erfolgreichen Ablauf des vorgesehenen Reiseplanes beigetragen hat.

2267–2297

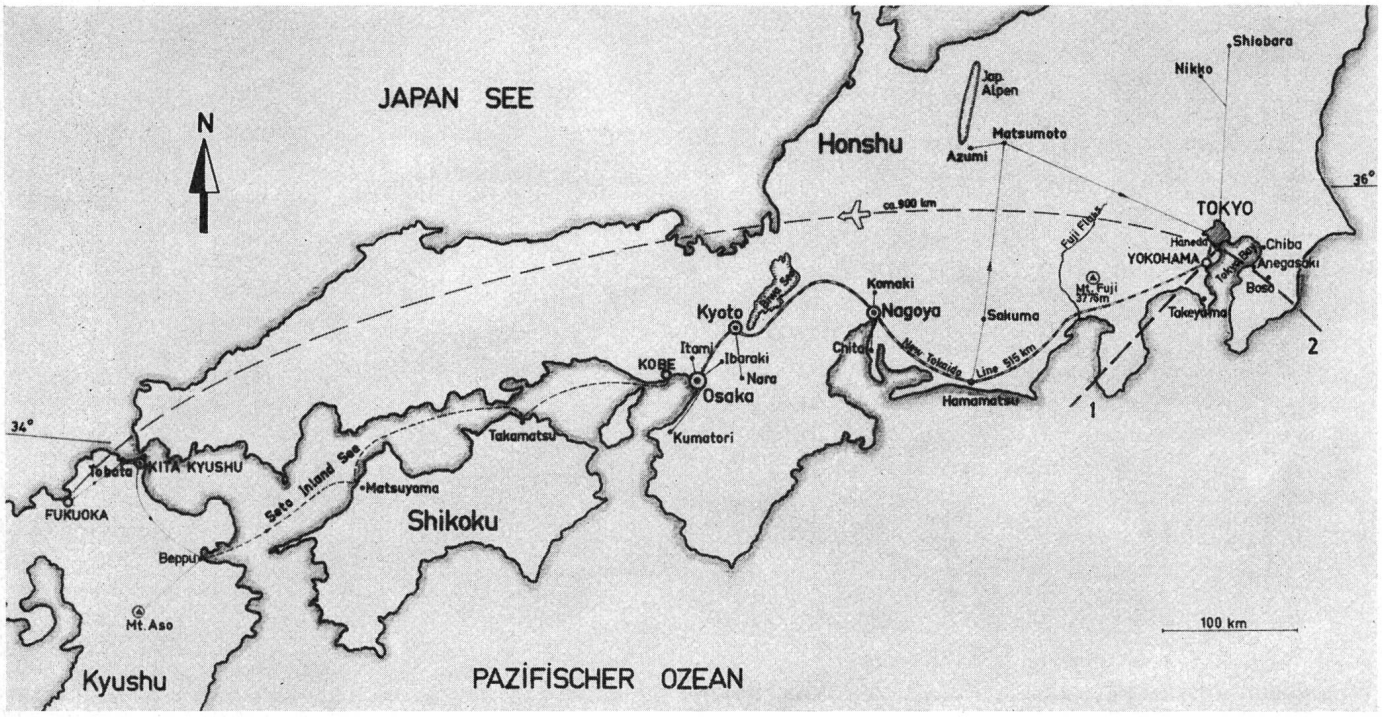

Fig. 1
Reiserouten während des Japanaufenthaltes Februar/März 1968
Das Programm war in einen Flug um die Welt über Boston—San Francisco—Honolulu (am 9. Februar 1968 von dort *2*) —Tokio—Hong Kong (am 30. März 1968 nach dort *1*) —Singapore—Bangkok—Beirut eingeplant

Fig. 2
Prof. Dr. Kazuo Okochi
Rektor der Universität Tokio

Das mannigfaltige und mit gut durchdachten Reiserouten (Fig. 1) ausgestattete Programm, dessen Planung und Betreuung in den Händen der beiden elektrotechnischen Abteilungen der gastgebenden Universität lagen, umfasste zunächst einige Vorlesungen an der Tokyo Daigaku über aktuelle Themen der Hochspannungstechnik. Im Anschluss an diesen ersten Tokio-Aufenthalt, der über die Lehrtätigkeit hinaus eine gedankliche Anpassung an die neue Umgebung erleichtern sollte, war Gelegenheit geboten, den Kansai-Distrikt mit Kyoto als der einstigen Wiege japanischer Kultur und Zivilisation und mit Osaka als dem bedeutsamen Industriezentrum von heute mit dem Hikari Super Express [1]) zu bereisen, dort einige Vorlesungen zu halten und auf der Rückfahrt auch Nagoya im Chubu-Distrikt als der drittgrössten Stadt Japans einen kurzen Besuch abzustatten. Der dann folgende zweite Tokio-Aufenthalt war in erster Linie einem Besuch der vier grossen elektrotechnischen Forschungszentren mit jeweils sich anschliessenden Diskussionen über deren wichtigste Aufgabengebiete vorbehalten und danach einem eingehendem Studium der japanischen Elektrizitätsversorgung, vor allem aus der Sicht ihrer Lastzentren im Stadtkern Tokios mit bereits 120 MW/km² sowie der voranschreitenden Entwicklung eines zukünftigen 500-kV-Höchstspannungsnetzes gewidmet. In diesem Zusammenhang war es besonders reizvoll, den ersten 600-MW-Block des Ölkraftwerkes Anegasaki in Betrieb zu sehen und einen Eindruck von der im Bau befindlichen grössten Pumpspeicheranlage am Azusa-Fluss mit 900 MW Endausbauleistung zu gewinnen. Nicht minder interessant war ein Besuch der seit Oktober 1965 in Betrieb befindlichen 300-MW-Gleichstrombrücke in Sakuma, die das 50-Hz-Ostnetz mit dem 60-Hz-Westnetz zum Zwecke eines gegenseitigen Leistungsaustausches verbindet. Im Verlauf des zweiten Tokio-Aufenthalts hat es sich dann ergeben, interessante Industrieanlagen der Tokyo-Bay und auch ihrer weiteren Umgebung besichtigen zu können, um schliesslich im Rahmen einer grosszügig geplanten Rundreise, die über 1000 km hinweg in die südlich gelegene Insel Kyushu führte, die einzigartige Landschaft in der Umgebung eines Mt. Aso kennenzulernen.

Mit den nunmehr folgenden Betrachtungen möge versucht werden, aus dem soeben skizzierten Programmablauf jene Beobachtungen und Erfahrungen herauszustellen, die für einen grösseren Leserkreis wissenswert und nützlich sein können und dazu beizutragen vermögen, missverständliche Auffassungen und Denkweisen zu berichtigen und damit im Sinne eines besseren Verstehenlernens wirksam zu werden. Dies scheint um so notwendiger zu sein, nachdem Japan im jüngsten Ablauf seiner Entwicklung mehr und mehr die Aufmerksamkeit einer interessierten Weltöffentlichkeit gefunden hat.

[1]) Hikari = Licht.

Diesen Beobachtungen und Erfahrungen sollen jedoch zum besseren Verständnis einige geographische Bemerkungen vorangestellt werden:

Japan besteht bekanntlich aus vier Hauptinseln mit Hokkaido im Norden, Honshu als der grössten Insel in der Mitte mit der Hauptstadt Tokio etwa auf 36° nördlicher Breite gelegen und den beiden Inseln Shikoku und Kyushu im Süden; dazu kommt eine unübersehbare Anzahl kleiner Inseln. Alle Inseln liegen etwa zwischen dem 45. und 27. Breitengrad und erstrecken sich über eine Entfernung von ungefähr 2600 km, was oft unterschätzt wird. Das japanische Territorium mit seinen rund 100 Millionen Menschen umfasst eine Gesamtfläche von nahezu 370 000 km², wobei jedoch bedacht werden sollte, dass nur etwa ein Fünftel dieser Fläche bewohnbar ist. Um eine nur ungefähre Vorstellung von der dortigen Bevölkerungsdichte zu bekommen, müsste man sich demnach vorstellen, dass 100 Millionen Menschen in einem Raum des Landes Bayern oder 60 Millionen in der Schweiz wohnten! Zu den daraus erwachsenden soziologischen Problemen kommen einige durch die Geographie des Landes bedingte Erschwernisse, die für die Planung und den Betrieb von Hochspannungsanlagen von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind: Dazu gehört einmal die innerhalb von Küstengegenden stets vorhandene salzhaltige Meeresluft, die unter bestimmten Gegebenheiten eine starke Isolationsminderung herbeizuführen vermag. Dann sind es vor allem die in den Monaten August bis Oktober zu erwartenden Taifune [2]), die — wie auch die Erfahrung gelehrt hat — orkanartige Stürme und sturzwellenartige Wassereinbrüche innerhalb der in Küstennähe gelegenen Transformator- und Verteilerstationen verursachen und durch die mitgeführte salzhaltige Luft bewirken können, dass sich auf den Isolatorenoberflächen feinste Salzschichten bis 1 mg NaCl/cm² absetzen, die oft erst nach Tagen oder Wochen — sobald sich nämlich eine genügend hohe Luftfeuchtigkeit eingestellt hat — eine rasche Aufeinanderfolge von Isolatorenüberschlägen mit den daraus sich ergebenden Netzstörungen einzuleiten vermö-

[2]) Als Taifune bezeichnet man Wirbelstürme des Pazifischen Ozeans von mehr als 120 km/h entsprechend etwa 45 m/s, deren mitgeführte Luftmassen sich auf der nördlichen Hemisphäre im Gegenuhrzeigersinn drehen und zum Nordpol hin bewegen. Die dadurch bedingten erheblichen Windkräfte können innerhalb weniger Minuten Sturzwellen von einigen Metern Höhe zur Folge haben.

Fig. 3
Akamon — das 1827 fertiggestellte rote Tor — gilt als Wahrzeichen der Tokyo Daigaku

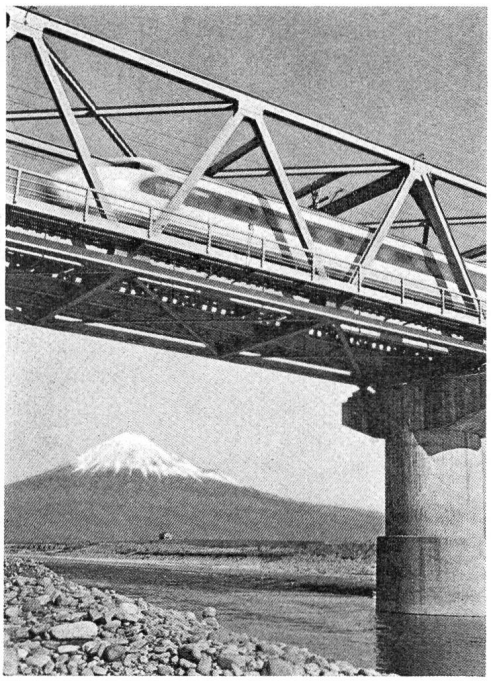

Fig. 4
Hikari Super Express mit Mt. Fuji beim Überqueren des Fuji-Flusses

gen. Und schliesslich sind es die zahlreichen Erdbeben — im Jahresmittel etwa 1500 —, von denen manche auch in der Elektrizitätsversorgung zu empfindlichen Störungen führen können und deshalb vorsorglicher Massnahmen bedürfen, wie die mechanisch stark beanspruchten Anlageteile für die halbe Erdbeschleunigung — also 0,5 g — auszulegen. So wird verständlich, welche Bedeutung diesen geographischen Sonderproblemen aus der Sicht einer betriebssicheren Elektrizitätsversorgung beigemessen wird, was einem des Landes Unkundigen oft nur schwer verständlich gemacht werden kann.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen sollen nunmehr die interessantesten Reisephasen vorgestellt werden:

An der Tokyo Daigaku

Im Jahre 1877 als die älteste der einstmals acht kaiserlichen Universitäten auf feudalem Areal mit 4 Fakultäten gegründet, gilt die Tokyo Daigaku mit ihren nahezu 12 000 Studenten als die beste und berühmteste Universität des Landes, an der zu studieren als eine besondere Auszeichnung betrachtet wird. In ihrem derzeitigen Status umfasst diese Schule insgesamt 10 Fakultäten mit 60 Abteilungen, zu denen auch die beiden Abteilungen für Elektrotechnik — das Department of Electrical Engineering sowie das 1958 hinzugekommene Department of Electronic Engineering — mit ihren etwa 350 Studenten zu rechnen sind. Während seiner Zugehörigkeit als Gastprofessor hatte der Verfasser Gelegenheit, die Thematik der Gewitterblitze in mythologischer und wissenschaftlicher Denkweise vorzutragen [33] [3]) und das Hochspannungsfeld mit seinen verschiedenen Berechnungsverfahren in einem sich anschliessenden Lehrgang [15] zu behandeln. Als erfreulich wurde es empfunden, dass darüber hinaus die Möglichkeit bestanden hatte, mit interessierten Kollegen der beiden Abteilungen aktuelle Probleme der wissenschaftlichen Lehre und Forschung zu besprechen und Fragen einer zukünftigen Studienplangestaltung zu erörtern, die sich bei der wachsenden Stoffülle auf eine noch profundere Behandlung der Grundlagenfächer wird ausrichten müssen.

Bemerkenswerterweise sind in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg nicht nur in Tokio, sondern auch im übrigen Japan viele neue Universitäten gegründet worden, wohl mit dem Ziel, mehr Nachwuchskräfte als bisher einem Universitätsstudium insbesondere mit technischer Orientierung zuführen zu können. Dabei sollte allerdings bedacht werden, dass nur an 21 japanischen Universitäten von den insgesamt über 400 ein Elektrotechnikstudium mit anschliessender Promotion im Sinne einer mitteleuropäischen Technischen Hochschule geboten wird. Für einen Vergleich der Studentenzahlen mit Deutschland muss davon ausgegangen werden, dass den rund 10 000 Studenten, die im Augenblick an den 8 Technischen Hochschulen der Bundesrepublik Elektrotechnik studieren, die rund 16 600 Studenten in Japan gegenüberzustellen sind, die derzeit an diesen 21 Universitäten ein Elektrotechnikstudium durchmachen. Das würde bedeuten, dass in beiden Ländern etwa die gleiche Anzahl von Hochschulstudenten der Fachrichtung Elektrotechnik, bezogen auf eine Million Einwohner, in der Ausbildung begriffen ist, nämlich etwa 170.

Der Tokyo Daigaku sind neben den vielen Instituten, die sich auf dem etwa 0,5 km² umfassenden Hongo Campus befinden, rund 50 weitere wissenschaftliche Institute angegliedert, die über ganz Japan verteilt sind und vom Süden Kyushus bis zum Norden Hokkaidos reichen. An der Spitze dieser hervorragenden Bildungsstätte steht als derzeitiger Rektor Prof. Dr. *Kazuo Okochi* (Fig. 2), von seinen Kollegen geachtet und seinen Studenten verehrt. Für besondere Empfänge steht ihm das im japanischen Stil und auf historischem Universitätsareal errichtete Gästehaus Kaitokukan zur Verfügung, das in seiner getragenen Architektur die Würde des Hausherrn unterstreicht, die dem Besucher gleichermassen beim Betrachten des im Südareal gelegenen Akamon — des roten Tores (Fig. 3) — begegnet, das einstmals an die Heirat des feudalen Lords Maeda mit einer Tochter des Shōgun Tokugawa erinnern sollte und heute als Wahrzeichen der Tokyo Daigaku gilt.

Im Hikari Super Express

Mit zu den eindrucksvollsten Erinnerungen eines Japanbesuches gehört zweifellos eine Fahrt mit einem der Hikari-Expresszüge (Fig. 4) der New Tokaido Line [14; 18; 31], die bei Reisegeschwindigkeiten bis zu 210 km/h und modernstem Komfort die zwischen Tokio und Shin-Osaka lie-

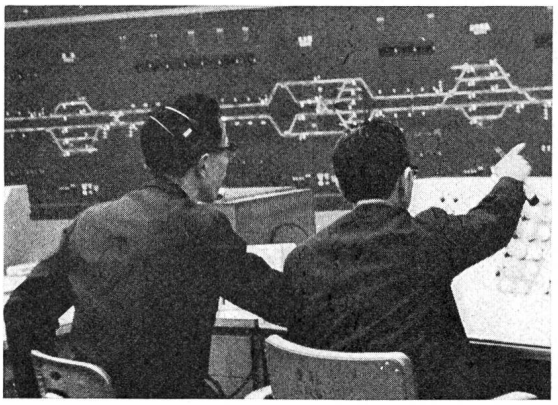

Fig. 5
Zentrale Warte der New Tokaido Line in Tokio

[3]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

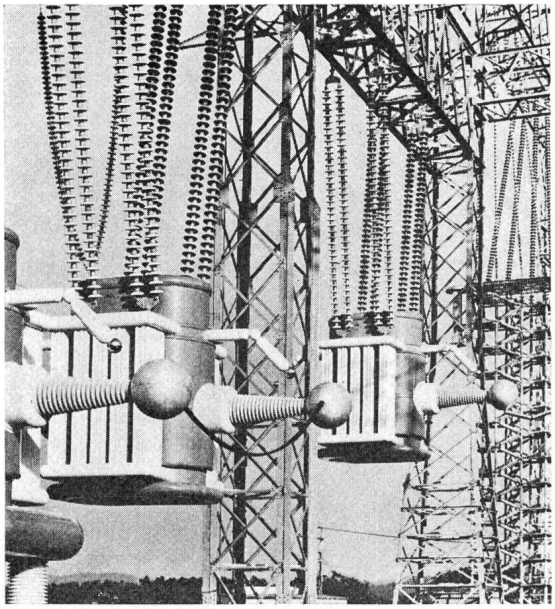

Fig. 6
1,65-MV-Dreifach-Prüfkaskade der Sumitomo Electric Industries Ltd. in Kumatori

genden 515 km des Tokaido-Gebietes in 3 h 10 min zurücklegen, wobei die zwei Kurzaufenthalte in Nagoya und Kyoto mit eingerechnet sind. Zu einem Ereignis besonderer Art wird eine solche Fahrt aber dann, wenn die rasante Schnelligkeit eines 9000-kW-Hikari Super Express, der seine Höchstgeschwindigkeit über eine Anfahrspitze von 15 000 kW [4]) in 4,5 min zu erreichen vermag, von seinem Führerstand beobachtet werden kann. Vor allem sind es die Lichtschatteneffekte der zahlreichen Stahlgitterbrücken und Tunnels und dann die rasch aufeinanderfolgenden Gegenzüge, die den Eindruck der Schnelle im höchsten Geschwindigkeitsbereich von 160 bis 210 km/h bewusster werden lässt. In diesem Zusammenhang mag es interessant sein zu erfahren, dass der vom Zugführer jeweils einzuhaltende Geschwindigkeitsbereich von einem in der zentralen Warte (Fig. 5) befindlichen Programmiergerät vorgegeben und von dort mit Steuerimpulsen auf den fahrenden Zug übertragen wird. Sofern der betreffende Zug in einen neuen der 5 möglichen Geschwindigkeitsbereiche einfahren soll, die durch die Grenzen 0–30–70–110–160–210 gekennzeichnet sind, macht ein Hupensignal den Zugführer auf die Geschwindigkeitsänderung aufmerksam und ein Blick auf das rote Lichtband des Sollwertgebers lässt ihn dann den neuen einzuhaltenden Geschwindigkeitsbereich erkennen. Soll daraufhin die Geschwindigkeit erhöht werden, dann ist es Sache des Zugführers, den neuen Bereich anzusteuern. Soll dagegen mit verminderter Geschwindigkeit weitergefahren werden, dann ist es ein automatisches Bremsen, das den Zug von selbst in den neuen Geschwindigkeitsbereich einschleust. Es ist klar, dass bei einer solchen Zugfernsteuerung, die sich nach den bisher vorliegenden Erfahrungen bestens bewährt hat, auf die sonst üblichen Streckensignale verzichtet werden kann.

Die Fahrleitung der neuen Tokaido-Linie, die nahezu 70 Tunnelkilometer und rund 20 Brückenkilometer umfasst, wird mit 60-Hz-Wechselstrom von 25 kV betrieben und über insgesamt 25 fernsteuerbare Unterwerke der Allgemeinversorgung angespeist, und zwar mit 19 Unterwerken aus dem 60-Hz-Netz und mit den restlichen 6 Unterwerken aus dem 50-Hz-Netz über die beiden Frequenzumformer-Stationen Odawara und Yokohama. Bei der Festlegung der Unterwerkleistung wurde davon ausgegangen, dass die 515 km lange Strecke in einigen Jahren mit bis zu 240 Zugpaaren pro Tag belastbar sein muss, woraus eine gesamte Einspeiseleitung von $25 \cdot 30 = 750$ MVA errechnet wurde; das sind rund 1500 kVA/km oder das 10fache im Vergleich zu dem bis heute elektrifizierten Streckennetz der Deutschen Bundesbahn.

Seit der Eröffnung der neuen Tokaido-Linie im Oktober 1964 — also kurz vor Beginn der damaligen Olympischen Spiele — sind mehr als 100 Millionen Personen auf ihr befördert worden, und am 4. Januar dieses Jahres konnte die bisherige Höchstfrequenz von 269 246 Personen erreicht werden. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass die neue Tokaido-Linie, obwohl sie nur 3% des Streckennetzes der Japanese National Railways ausmacht, rund ein Viertel des gesamten Personen- und Güterverkehrs der japanischen Staatsbahnen auf sich konzentrieren konnte. Diese Verkehrsdichte wird dann verständlich, wenn man bedenkt, dass das Tokaido-Gebiet etwa 50% der Bevölkerung und 70% aller industrieller Betätigung Japans in sich vereinigt. Bei dieser Situation ist der Zeitpunkt absehbar, wo die bereits heute mit 140 Zugpaaren pro Tag ausgelastete Strecke in nicht allzu ferner Zeit ihre maximale Kapazität erreicht haben wird, so dass dann eine dritte Tokaido-Linie gebaut werden müsste. Ein grosser Teil der japanischen Experten glaubt, dass auf ihr «Ultra-Super-Expresszüge» mit 350 km/h verkehren könnten. Kyoto würde dann in weniger als 2 Stunden von Tokio aus erreichbar sein. Wieviel Tage musste es wohl ge-

Fig. 7
Die im Jahre 607 errichtete fünfstöckige Pagode des Horyuji-Tempels, des ältesten Tempels Japans

[4]) Dies gilt für eine 12-Wagengarnitur mit 210 km/h. Bei einer 16-Wagengarnitur mit 250 km/h würden sogar 25 000 kW zu erwarten sein.

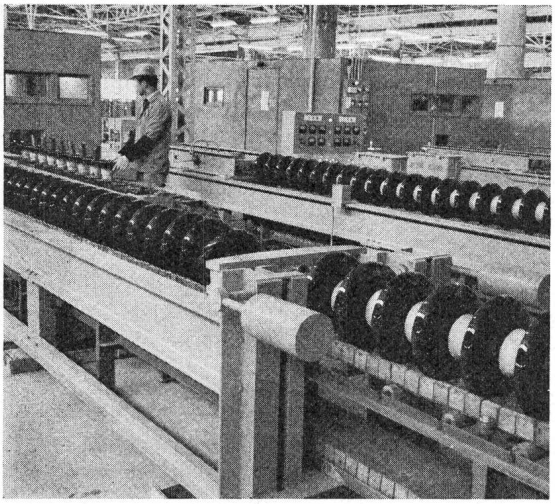

Fig. 8
Isolatorenprüfstand der NGK Insulators in Komaki

dauert haben, um auf der alten Tokaido-Strasse eines feudalistischen Japans von der damaligen Hauptstadt Kyoto nach Edo, dem heutigen Tokio, zu gelangen?

Industrie im Kansai- und Chubu-Distrikt

Im Verlauf der Bereisung des Städtedreiecks Osaka—Kyoto—Nagoya hatte der Verfasser die Möglichkeit, in einige Fertigungsbetriebe der dort ansässigen Elektroindustrie Einblick zu nehmen. Auf der Seite der starkstromtechnischen Firmen war es die Mitsubishi Electric Corp., die zu einem Besuch ihrer Transformatoren- und Schalterfertigung im Itami-Werk eingeladen hatte. Dann war es die Sumitomo Electric Industries Ltd., die ihre erst vor wenigen Jahren fertiggestellte Höchstspannungs-Freiluftanlage in Kumatori [2], 35 km südlich von Osaka, vorstellte. Neben einer 1,65-MV-Dreifach-Prüfkaskade (Fig. 6), deren Kessel im Gegensatz zu der sonst üblichen europäischen Technik mit hochelastischen Membrankörpern abgeschlossen sind, ist dort ein 6-MV-Stossgenerator von 300 kWs aufgestellt. Desweiteren steht eine 300 m lange Hochspannungsleitung für Korona- und Störpegelmessungen [21] sowie ein Kabelprüfstand zur Verfügung, in dem Dauerversuche an 275-kV-Ölkabeln laufen und zeitweise auch SF_6-Kabelstücke getestet worden sind [22]. Die ebenfalls der Sumitomo-Gruppe angehörende Nissin Electric Co. zeigte in ihrem Werk Kyoto eine ausgezeichnete Kondensatorenfertigung, die eine Monatskapazität von rund 200 Mvar erreichen konnte.

Im Verlaufe des Kyoto-Aufenthaltes hat es sich einrichten lassen, einige der dortigen Sehenswürdigkeiten zu besichtigen, wie den in der Gegend von Nara gelegenen Horyuji-Tempel (Fig. 7), der zu Beginn des 7. Jahrhunderts gebaut wurde und als eine der ältesten Holzbauten der Welt gilt. Auch sonst vermag Kyoto als Stadt vieler herrlicher Paläste und Gärten einem aufgeschlossenen Besucher einen Hauch aristokratischer Eleganz zu vermitteln, der selbst in einem rastlosen Japan modernster Prägung deutlich spürbar ist.

Im Hinblick auf die Bedeutung, die der Elektrokeramik vor allem für die Verteilung elektrischer Energie nach wie vor zukommt, war es von besonderem Interesse, das neueste Werk des grössten Porzellanherstellers der Welt, der Nippon Gaishi Kaisha Insulators — kurz NGK Insulators — in Komaki, 15 km nördlich von Nagoya, kennenzulernen. In einer sich stetig weiter mechanisierenden Fertigung werden dort mit einem Stab von derzeit 400 Leuten — später einmal werden es nur 150 sein — monatlich 500 000 Freileitungsisolatoren mit ausschliesslich weisser Glasur hergestellt, die zu 80% in nahezu alle Länder der Welt exportiert werden [12]. Für die Qualität scheint es bedeutsam zu sein, dass alle Isolatoren einer scharfen Temperatursturzprobe und darüber hinaus auch einem mechanischen Test unterworfen werden (Fig. 8). Für die Prüfung und Entwicklung von Freileitungsisolatoren, die einmal unter schwierigen atmosphärischen Bedingungen im 500-kV-Bereich und höher verwendbar sein sollen, wird in Komaki zu den bereits bestehenden Einrichtungen eine nach modernsten Gesichtspunkten ausgelegte Hochspannungshalle mit über 40 000 m³ Kubatur gebaut [27], die innerhalb eines doppelten Faraday-Käfigs eine 1,65-MV-Kaskade und einen 6-MV-Stossgenerator umfassen wird und bis zum Oktober dieses Jahres ihrer Vollendung entgegensieht. Im übrigen ist daran gedacht, der Verwendbarkeit von Kunststoffen erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Als Pendant zur Starkstromtechnik bestand schliesslich noch die Möglichkeit, das Fernsehgerätewerk der Matsushita Electric Industrial Co. in Ibaraki mit Bandmontage (Fig. 9) zu besichtigen Es sind dort 3500 Leute mit einem Durchschnittsalter von 23,2 Jahren beschäftigt, die monatlich bis zu 200 000 Fernsehgeräte fertigen, wovon etwa ein Drittel in den Export abwandert. Es mag wohl mit der ständigen Pflege des Qualitätsgedankens sowie einer gut fundierten wissenschaftlichen Forschung zu verdanken sein, dass das Werk in diesem Jahr auf ein 50jähriges Bestehen zurückblicken kann. Wie sollten sonst die in der Montagehalle zu lesenden Worte zu verstehen sein

«Excellent products of the future can be born only as a result of thorough and extensive basic research»?

Die vier elektrotechnischen Forschungszentren

Bereits um die Jahrhundertwende hat Japan die Bedeutung einer gediegenen Grundlagenforschung für jeglichen technischen Fortschritt erkannt, was zu der im Jahre 1891 erfolgten Gründung des Electrotechnical Laboratory als staatliche Institution geführt hat, das heute dem Ministerium für Handel und Industrie untersteht. Mit seiner Hauptverwaltung in Tokio verfügt es in dem 20 km westlich davon gelegenen Tanashi mit seinen 800 Leuten und einem derzeitigen Jahresetat von rund 40 Millionen DM — das entspricht 50 000 DM pro Beschäftigten — über sehr gediegene

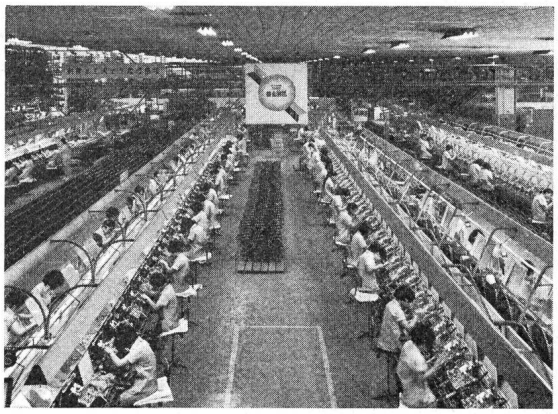

Fig. 9
Montage von Fernsehgeräten bei Matsushita Electric Co. in Ibaraki

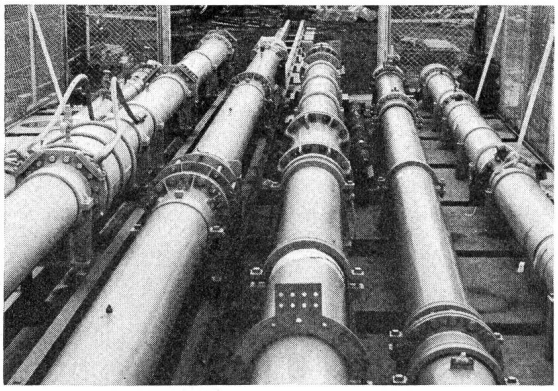

Fig. 10
275-kV-SF_6-Druckgaskabel im Versuchsstand des Central Research Institute of Electric Power Industry

Forschungsmöglichkeiten, deren einzelne Arbeitsbereiche in 10 Abteilungen aufgegliedert sind. Der Abteilung Power steht unter anderem eine 800-kV-Versuchsleitung zur Verfügung, an der in den Jahren 1961 bis 1965 zahlreiche Koronamessungen an Bündelleitern vorgenommen worden sind, die schliesslich zu dem 500-kV-Bündel 4 · 28,5/400 geführt haben [7; 8]. Für Untersuchungen in Dielektrika wurde ein Koronadetektor [10] und in jüngster Zeit ein elektrisches Vibrationsverfahren entwickelt, das auch für Feldmessungen gut geeignet sein dürfte.

Nach dem zweiten Weltkrieg ist dann im Jahre 1949 das Institute of Industrial Science als eine Art Ausseninstitut der Universität Tokio gegründet worden, mit dem Ziel, gut qualifizierte Forschungsleute der Universitäten und auch der Industrie weiter auszubilden und auf ihre zukünftigen Aufgabengebiete noch besser vorzubereiten. An der Spitze dieser Institution steht Prof. Dr. *Shin-Ichi Kikuchi,* dem innerhalb der vorhandenen 5 Abteilungen jeweils ein Professor nebst einem Associate-Professor zugeteilt sind. Die erforderliche enge Bindung zur Tokio Universität wird durch die Vergabe von Lehraufträgen an dafür geeignetes Forschungspersonal des Instituts aufrechterhalten. Die meisten der rund 100 Laboratorien sind in dem 48 000 m² umfassenden Azabu-Campus von Tokio untergebracht, der restliche Teil liegt in dem Experimentiergelände Chiba, wo weitere 100 000 m² Fläche disponibel sind. Derzeit verfügt das Institut über einen Personalstand von 550 Leuten bei einem Etat von rund 8 Millionen DM. In seiner elektrotechnischen Abteilung hat sich in jüngster Zeit ein Team sehr eingehend mit dem Problem der Zählung von Blitzen befasst, wozu 97 über ganz Japan verteilte Stationen mit Pierce-Golde-Zählern ausgerüstet worden sind [17]. Ein weiteres Arbeitsteam beschäftigt sich mit dem Laser-Stromwandler in seiner Verwendbarkeit für Höchstspannungsanlagen [11]. Sofern es gelingt, die Lebensdauer der Laser-Röhren wirksam zu erhöhen, scheint der Laser-Stromwandler durchaus interessant zu werden.

Drei Jahre später ist dann als drittes Forschungszentrum das ausserordentlich leistungsfähige Central Research Institute of the Electric Power Industry — kurz Criepi — mit seinem Technical Laboratory am westlichen Stadtrand von Tokio hinzugekommen, bei dessen Gründung die noch zu besprechenden 10 Versorgungsunternehmen Japans Pate gestanden haben, die auch um dessen laufende Finanzierung durch Abzweigung von 0,2 % ihres Energieabsatzes stets besorgt bleiben [5]). Damit kann das Institut über einen Jahresetat von derzeit rund 25 Millionen DM verfügen, der bei einem Personalstand von 600 Leuten einer Kopfrate von etwas mehr als 40 000 DM entspricht. Gemäss Artikel 2 der Gründungsurkunde hat das Institut den Zweck:

«... to increasing the efficiency of the general management of the electric power industry through enhancement of the technical level by undertaking research, investigations and tests ... By undertaking every daily work along this purpose, the Institute is to serve to Japan's industrial development and the promotion of social welfare»,

den es, soweit sich dies aus den vorliegenden Jahresberichten entnehmen lässt, erfolgreich erfüllen konnte. Die vielseitigen Arbeitsgebiete der 12 Abteilungen des Instituts überdecken einen weitgefassten Bereich der Starkstromtechnik, der vom Kraftwerk über das Verteilungsnetz bis zum Verbraucher elektrischer Energie reicht und auch Sonderstudien beinhalten kann, wie beispielsweise die Dynamik von Staudämmen. Oft werden auch Probleme in Zusammenarbeit mit den beiden bereits erwähnten Forschungszentren durchgeführt, wie die wichtige Frage des Einflusses von Salzschichten auf die Überschlagfestigkeit von Isolatoren [24], was die möglichen Erfolgschancen ohne Zweifel wirksam zu erhöhen vermag. Andere Arbeiten wiederum entstehen in Zusammenarbeit mit der einschlägigen Elektroindustrie, wofür die Entwicklung eines leistungsstarken 275-kV-SF_6-Druckgaskabels für 2500 MVA als typisches Beispiel betrachtet werden kann [25] (Fig. 10). Späterhin hat das Institut unter Mitwirkung von 5 Kabel- und 2 Isolatorenfirmen noch eine Höchstspannungs-Prüfanlage in der Gegend von Shiobara hinzubekommen, die sich durch extreme atmosphärische Bedingungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von 35 bis 40 m/s sowie eine jährliche Gewitterhäufigkeit von 70 Tagen auszeichnet. Dort steht neben anderen Betriebseinrichtungen innerhalb eines

[5]) Vergleichsweise stellt die EDF 1,2 % und das englische CEB 1,5 % ihres Energieumsatzes zur Verfügung. Es wäre zu wünschen, dass sich eine derartig grosszügige Finanzierung auch andernorts einführte.

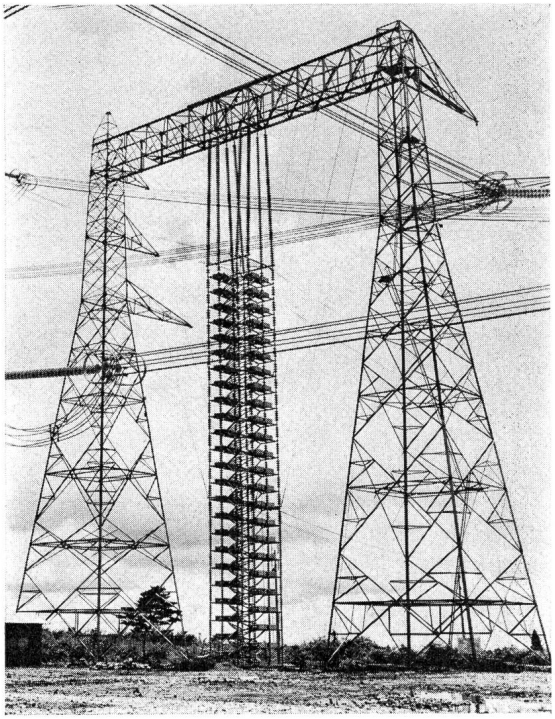

Fig. 11
10-MV-Stossgenerator, 750 kWs, des Central Research Institute of Electric Power Industry in Shiobara
Gerüsthöhe 37 m

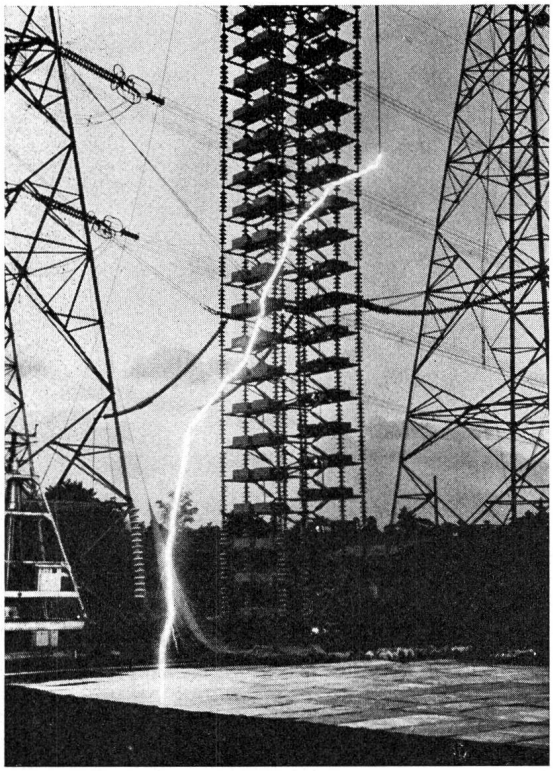

Fig. 12
9-m-Stossdurchschlag in Shiobara

37 m hohen Gerüstes der bisher grösste Stossgenerator der Welt für 10 MV und 750 kWs (Fig. 11), mit dessen Hilfe erstmals Schlagweiten von nahezu 10 m (Fig. 12) erreicht werden konnten [3; 6; 30].

Als letztes der vier Forschungszentren wurde im Jahre 1958 unter Mitwirkung wiederum der 10 japanischen Versorgungsunternehmen sowie von 5 Elektrofirmen das High Voltage Laboratory in dem Küstenort Takeyama westlich der Tokyo-Bay errichtet und auf einem Areal von 200 000 m² ein kombiniertes Hochspannungs-Hochleistungs-Prüffeld für die gezielte Aufgabe konzipiert, 500-kV-Material auf seine Betriebssicherheit überprüfen zu können. Für Untersuchungen seines Isolationsverhaltens ist eine 500-kV-Testanlage disponibel, die seit April 1967 in Betrieb ist und aus einer 500-kV-Einspeisung mit Absprüheinrichtung, einer 0,5 km langen Versuchsleitung sowie einem sich daran anschliessenden Isolatorenprüfstand besteht, der direkt an die Küste des Pazifischen Ozeans angrenzt. Im Hinblick auf das dadurch zu erwartende starke Versalzen der Isolatorenoberflächen bis zu 0,2 mg NaCl/cm² wurde die Leitung mit erhöhter Isolation [6]) ausgeführt und die Phasenseile 4 · 28,5/400 an 38 Nebel-Kappenisolatoren aufgehängt. Dementsprechend sind auch die Betriebseinrichtungen der übrigen 500-kV-Anlage mit extrem langen Isolierkörpern von 8 m Länge versehen worden, die entweder monatlich zweimal abgesprüht (Fig. 13) oder zur Minderung des Feuchtigkeitseinflusses mit Siliconfett vorbehandelt werden. Um die Frage der Vernebelung von Isolatoren mit abgelagerten Salzschichten noch intensiver studieren zu können, wurde erst kürzlich eine 600-kV-Nebelkammer von 20 × 20 × 20 m³ umbautem Raum in Betrieb genommen, die von einem leistungsfähigen Prüftransformator (Fig. 14) eingespeist wird. Nach der Vernebelung bilden sich dann an der Oberfläche solcher Isolatoren leistungsstarke Kaskadenlichtbögen aus [29] (Fig. 15).

[6]) Hiefür werden 60 bis 70 % längere Isolierketten und Isolatoren als notwendig erachtet.

Als Resümee möge abschliessend festgestellt werden, dass die vier elektrotechnischen Forschungszentren mit ihrem internen und externen Zusammenspiel ein sehr leistungsfähiges Instrument darstellen, das aussichtsreiche und erfolgversprechende Entwicklung anzubahnen in der Lage ist, die sowohl einer Stärkung der japanischen Elektroindustrie in ihrem Exportbemühen zugute kommen als auch letztlich mit dazu beitragen, eine betriebssichere Elektrizitätsversorgung der Zukunft aufzubauen, woran Japan wegen seines insularen Eigenverbundbetriebes besonders interessiert sein muss.

Japans Elektrizitätsversorgung

In diesem Zusammenhang scheint es angebracht zu sein, einige interessante Aspekte der japanischen Elektrizitätsversorgung einzublenden.

Soweit sich den ausgezeichnet redigierten Informationsberichten des Overseas Electrical Industry Survey Institute [16] entnehmen lässt, hat die japanische Energieerzeugung wohl mit als Folge des starken wirtschaftlichen Aufschwunges in den abgelaufenen 10 Jahren im Mittel um 11 % zugenommen, was dazu geführt hat, dass Japan mit seinen nunmehr über 200 Mrd. kWh an die dritte Stelle der Energieproduzenten der Welt nach den USA und der UdSSR gerückt ist. Als Folge dieses rasanten Anstieges, der etwa einer Verdreifachung der Energieerzeugung innerhalb von 10 Jahren gegenüber der sonst üblichen Verdoppelung entspricht, ist um das Jahr 1960 ein Überschneiden mit dem Energieanstieg der Bundesrepublik Deutschland eingetreten (Fig. 16).

Was die Organisationsform der japanischen Elektrizitätsversorgung anbelangt, so ist das Vierinselgebiet im Jahre 1951 in 9 privatwirtschaftlich orientierte Versorgungsunternehmen aufgeteilt worden (Fig. 17), die innerhalb ihres Gebietes von der Erzeugung bis zum Heranführen der elektrischen Energie an die letzte Steckdose verantwortlich sind. Soweit es sich um den Bau grosser Wasserkraftanlagen handelt, ist dann ein Jahr später seitens des japanischen Staates als 10. Versorgungsunternehmen die Electric Power Develop-

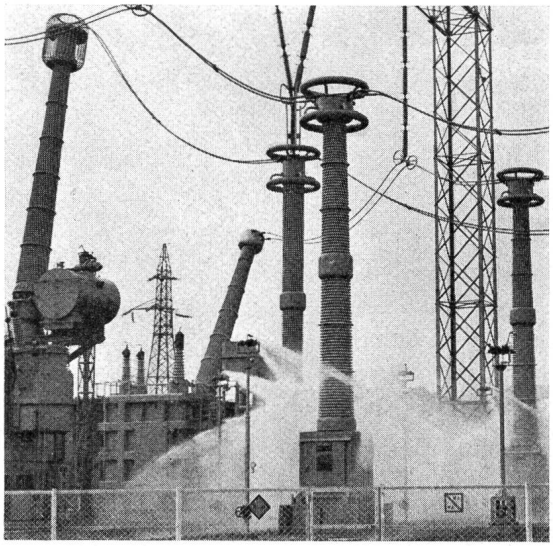

Fig. 13
500-kV-Einspeisung mit Absprüheinrichtung im High Voltage Power Laboratory in Takeyama
Isolatorenlänge 8 m

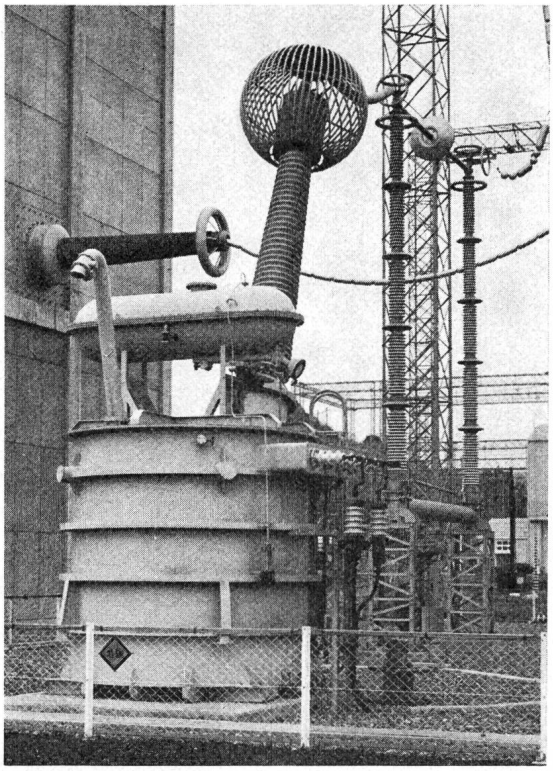

Fig. 14
600-kV-Prüftransformator für die Nebelkammer des High Voltage Power Laboratory in Takeyama

ment Co. — kurz Epdco — hinzugekommen, die jedoch ihre gesamte Energie, ebenso wie auch die noch vorhandenen 60 kleineren Versorgungsunternehmen, an die 9 Regionalunternehmen absetzen muss. Dazu kommen dann noch Selbstversorger der Industrie. Beispielsweise haben sich im Jahre 1966 die 9 Regionalunternehmen mit 75 %, die Epdco mit 4%, die Kleinversorgungsunternehmen mit 8% und die

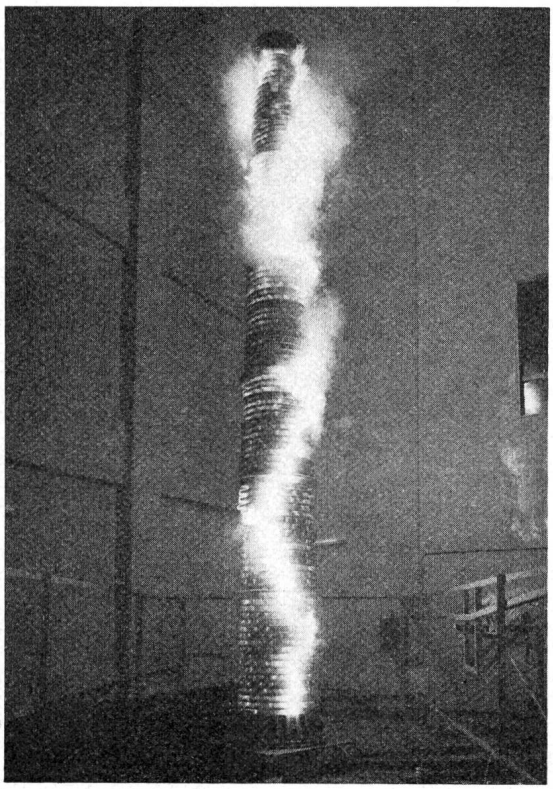

Fig. 15
Kaskadenlichtbogen an einer vernebelten 500-kV-Durchführung in Takeyama

Selbstversorger mit 13 % an der Jahreserzeugung von 215 314 Mrd. kWh beteiligt. Dabei entfielen 63 % auf thermische und der Rest auf hydraulische Energie, nachdem Atomenergie (166 MW Takei) und Erddampf (30 MW in Kyushu) bisher unbedeutend geblieben sind.

Diese 9 Regionalunternehmen sind über 220-kV- und 275-kV-Kuppelleitungen zu einem Strahlen-Verbundbetrieb zusammengefügt (Fig. 17), an welchem zum Zeitpunkt der letzten Winterspitze vom 14. Dezember die Tokyo Electric Power Co. — kurz Tepco — mit 10 350 MW, die Kansai Electric Power Co. mit 6720 MW und schliesslich die Chubu Electric Power Co. mit 4900 MW beteiligt gewesen waren, was im Hinblick auf den 70%igen Anteil des Tokaido-Gebietes am gesamten Industrievolumen durchaus verständlich ist.

Um mit der industriellen Entwicklung der kommenden Jahre Schritt halten zu können, wird sowohl auf der Kraft-

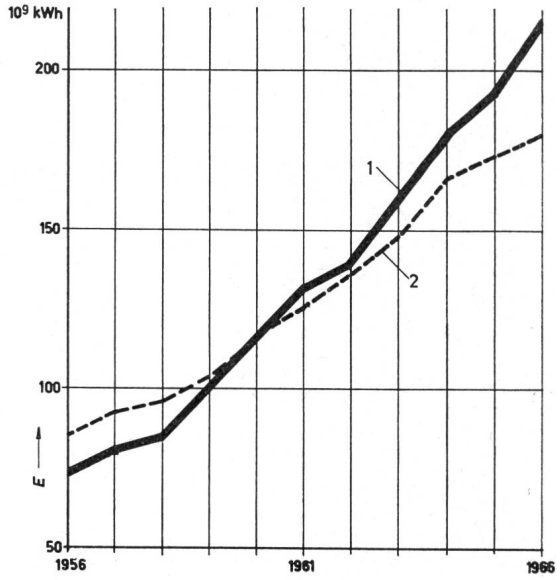

Fig. 16
Energieerzeugung *E* in Japan und der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1956—1966
1 Japan; *2* Bundesrepublik Deutschland

werkseite als auch innerhalb der Verteilernetze ein nicht unerheblicher Investitionsbedarf erforderlich sein. Einen ungefähren Anhaltspunkt für diese Entwicklung vermittelt die für das Jahr 1975 geplante gesamtjapanische Erzeugerleistung in Höhe von über 90 000 MW, die sich auf die einzelnen Energieträger wie folgt aufteilt:

	1967	1975
Thermische Kraftwerke	28 000 MW	59 400 MW
Hydraulische Kraftwerke	16 800 MW	25 700 MW
Atomkraftwerke	166 MW	6 300 MW
	44 966 MW	91 400 MW

Ein Vergleich mit den Zahlen des Jahres 1967 lässt erkennen, dass erhebliche Anstrengungen vor allem im Bau neuer thermischer Kraftwerke mit über 30 000 MW erforderlich sein werden, wozu mehr und mehr grosse Blockeinheiten von wenigsten 400 bis 600 MW aufgestellt werden müssen. Bedeutsame Anfänge in dieser Richtung sind bereits gemacht worden, wie beispielsweise mit der Inbetriebnahme des ersten 600-MW-Blockes im Ölkraftwerk Anegasaki der Tepco und eines 500-MW-Blockes im Ölkraftwerk Chita der Chubu Electric Power Co. Aber auch im Bau von Atomkraftwerken — bisher ist nur das 166-MW-Atomkraftwerk Takei in Be-

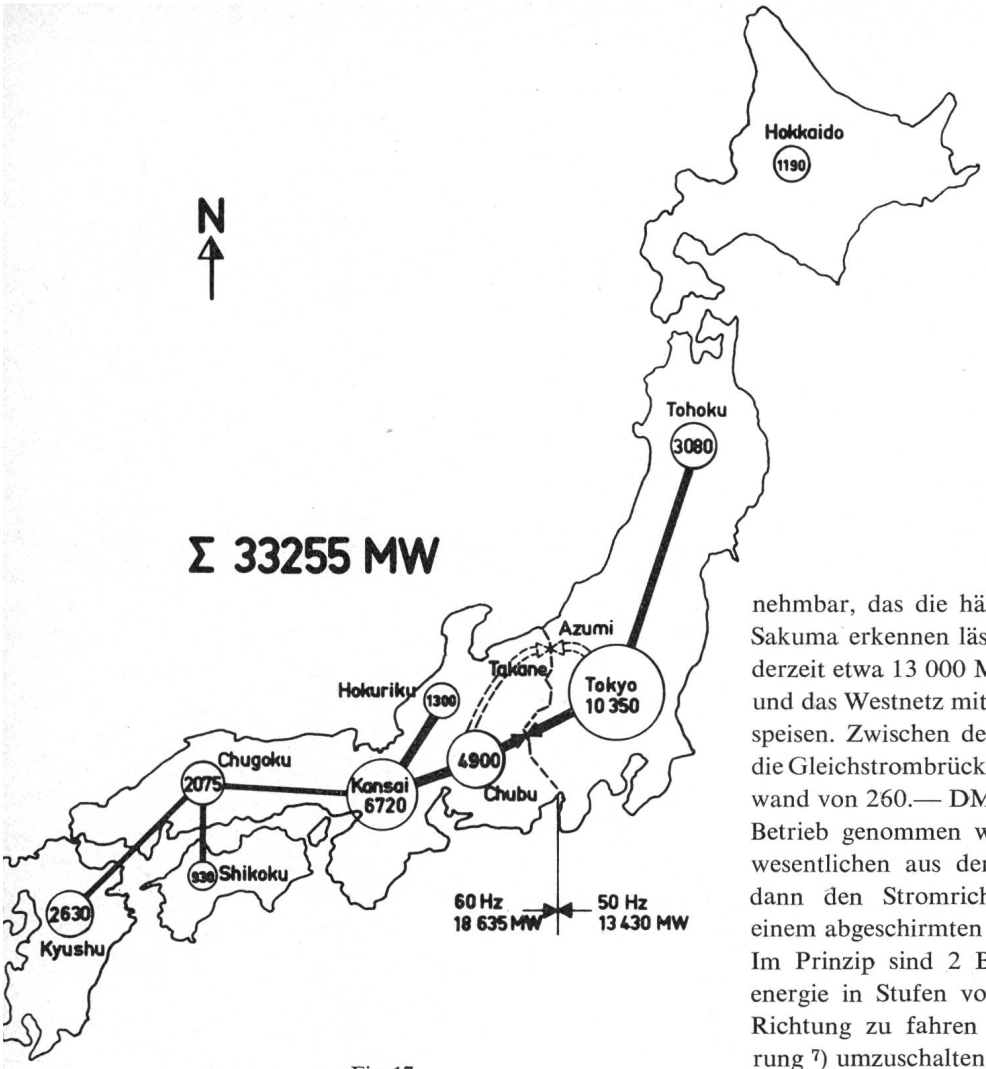

Fig. 17
Die 9 Regionalunternehmen mit ihrer Spitzenlast
Am 14. Dezember 1967 einschliesslich der Zulieferung durch die Electric Power Development Co.

— 220 kV;
▬ 275 kV;
=== 500 kV, geplant;
--- 50/60-Hz-Grenze;
300-MW-Gleichstrombrücke Sakuma;
Geplante 300/600-MW-Gleichstrombrücke

trieb — wird sich ein Übergang zu grossen Blockeinheiten nicht vermeiden lassen, wenn die Wirtschaftlichkeit der Anlagen gewährleistet werden soll. Auf der hydraulischen Seite ist daran gedacht, zu der bestehenden 840-MW-Pumpspeicherleistung in den nächsten 5 Jahren weitere 2300 MW auszubauen, so die Azumi-Anlage der Tepco am Azusa-Fluss mit 900 MW Endausbauleistung als dem dann grössten Wasserkraftwerk Japans und das 340 MW Pumpspeicherwerk Takane der Chubu Electric Power Co. Auf der Netzseite soll in spätestens 4 Jahren auf eine Betriebsspannung von 500 kV übergegangen werden.

Abschliessend sei noch auf eine Darstellung hingewiesen (Fig. 18), die zeigt, dass sich trotz Anhebens des kWh-Konsums die Zahl der in den 9 Regionalunternehmen beschäftigten Personen kaum geändert hat, so dass die Kilowattstunden je Beschäftigten stetig zunehmen. So ist im Jahre 1964 die Millionengrenze bereits überschritten worden.

Die Sakuma-Gleichstrombrücke

Wie schon dargelegt wurde, wird der östliche Teil des japanischen Versorgungsnetzes mit 50-Hz- und der westliche Teil mit 60-Hz-Spannung betrieben, wobei ein Teil der Frequenzgrenze längs des Fuji-Flusses verläuft. Um nun die beiden Netze trotz ihrer verschiedenen Frequenz miteinander zusammenfügen zu können, ist vor mehreren Jahren der Gedanke entwickelt worden [4], in der Nähe des Wasserkraftwerkes Sakuma, das die eine Hälfte seiner Leistung in das Ostnetz und die andere Hälfte in das Westnetz liefert, eine Gleichstrombrücke mit 300 MW Durchgangsleistung in Form einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) der Übertragungslänge Null einzufügen. Das Prinzip dieser Kupplung ist auf Fig. 19 entnehmbar, das die hälftigen Teile des 350-MW-Kraftwerkes Sakuma erkennen lässt, deren 275-kV- Sammelschienen das derzeit etwa 13 000 MW umfassende Ostnetz in Nishi-Tokyo und das Westnetz mit seinen etwa 18 000 MW in Nagoya anspeisen. Zwischen den beiden 275-kV-Sammelschienen liegt die Gleichstrombrücke, die mit einem spezifischen Kostenaufwand von 260.— DM/kW errichtet und im Oktober 1965 in Betrieb genommen werden konnte. Die Anlage besteht im wesentlichen aus den beiden 275-kV-Netzteilen (Fig. 20), dann den Stromrichter-Transformatoren und schliesslich einem abgeschirmten Gebäude mit den Stromrichterventilen. Im Prinzip sind 2 Betriebsfälle denkbar: Entweder Bandenergie in Stufen von 20 MW in der einen oder anderen Richtung zu fahren oder auf Leistungs-Frequenz-Regulierung [7]) umzuschalten, was automatisch dann geschieht, wenn die Frequenz im Ostnetz um —0,4 Hz und im Westnetz um —0,1 Hz von dem jeweiligen 50/60-Hz-Sollwert abweicht. Soviel dem Verfasser berichtet wurde, soll sich die Anlage seit ihrer Inbetriebnahme in 7 aufgetretenen Störungsfällen

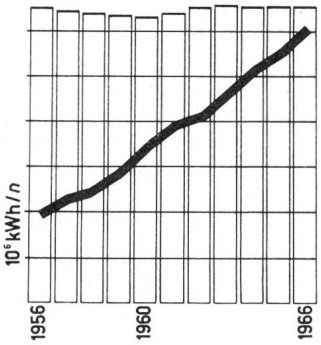

Fig. 18
Spezifischer Energieverbrauch, bezogen auf ca. 130 000 Beschäftigte, der 9 Regionalunternehmen von 1956—1966
n Beschäftigte

bestens bewährt haben, indem Zusatzleistung aus dem ungestörten Netz über die Gleichstrombrücke dem gestörten Netz zufliessen konnte.

Nachdem die beiden Netze in ihrer Leistung weiter anwachsen werden, ist späterhin daran gedacht, die Sakuma-Brücke durch eine zweite Gleichstrombrücke mit 300 oder 600 MW zu verstärken, die im Raume der beiden im Bau befindlichen Pumpspeicherwerke Azumi und Takane errichtet werden soll (Fig. 17).

Bei der Tokyo Electric Power Co.

Vom Standpunkt einer auf die Zukunft ausgerichteten Elektrizitätsversorgung erschien die Aufgabe besonders

[7]) In Japan wird mit 1 % MW-Abfall/0,1 Hz gerechnet.

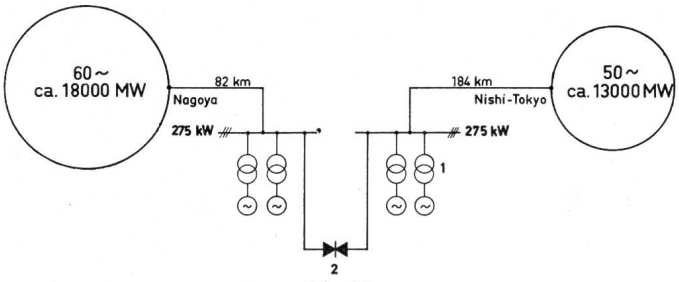

Fig. 19
Prinzipschaltbild der 50/60-Hz-Netzkupplung über eine 300-MW-Gleichstrombrücke
1 Kraftwerk Sakuma 350 MW; *2* 300-MW-Gleichstrombrücke Sakuma

lohnend und reizvoll zu sein, die mit der Leistungsballung in und um Tokio zusammenhängenden Probleme eingehender zu analysieren und mit einem interessierten Expertenkreis zu diskutieren. In dieser Hinsicht war es vor allem die Planungsabteilung der Tepco, die als Gesprächspartner auftrat und zu einem umfassenden Gedankenaustausch anregte.

Die Tokyo Electric Power Co., die aus der im Jahre 1883 gegründeten Tokyo Electric Light Co. — dem ersten Versorgungsunternehmen Japans — hervorgegangen ist, hat ein 40 000 km² umfassendes Gebiet mit Elektrizität zu versorgen, zu dem Tokio und die es umgebenden 8 Präfekturen gehören und auf dem rund 30 Millionen Menschen leben. Heute muss die Tepco mit einer Leistungsspitze von über 10 000 MW und einer Jahresproduktivität von rund 50 Mrd. kWh als das leistungsstärkste Versorgungsunternehmen der Welt angesehen werden. Die Energiebelieferung der Lastschwerpunkte geschieht über einen um Tokio geführten 275-kV-Ring (Fig. 21, links), der im Norden von Wasserkraftwerken und im Süden von den an der Tokyo-Bay gelegenen Dampfkraftwerken eingespeist wird und über den bereits erwähnten Knotenpunkt Nishi-Tokyo mit dem 60periodigen Westnetz in Verbindung steht. In die Reihe der einspeisenden Dampfkraftwerke gehört auch das schon erwähnte Ölkraftwerk Anegasaki (Fig. 22), das für eine zukünftige Leistung von 4×600 MW ausgelegt worden ist. Im Hinblick auf mögliche Erdbebenstösse sind die 200 m hohen Schornsteine in der charakteristischen Form eines Bündelleiters ausgeführt (Fig. 23). Zu den nördlichen Wasserkräften wird in nicht allzu ferner Zeit das 623-MW-Pumpspeicherwerk Azumi hinzukommen, dessen Nagawado-Bogenmauer eine Höhe von 155 m und eine Kronenlänge von 365 m erreichen wird. Im Zusammenwirken mit zwei weiteren am Azusa-Fluss gelegenen Kraftwerken wird die Endausbauleistung von Azumi 900 MW betragen. Von den insgesamt 11 einzubauenden Turbinen sollen 5 als Pumpenturbinen mit einer Pumpenleistung von 410 MW ausgeführt werden.

Was den augenblicklichen Zustand des erwähnten Tokio-Ringes anbelangt, so ist zwischen Boso und Higashi-Tokyo bereits ein 63 km langer 500-kV-Leitungsabschnitt mit allerdings noch 275 kV in Betrieb. Die Viererbündel dieser Boso-Leitung sind an den Tragmasten mit V-Ketten aus jeweils 2×35 Kappenisolatoren isoliert [9] und gegenüber den darüber befindlichen beiden Erdseilen unter einem Schutzraumwinkel von nur 0°, gegenüber den sonst als blitzsicher angenommenen 17°, angeordnet [8]). Um zu vermeiden, dass bei einem eventuellen Rücküberschlag beide Drehstromsysteme betroffen werden, wurde eines der beiden Systeme mit einem um 30 % niedrigeren Isolationspegel — also mit einer Unbalanced Insulation [5] — ausgelegt. Fig. 24 zeigt einen Abspannmast dieser Leitung.

Hinsichtlich des weiteren Ausbaues des Tokio-Ringes wird angenommen, dass im Jahre 1975 innerhalb des Versorgungsgebietes der Tepco ein Leistungsbedarf von 20 000 MW ansteht, so dass bis dahin wenigstens ein Teil des Ringsystems mit 500 kV betriebsbereit sein muss (Fig. 21, Mitte), um neben der bis dahin angewachsenen Dampf- und Wasserkraft auch die Atomenergie Fukushimas in die Lastschwerpunkte hereinführen zu können. In einem nächsten Schritt, der bei einem Leistungsbedarf von 50 000 MW um 1985 erwartet wird, soll der 500-kV-Ring, der dann vielleicht ein 750-kV-Ring sein wird, über ein Gleichstromkabel durch die Tokyo-Bay geschlossen werden (Fig. 21, rechts). Bis dahin werden Generatoreinheiten von 1500 MW und für Tokio allein ein Leistungsbedarf von 10 000 MW erforderlich sein.

Probleme besonders schwieriger Art stellen sich im Zusammenhang mit der Versorgung der 10-Millionen-Stadt Tokio (Fig. 25), in der bereits heute Lastdichten von 120 MW/km² auftreten und für das Jahr 1975 Ballungszentren mit 200 MW/km² erwartet werden [28]. Es ist denkbar,

[8]) Japanische Experten glauben neuerdings, dass ein Schutzraumwinkel von 17° keinen Vollschutz der Phasenseile gegenüber direkten Blitzeinschlägen zu bieten vermag.

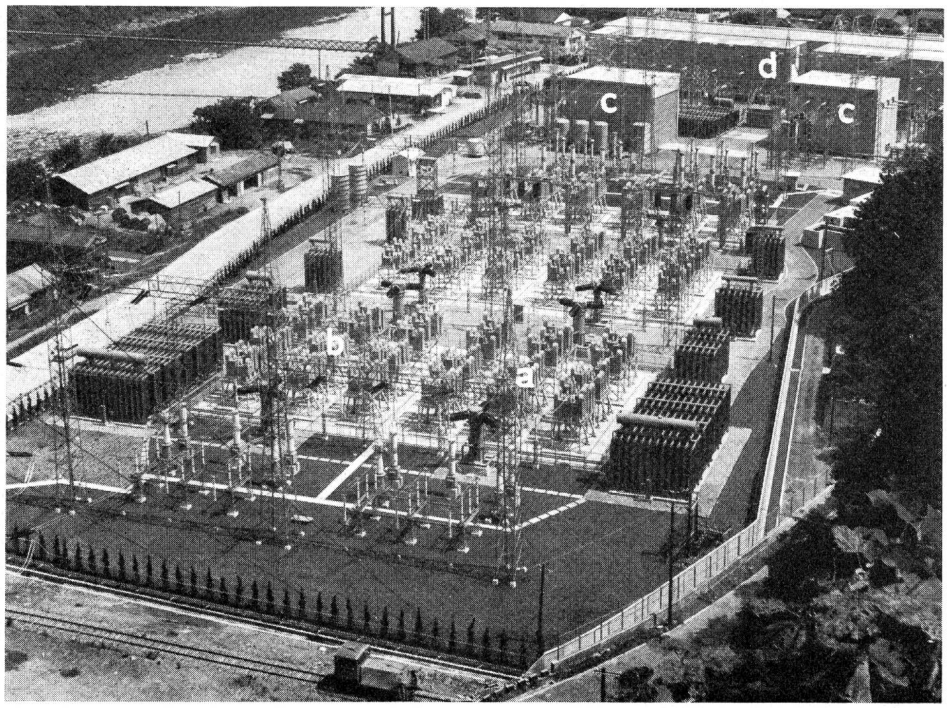

Fig. 20
300-MW-Gleichstrombrücke ±125 kV in Sakuma
a 275-kV-Netzteil, 50 Hz; *b* 275-kV-Netzteil, 60 Hz; *c* Stromrichter-Transformatoren innerhalb von Schutzmauern; *d* abgeschirmtes Gebäude mit Stromrichter-Ventilen

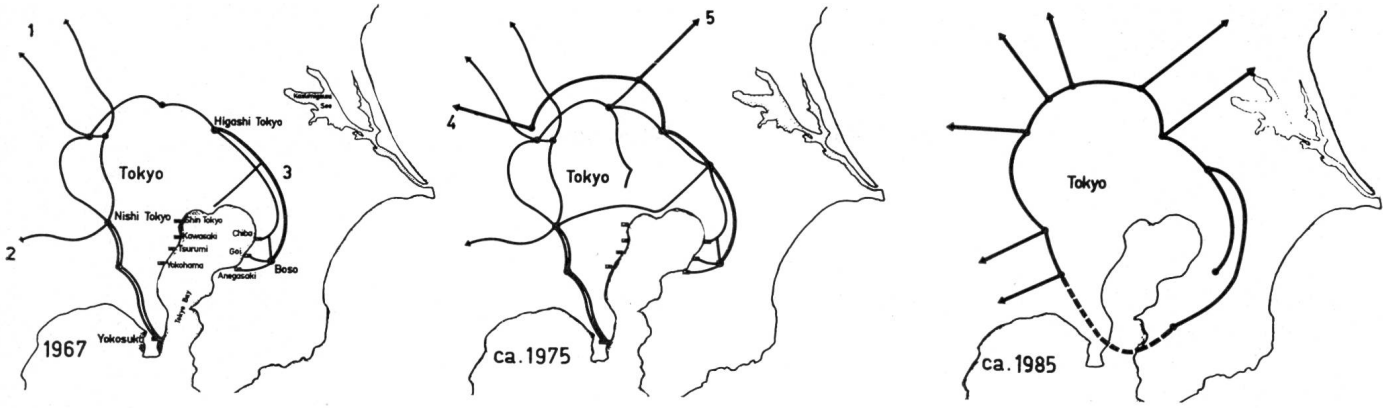

Fig. 21
Entwicklung eines 500-kV-Ringes um Tokio
1 Nördliche Wasserkraft; *2* Sakuma; *3* Boso Leitung (mit 275 kV betrieben); *4* Azumi 900 MW; *5* Fukushima
Dampfkraftwerk — 500 kV
Gleichstromkabel — 275 kV

dass die dazu notwendigen Kabel dann im Hinblick auf den weiteren Netzausbau in Kabeltunnel eingezogen werden, wo sie jederzeit einer eingehenden Revision zugänglich sind (Fig. 26). Zum jetzigen Zeitpunkt wird Tokio über 12 grosse Netzstationen von etwa 300 MW mit 154/60-kV- oder 154/22-kV-Transformatoren angespeist, die zum Teil in unterirdischen Zellen mit wasserdichten Türen wegen des Flutwasserschutzes untergebracht sind. Von dort geht es über 60/3-kV- oder 22/3-kV-Transformatoren in das auch sonst vorherrschende 3-kV-Netz mit sich anschliessender Verteilung in das 100-V-Verbrauchernetz. Im weiteren Verlauf der Entwicklung wird es sich nicht umgehen lassen, auch 275-kV-Kabel in den Stadtkern hereinzuziehen, vor allem, wenn raumsparende SF_6-Schaltanlagen in preisgünstiger Ausführung zur Verfügung stehen. In der 22-kV-Ebene wird daran gedacht, kompakte Mini-Stationen zu verwenden, die etwa nur 10 % des Raumbedarfes einer konventionellen Anlage beanspruchen.

Über diesen Fragenkomplex hinaus werden Überlegungen angestellt, durch welche Massnahmen die Tag-Nacht-Belastung, die etwa im Verhältnis 3 : 1 schwankt, ausgeglichen werden kann. In dieser Hinsicht stellt das Elektromobil mit Nachtspeicherung eine aussichtsreiche Lösung dar, an deren Weiterverfolgung ebenso die Kansai Electric Power Co. wie auch die Chubu Electric Power Co. mit ihrem 6-kW-Fahrzeug (Fig. 27) gleichermassen interessiert sind. Die Tabelle I vermittelt eine Übersicht der drei Versuchs-Elektromobile mit ihren wichtigsten Kenndaten:

Fig. 22
Ölkraftwerk Anegasaki der Tokyo Electric Power Co.
Endausbau 4×600 MW

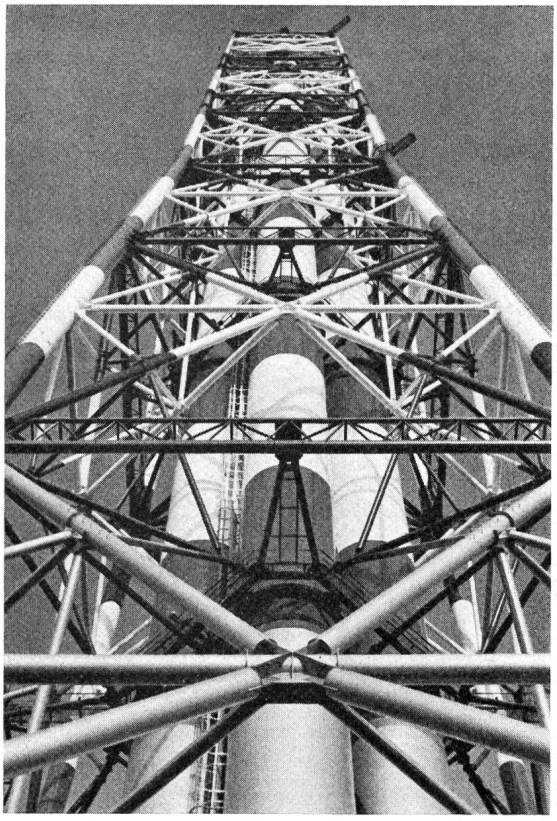

Fig. 23
200 m hoher Bündelschornstein des Kraftwerkes Anegasaki

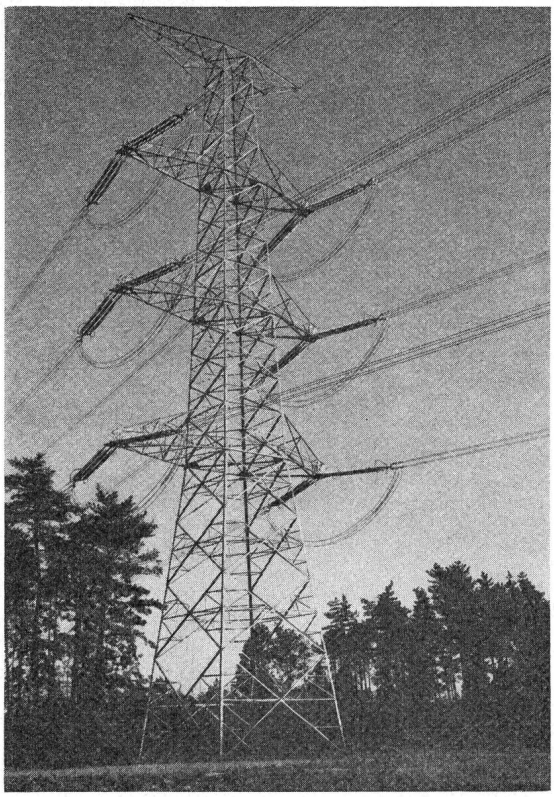

Fig. 24
Abspannmast der 500-kV-Boso-Leitung
mit Viererbündel 4 · 28,5/400 und zwei Erdseilen

Wichtige Daten dreier Versuchs-Elektromobile

Tabelle I

		Tepco	Kansai	Chubu
Motorleistung	kW	5	5,5	6
Zink-Akkumulator	Ah	120	70	120
Aktionsweite	km	80	90	80
Maximale Fahrgeschwindigkeit	km/h	75	70	82
Gesamtlast	kp	795	990	—
Zulässige Belastung	kp	85	200	1700
Ladeeinrichtung		stationär	im Wagen	im Wagen

Im übrigen wird das Elektromobil als eine der möglichen Massnahmen betrachtet, der ständig zunehmenden Luftverseuchung wirkungsvoll entgegenzutreten.

Fig. 25
Der Stadtkern von Tokio mit dem Kasumigaseki-Gebäude

In und um die Tokyo-Bay

Im Verlauf des verbliebenen Tokio-Aufenthaltes hat sich die Möglichkeit ergeben, einige weitere bemerkenswerte Fabrikationsstätten der Elektroindustrie zu besichtigen, so die Transformatorenfertigung der Fuji Electric in Chiba sowie die Werke Nikko und Yokohama der Furukawa Electric Co., des grössten Kabelwerks Japans. In dieser Hinsicht besonders beeindruckend war ein bei Furukawa arrangiertes ad-hoc-Symposium über die Problematik einer zukünftigen Kabeltechnik, das neben der Vielgestaltigkeit der zu lösenden Aufgaben das Format eines gut abgestimmten Wissenschaftsteams mit bestmöglichen Prüf- und Forschungseinrichtungen erkennen liess, die in Kürze durch einen in Montage befindlichen 6,6-MV-Stossgenerator (Fig. 28) ergänzt sein werden. Neben Aufgaben, die auf einen zukünftigen Energietransport in Ballungszentren grosser Städte ausgerichtet sind, werden Fragen in Bezug auf eine breitere Anwendungstechnik elektrischer Energie studiert, wie beispielsweise das Beheizen von Strassenzügen, die starken winterlichen Belastungen ausgesetzt sind (Fig. 29). Zu den bestehenden Fabrikationsstätten sollen bis Ende dieses Jahres neue Werksanlagen für die Fertigung von Öl- und Polyäthylenkabel in Chiba in Betrieb gehen.

Fig. 26
1,3 km langer Kabeltunnel im Yaesu-Netzbezirk

Von besonderer Bedeutung erschien dem Verfasser ein Besuch des Osaki-Werkes der Sony Corporation, das sich für die dortige Montage von Fernsehgeräten eine neuartige Fertigungsmethode als «Self Management System» hat einfallen lassen, das in einer Art Selbstorganisation der dazu erforderlichen Arbeitsvorgänge besteht und dazu geführt hat, dass die zu einem Gerät gehörigen Bauelemente von einer einzigen Arbeiterin (Fig. 30) nach Modellvorlage in wenigen Stunden zusammengebaut werden. Dieses Self Management hat nach Meinung von Sony den grossen Vorteil, dass im Arbeitsablauf keine Wartezeiten entstehen und gegenüber einem Kontifliessband mit einer etwa 20% höheren Produktion gerech-

Fig. 27
6-kW-Elektromobil der Chubu Electric Power Co.
a 120 Ah Zinkakkumulator; *b* Ladeeinrichtung

net werden kann. Ausserdem erfordert es mehr Sachkenntnisse, erhöhte Verantwortung und initiativeres Denken über den zu verrichtenden Arbeitsablauf, was letztlich dazu beiträgt, die Arbeitsfreude zu heben. Könnte nicht ein solches Fertigungsverfahren, das den Menschen in die Zentrale einer technisierten Massenproduktion hineinzustellen versucht, mit dazu helfen, einer mechanisierten Fliessbandarbeit ihre erschreckende Eintönigkeit zu nehmen und sie dafür mit mehr menschlicher Würde zu durchsetzen? Mit wieviel mehr Ernst sollten wir alle über einen solchen Gedanken nachdenken! Aber auch sonst hatte Sony manche gute Ideen gehabt, die einen einstmals kleinen Kreis verantwortungsbewusster Menschen in ein Unternehmen von heute mit 3 Werken und 7000 Beschäftigten hineingeführt hat, das sich durch Tüchtigkeit und Qualität einen weltweiten Namen schaffen konnte.

Zur Abrundung einer möglichst umfassenden Information durfte eine Fahrt mit der zum Flugplatz Haneda führenden Hitachi-Alweg-Bahn, die im Herbst 1964 als längste Einschienenbahn von rund 13 km Länge eröffnet worden ist, nicht fehlen (Fig. 31). Bei einer Einspeiseleistung von 5000 kW können die gummibereiften Züge eine Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h erreichen. Mit Rücksicht auf die wesentlich geringeren Anlagekosten einer Einschienenbahn im Vergleich zu einer konventionellen U-Bahn ist beabsichtigt, zwei Alweg-Ringe um den Stadtkern von Tokio herumzuführen, und zwar einen inneren Ring mit 28 km und einen äusseren mit 40 km Länge.

Von nicht minderer Bedeutsamkeit ist das im Kitanomaru-Park und in Nähe des Kaiserpalastes gelegene Science Museum, das mit seinem jährlich eine Million umfassenden Besucherstrom zu den fünf wichtigsten Ausflugszielen Tokios gehört. In einem von eigenwilliger Architektur durchsetzten Gebäude (Fig. 32) mit mehr als 20 000 m² Fläche vermittelt es in anschaulicher Weise die Entwicklung eines modernen naturwissenschaftlichen Geschehens mit Beispielen denkbarer Anwendungen im Bereich der Technik.

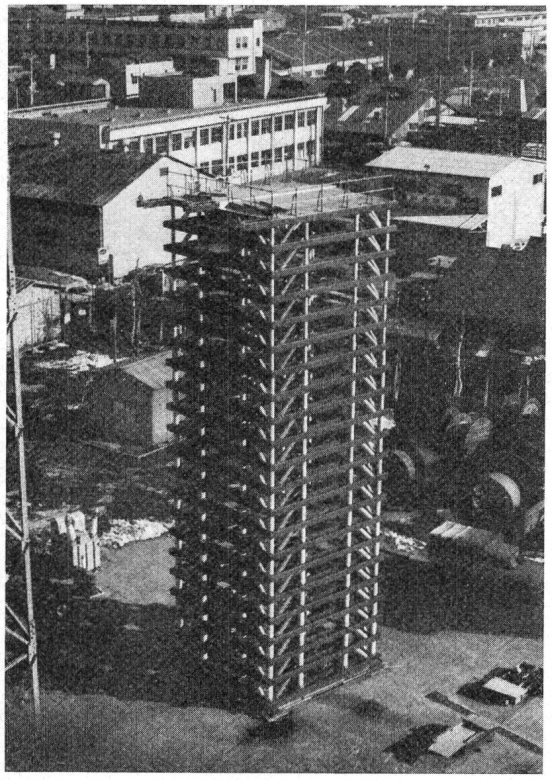

Fig. 28
6,6-MV-Freiluft-Stossgenerator
mit 370 kWs der Furukawa Electric Co. in Yokohama

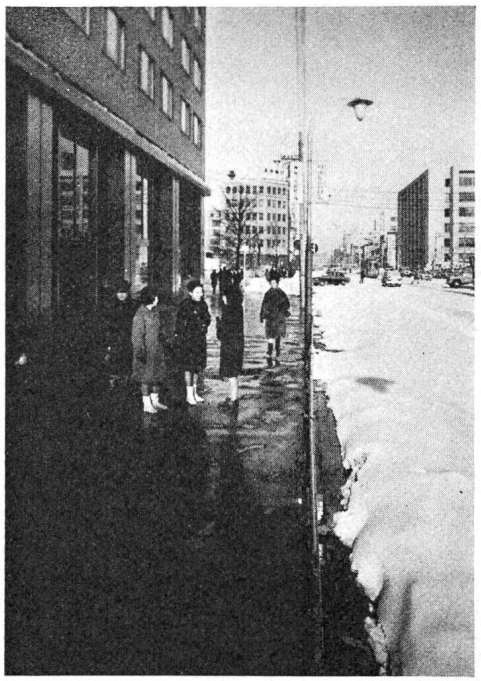

Fig. 29
Elektrische Strassenheizung in Sapporo
Flächenleistung 20 W/m², System Furukawa

Rundreise nach Kyushu

Als würdiger Programmabschluss darf wohl die Rundreise betrachtet werden, die mit einem grossartigen Schönwetterflug am 3776 m hohen Mt. Fuji vorbei über 1000 km hinweg bis hinunter zur Insel Kyushu führte. Nach einem kurzen Besuch bei Yasukawa Electric Co. in Kita-Kyushu und einer Besichtigung der grossen Reversier- und Breitbandwalzenstrassen der Yawata Steel and Iron Works [9]) in Tobata, ging es in reizvoller Eisenbahnfahrt nach Japans berühmtesten Badeort Beppu und von dort mit dem Wagen in eine vom Mt. Aso (Fig. 33) geprägte Landschaft, die zu einem bleibenden Erlebnis geworden ist. Mit einer Dampferfahrt inmitten der Schönheiten der Seto Inland See über Matsuyama und Takamatsu nach Kobe und einer dazwischenliegen-

[9]) Japan steht heute an 3. Stelle der Weltstahlproduktion.

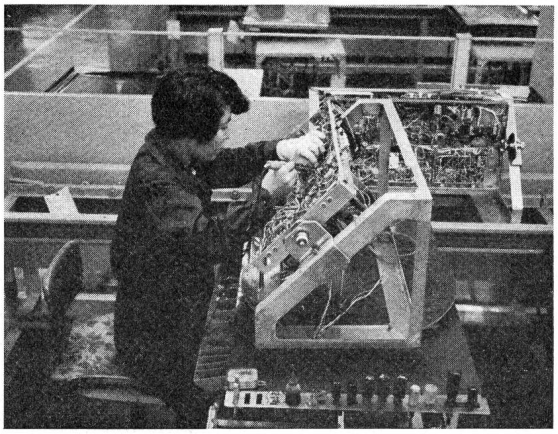

Fig. 30
Einzelmontage von Fernsehgeräten bei Sony Corporation in Osaki
nach dem «Self Management System»

den Unterquerung eines 220-kV-Weitspannfeldes, das die Insel Shikoku mit der Hauptinsel Honshu verbindet, und einer sich anschliessenden Fahrt mit dem Ginga-Nachtschnellzug nach Tokio, konnte die Kyushu-Reise einen harmonischen Ausklang finden.

Historische Remineszenzen

Aus der Sicht einer retrospektiven Betrachtungsweise mag abschliessend die Frage von Interesse sein, aus welchem historischen Geschehen ein Land wie Japan, dessen tech-

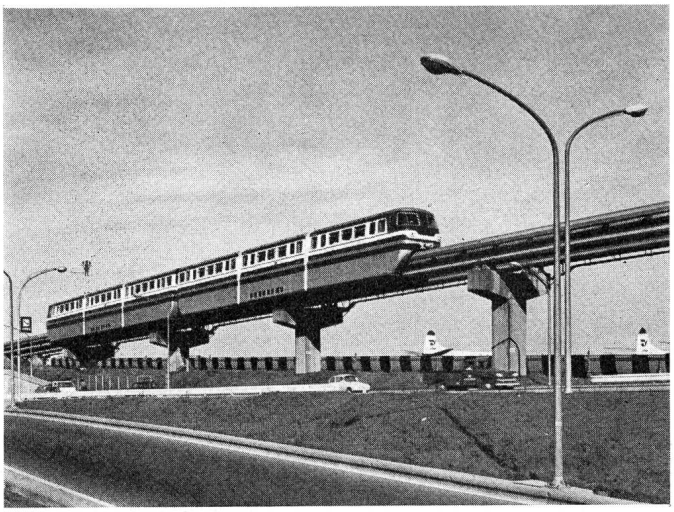

Fig. 31
Hitachi-Alweg-Bahn
(Tokio—Haneda-Flugplatz)

nische Entwicklung noch bis vor 100 Jahren mit einer aus der Tradition gewachsenen Umgebung verbunden gewesen war, die ersten Anfänge seiner heutigen Elektrotechnik schöpfen konnte [1].

Es muss wohl der Japaner *Rishin Gotō* gewesen sein, der mit seinem im Jahre 1765 erschienenen Buch Kōmōdan erstmalig über die Elektrizität als «Erekiteru» berichtet hat, also in einer Zeit, in der die belehrsamen und belustigenden Experimentierkünste über eine «wundersame Elektrizität» bereits in Europa und Amerika vielenorts geübt worden sind [32]. Nur wenig später hat dann *Gennai Hiraga* als erster japanischer Naturwissenschafter mit Reibungselektrizität experimentiert und ihre schlagversetzenden Wirkungen an gutgläubigen Kranken erprobt. Eine seiner Original-Maschinen zur Erzeugung von Reibungselektrizität mit eingebauter Leydener-Flasche (Fig. 34) befindet sich im Postmuseum zu Tokio [10]).

Ähnliche Versuche sind dann auch von anderen Experimentatoren wiederholt worden, so um das Jahr 1787 von dem Arzt *N. Morishima* (Fig. 35), worüber in seinem Buch

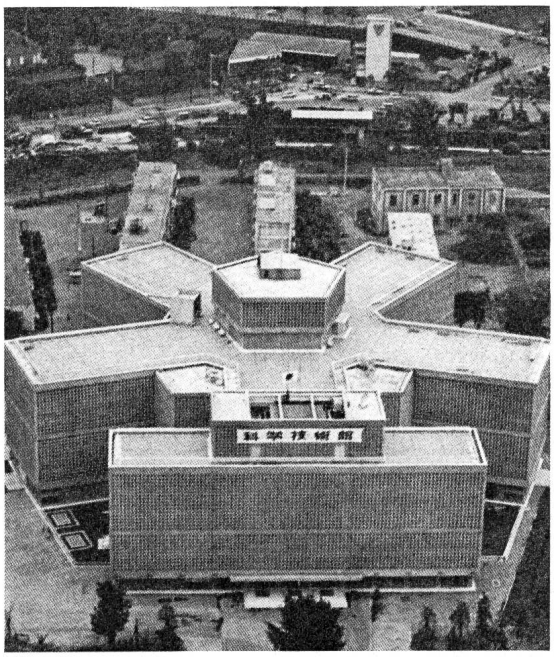

Fig. 32
Science Museum in Tokio

«Kōmo Zatsuwa» berichtet wird. Schliesslich ist es *Sōkichi Hashimoto* gewesen — Sohn eines Kaufmannes aus Osaka —, der sich in seinem 1811 erschienenen Buch «Oranda Shisei Erekiteru Kyūrigen» eingehender mit Elektrizität befasst und eine Reihe der damals bekannten Versuche im eigenen Experimentierkabinett wiederholt hat.

So konnte es nicht ausbleiben, dass die Elektrizität auch in Japan bekannter wurde und in der Folge mehr Naturkündiger betontes Interesse dafür bekundet haben. Und im Jahr 1887 ist in Tokio das erste Kraftwerk Japans mit einer Leistung von 25 kW in Betrieb gesetzt worden.

[10]) Diesen Hinweis verdankt der Verfasser Prof. Dr. *M. Tanaka* vom Tokyo Institute of Technology.

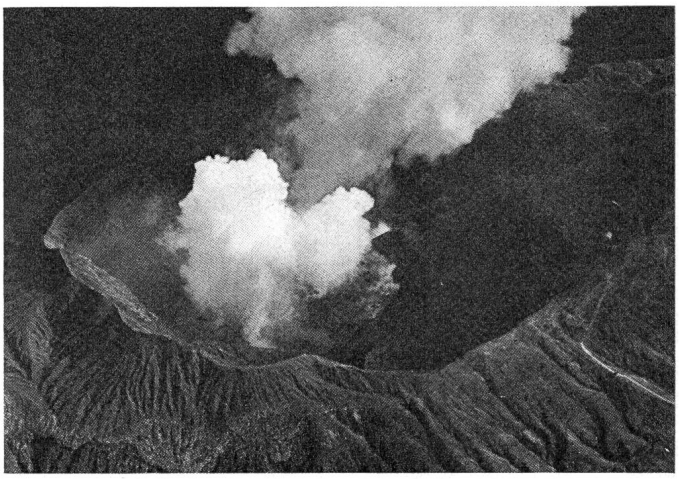

Fig. 33
Eruption am 1593 m hohen Mt. Aso

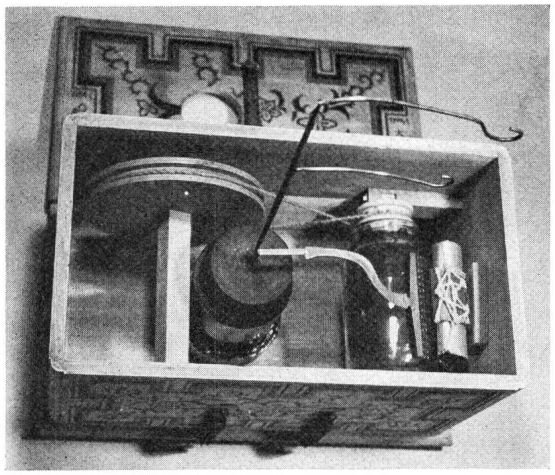

Fig. 34
Original-Maschine von Gennai Hiraga zur Erzeugung von Reibungselektrizität

Ausklang

Die in verständnisvoller Harmonie vergangenen 50 Tage, die mit einem Besuch des Kaiserpalastes einen würdigen Abschluss gefunden haben, sind letztlich im Sinne ihres Initiators abgelaufen: Ist es doch Professor Dr. *Shuhei Fujitaka* gewesen, dessen besonderer Wunsch es war, den Verfasser nach Japan einzuladen. Ein tragisches Schicksal hat ihn die Verwirklichung seines Planes nicht mehr erleben lassen [11]). *Fujitaka* hat über mehr als 30 Jahre als hervorragender Lehrer und Forscher an der Tokyo Daigaku und ihrem Institute of Industrial Research gewirkt und dabei eine Generation von Nachwuchsingenieuren in eine hochspannungsorientierte Denkweise in der klaren Erkenntnis eingeführt, dass die Hochspannungstechnik in einem so extensiven Lande wie Japan, das um die Jahrhundertwende die Tausendmilliardengrenze an erzeugten Kilowattstunden zu überspringen vermag, von eminenter Bedeutsamkeit ist.

Wie kaum ein anderes Land, hat sich Japan im jüngsten Ablauf seiner traditionsgebundenen Entwicklung durch ein sinnvolles Wechselspiel zwischen Phantasie, Wagemut und Ausdauer in die Spitzengruppe der führenden Nationen hineingetragen. So können seine Menschen im 43. Regierungsjahr ihres Kaisers *Hirohito* und zugleich im Zentenarium einer Meiji-Restauration mit Zuversicht einer dynamisch sich entwickelnden Zukunft [26] entgegensehen, die in noch stärkerem Mass als bisher von Elektrizität durchdrungen sein wird, als dienstbarer Macht für den Fortschritt.

[11]) So konnte dem Verfasser nur verbleiben, seinem hochgeschätzten Freund durch den Besuch seines Grabes den tief empfundenen Dank auszusprechen. Zugleich sei an dieser Stelle allen Gönnern, die die Reise in ideeller oder finanzieller Weise gefördert haben, der aufrichtige Dank zum Ausdruck gebracht.

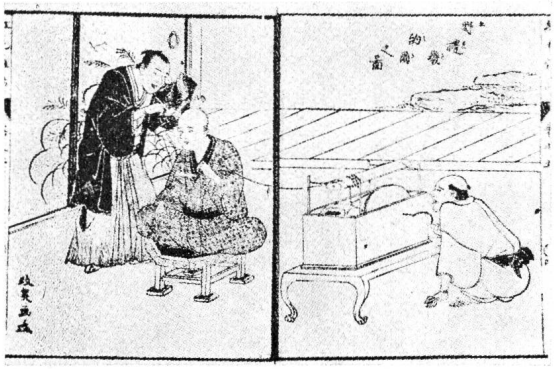

Fig. 35
Experimentierkünste mit Reibungselektrizität um 1787

Literatur

[1] *H. Tuge:* Historical development of science and technology in Japan. Kokusai Bunka Shinkokai, Tokyo 1961.

[2] Outline of the new extra-high voltage research equipment at Kumatori Research Laboratories. Sumitomo Electric Industries Ltd., Osaka 1963.

[3] *T. Udo:* Sparkover characteristics of large gap spaces and long insulation strings. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 83(1964), S. 471...483.

[4] *S. Fukuda* and *I. Takei:* The Sakuma d. c. frequency converter project. Direct Current 9(1964), S. 1...11.

[5] *M. Kawai* and *H. Azuma:* Design and performance on unbalanced insulation in double-circuit transmission lines. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 84(1965), S. 839...846.

[6] *T. Udo:* Switching surge and impulse sparkover characteristics of large gap spacings and long insulator strings. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 84(1965), S. 304...314.

[7] *K. Okube, K. Nagai, K. Komuro* and *H. Kondo:* Experimental investigation of corona on quadruple 240 mm² ACSR 800 kV. Tanashi test transmission line. Bull. Electrotechn. Lab. 29(1965), S. 1...14.

[8] *K. Okube, K. Nagai, K. Komuro* and *H. Kondo:* Experimental investigation of corona on quadruple 410 mm² ACSR 800 kV. Tanashi test transmission line. Bull. Electrotechn. Lab. 30(1966), S. 23...38.

[9] *S. Fukuda, C. Uenosono, Y. Hirose, N. Tanaka* and *T. Kojima:* The new 500 kV transmission line around Tokyo. CIGRE Bericht 415/1966.

[10] *K. Horii:* Development of tuning type corona detector and its application to insulation test of high voltage equipment. Bull. Electrotechn. Lab. 30(1966), S. 946...965, Bd. 1, BBC.

[11] *S. Saito, Y. Fujii, K. Yokoyama, J. Hamasaki* and *Y. Ohno:* The laser current transformer for EHV power transmission lines. IEEE J. Quantum Electronics 2(1966), S. 255...259.

[12] Insulator production in Japan. Electr. Rev. (1966), S. 570...572.

[13] Engineering education around the world. J. Engng. Education 57(1966), S. 101...106.

[14] Technical aspects on the New Tokaido Line. Japanese National Railways, Tokyo 1966.

[15] *H. Prinz:* Zur Feldberechnung von Höchstspannungsübertragungsanlagen. Bull. SEV 57(1966), S. 1199...1211.

[16] Electric Power Industry in Japan 1967. Overseas Electrical Industry Survey Institute Inc. Tokyo 1967.

[17] *S. Fujitaka, T. Kawamura, Y. Hirose, S. Tsurmi* and *K. Kinoshita:* Report on the lightning flash counter measurement for the 1966 lightning season in Japan. February 1967.

[18] *R. Yukawa:* New Tokaido Line and other means of transport. June 1967.

[19] *Y. Saruyama, M. Yasui, G. Ikeda, S. Nagasaki* and *N. Mori:* 500 kV line design — Insulation characteristics of towers. Trans IEEE Power Apparatus and Systems 86(1967), S. 1083...1090.

[20] *Y. Saruyama, M. Yasui* and *S. Nagasaki:* 500 kV line design-corona and RIV characteristics of insulator hardware assemblies. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 86(1967), S. 1091...1097.

[21] *S. Nagasaki, N. Mori* and *K. Fukuyama:* Corona noise characteristics on the Kumatori test line. Sumitomo Electr. Techn. Rev. (1967), S. 41...48.

[22] *H. Hata, K. Matsuura* and *K. Kojima:* Development of EHV power cables for long distance underground transmission lines. Sumitomo. Electr. Techn. Rev. (1967), S. 5...23.

[23] *T. Umezu* and *H. Nakamura:* Electric power engineering in Japan. IEEE Spectrum April (1967), S. 106...114.

[24] *S. Fujitaka, S. Tsurumi, T. Seta, T. Kawamura, H. Kondo* and *M. Yamamoto:* Japanese method of artificial pollution test on insulators. Trans. IEEE Paper Nr. 31 TP 67–491–1967.

[25] *S. Fukuda:* Current carrying and short circuit tests on EHV cables insulated with SF_6 gas. Trans. Paper IEEE Nr. 68 TP 35–PWR–1967.

[26] The dynamics of change. Kaiser Aluminium Oakland 1967.

[27] NGK EHV laboratories and thier activities. NGK Techn. Rep. Nr. 1 – January 1968.

[28] *S. Takahashi:* Heavy load underground power transmission et EHV in Japan. CIGRE Bericht 21–04/1968.

[29] *T. Takagi, Y. Hirose* and *H. Hattori:* Flashover characteristics of large insulators for 500 kV substations under polluted condition. CIGRE Bericht 25–03/1968.

[30] *T. Udo, Y. Watanabe, K. Mayumi, G. Ikeda* and *T. Okada:* Switching surge flashover characteristics of long insulator strings and stacks. CIGRE Bericht 25–04/1968.

[31] *R. Yukawa:* A study on the selection of power supply system for high speed electric traction (The NEW TOKAIDO LINE). CIGRE Bericht 36–02/1968.

[32] *H. Prinz:* Belehrsame Experimentierkünste über den Blitz. Bull. SEV 59(1968), S. 2...13.

[33] *H. Prinz:* Gewitterblitze in Mythologie und Wissenschaft. J. Inst. Electr. Engrs. Japan 88–3(1968), S. 371...382 (in japanisch).

Adresse des Autors:

Prof. Dr. *H. Prinz,* Direktor des Institutes für Hochspannungs- und Anlagentechnik an der Technischen Hochschule München, Arcisstrasse 21, D–8 München 2.