

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

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 1

Artikel: Hochspannungssymposium ISH 79

Autor: Aschwanden, T. / Bachmann, B. / Bütsch, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905195>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Hochspannungssymposium ISH 79

Bericht über das Third International Symposium on High Voltage Engineering – ISH 79 – vom 27. bis 31. August 1979 in Mailand

1. Allgemeines

Nach München (1972) und Zürich (1975) konnte das dritte ISH in Mailand durchgeführt werden, veranstaltet und organisiert durch die Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEI) in Zusammenarbeit mit der North Italy Section des IEEE und EUREL. Rund 450 Teilnehmer aus aller Welt fanden sich ein, um sich über den aktuellen Stand und über Entwicklungstendenzen in der Hochspannungstechnik zu informieren. In 15 Sessions – offizielle Tagungssprache war Englisch – wurden insgesamt 252 von 340 eingereichten Beiträgen vorgestellt und diskutiert. Zu den einzelnen Themenkreisen hatten die *Special Reporters* einen kurzen Überblick und einen Fragenkatalog zusammengestellt, der als Grundlage für die Diskussionen in den Sessions dienen sollte. Alle Beiträge, wie auch die *Special Reports*, sind in zwei Tagungsbänden zusammengefasst.

Das Symposium wurde mit einem Übersichts Vortrag von L. Paris: «High Voltage Research for Electric Energy Transmission» eröffnet. Den Abschluss bildete eine Podiumsdiskussion über die Zukunft der Hochspannungsforschung. Als weitere Rahmenveranstaltungen wurden Besuche bei verschiedenen Firmen der Elektroindustrie im Raum Mailand organisiert. Nach dem Symposium konnte ausserdem das 1000-kV-Freiluftversuchsgelände der ENEL in Suvereto besichtigt werden.

2. Feldberechnung

Traditionellerweise wurden die Diskussionen mit der Feldberechnung eröffnet, die in zwei Bereiche unterteilt war, wobei mit 24 Beiträgen Berechnungsmethoden und mit 22 Beiträgen Probleme der Feldmessung und Anwendungen abgehandelt wurden.

2.1 Feldberechnungsmethoden

Naturgemäss standen die beiden Verfahren im Mittelpunkt, die heute in der Feldberechnung allgemein üblich sind: die Methode der Finiten Elemente (FEM) und das Ersatzladungsverfahren (CSM); experimentelle und analytische Felderfassungsmethoden werden mehr und mehr verdrängt. Die numerischen Verfahren sind inzwischen soweit entwickelt, dass sie für die Praxis unentbehrlich werden. Als Stand der Technik können translatorische, zweidimensionale sowie rotationsymmetrische, dreidimensionale Probleme bezeichnet werden.

Echt dreidimensionale Lösungsvorschläge liegen sowohl bei FEM als auch besonders bei CSM teilweise rechenfertig und anwendungsbereit vor. FEM ist dabei noch relativ aufwendig (dreidimensionale Gitterverfeinerung!), und CSM vermag teilweise nur schwer mehr als ein Dielektrikum zu verkräften. Sowohl Japan als auch die BRD melden Aktivitäten, FEM und CSM zu einem «Hybridverfahren» zu vermischen, welches die Nachteile beider Verfahren eliminiert und die jeweiligen Vorteile ausnützt. Die Diskussionen zeigten das grosse Bedürfnis nach echt dreidimensionalen Programmsystemen, da die praxisbezogenen Anordnungen immer komplexer und vor allem auch die Sicherheitsmargen beim Auslasten des Materials immer enger werden.

Optimierungsmethoden, basierend auf CSM, gewinnen zunehmend an Bedeutung: Dabei wird nicht mehr die Geometrie als vorgegebene Grösse betrachtet und verändert, bis z. B. elektrische Grenzwerte unterschritten werden, sondern die Grenzwerte werden eingegeben, und der Rechner selbst entwirft eine vollkommen neue und freie Geometrie. Diesen CAD-Methoden sollte auch in der Hochspannungstechnik, wie schon in anderen Bereichen, ein guter Stellenwert zugeordnet werden.

2.2 Feldmessung und Anwendung

Beiträge mit anwendungsorientiertem Charakter überwogen diejenigen weit, die sich mit Feldmessung beschäftigten. Dreielektrodensysteme oder Einflüsse frei leitender Partikel im elektri-

schen Feld waren ebenso Schwerpunkte wie Verfahren zur Erfassung leitender Schichten. Oberflächen- oder auch Volumenleitfähigkeiten werden und müssen im Hinblick auf die vermehrte Verwendung von Kunststoffen oder Glasuren stärker in die Überlegungen miteinbezogen werden; ebenso spielen Umweltfragen und Verschmutzungsprobleme eine immer stärkere Rolle.

Bei Feldmessungen wird heute vor allem der Frage nachgegangen, welche Feldstärkewerte in Hochspannungsanlagen und vor allem in zukünftigen UHV-Freiluftschaltanlagen auftreten, wobei hier auch Messungen an Tieren oder Menschen unter einem elektrischen Feld vorgenommen wurden. Diese Messungen – ebenfalls an Modellen – geben wichtige Aufschlüsse auch darüber, welche Feldstärken unter Freileitungen auftreten, zeigen Dimensionierungshilfen für UHV-Anlagen auf und brachten Hinweise, wie durch entsprechendes Anbringen der Phasen am Mast oder Auskreuzen derselben Schirmeffekte erreicht werden können, die die Bodenfeldstärken spürbar senken.

3. Feste und flüssige Isolierstoffe

Diese Themengruppe umfasste 3 Teilgebiete: Durchschlagfestigkeit von Feststoffisolierungen, Maschinenisolation und Teilentladungen sowie Isoliersysteme, bestehend aus flüssigen und imprägnierten Dielektrika, ferner für Freilufteinsatz anwendbare organische Isolierstoffe. Insgesamt 55 Beiträge, davon 6 aus der Schweiz, standen zur Diskussion.

Schwerpunkt der ersten Gruppe mit 18 Beiträgen bildeten Untersuchungen zum Einsatz und Wachstum des «Treeings» und zu den damit verbundenen Raumladungsphänomenen besonders in PE und XLPE. In der Diskussion zeigte sich ein bemerkenswerter Fortschritt im Verständnis dieser Prozesse. Jedoch erschienen mehr Ergebnisse über den quantitativen Zusammenhang von Raumladungen und Treeing als wünschenswert. Andere Arbeiten beschäftigten sich mit dem Degradationsprozess und der Lebensdauer bei Epoxydharzisolierungen, mit dem elektrischen Verhalten von organischen und anorganischen Materialien bei hoher thermischer Beanspruchung und mit der Durchschlagfestigkeit bzw. Modellierung des Durchschlags bei festen Isolierstoffen.

Die zweite Gruppe umfasste 14 Arbeiten, die sich auf Prüfungen zum Isolationsverhalten von Statorwindungen und dem Verhalten von Feststoffisolierungen bei Teilentladungsbeanspruchung beziehen. So standen u. a. Untersuchungen über den chemischen und physikalischen Degradationsmechanismus bei festen Isolierstoffen und über Verfahren zur Bestimmung des dielektrischen Langzeitverhaltens von durch Teilentladungsbeanspruchung gealterten Materialien Mittelpunkt des Interesses.

Schliesslich befasste sich eine dritte Gruppe mit dem dielektrischen Verhalten von flüssigen und gasimprägnierten Isolierstoffsystemen, ebenso wie mit für den Freilufteinsatz geeigneten organischen Isolierstoffen. Dazu wurden 23 Arbeiten eingereicht, die erwartungsgemäss ein weites Feld von Problemen bedeckten. So wurde u. a. über das Durchschlag-, Teilentladungs- und Langzeitverhalten von Isolierölen (hauptsächlich Kohlenwasserstoffverbindungen) und von Mischdielektrika (z. B. Ölpapier, SF₆-Papier, SF₆-PE) berichtet. Für die weitere Entwicklung wird mit einer zunehmenden Bedeutung von paraffinierten Mineralölen und synthetischen Ölen gerechnet. SF₆-imprägnierte Papierdielektrika scheinen aufgrund der dielektrischen Eigenschaften geeignet zu sein, herkömmliche Ölpapier-Isolierungen zu ersetzen.

Wenige Beiträge untersuchten das Verhalten von flüssigen Isolierstoffen bei tiefen Temperaturen (LHe) für Anwendungen in der Cryotechnik und Supraleitungstechnologie. Zum Schluss wurden 6 Arbeiten über die qualitative und quantitative Wirkung von Erosions- und Alterungsprozessen an Oberflächen von

Epoxidharzen und polymerisierten Kunststoffen vorgestellt. Diese Werkstoffe finden neben Porzellan wachsendes Interesse bei Freiluftanwendungen. So wurden eine Vielzahl von Ergebnissen bei verschiedensten Bedingungen veröffentlicht: Temperatureinflüsse, chemisches Korrosionsverhalten, kombinierte UV-Strahlung und Beanspruchung durch äussere Teilentladungen. Zur Diskussion kamen auch mögliche Testmethoden zur Vorhersage des Langzeitverhaltens, wie auch die Frage der Reproduzierbarkeit von I.P.-Tests nach der IEC.

4. Isoliergase und Gasdurchschlag (ausgenommen Luft)

Zu diesem Themenkreis lagen 33 Beiträge vor. In zwei Sessions wurden die Beiträge unter etwas verschiedenen Gesichtspunkten behandelt: unter dem Aspekt der Gasentladungsphysik sowie unter dem anwendungstechnischen Aspekt.

Das Isoliergas SF₆ war in beiden Gruppen eindeutiger Schwerpunkt der Diskussionen. Seit dem letzten Symposium sind zahlreiche Untersuchungen durchgeführt und Messresultate publiziert worden, so dass zu diesem Gas, von dem immerhin schon ca. 15 Jahre Betriebserfahrung in gekapselten Anlagen vorliegen, umfangreiche theoretische und praktische Informationen zur Verfügung stehen. Trotzdem scheinen die verschiedenen Einflussgrößen, die beim SF₆-Durchschlag in praxisbezogenen Systemen berücksichtigt werden müssen, noch nicht endgültig abgeklärt zu sein; eine grosse Zahl von Beiträgen zu diesen Fragen liefert den Beweis dafür. So wurden einerseits die nach dem einfachen Streamer-Modell berechneten Durchschlagfeldstärken in SF₆ unter idealen Bedingungen bis hin zu hohen Drucken im Versuch nachgewiesen. Andererseits wurden unter praxisnahen Bedingungen Ursachen für die Abweichungen von der theoretischen Festigkeit untersucht: Elektrodenrauigkeit, Verschmutzung durch Partikel, Flächeneffekte und Statistik, Stützerprobleme. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass einerseits befriedigende Modellvorstellungen bezüglich rauen Elektroden und Störstellen existieren, andererseits aber manche Fragen zum partikelgezündeten Durchschlag wie auch zu Grenzschichtproblemen offen geblieben sind.

Ein zweites zentrales Thema waren die Zündverzugszeiten und Stosskennlinien in SF₆ bei homogenen und inhomogenen Anordnungen. Diese für die Isolationskoordination wichtigen Zusammenhänge wurden mit verschiedenen Modellvorstellungen von der Theorie her betrachtet (Lawinenaufbaustatistik, Anfangselektronenhaushalt). In praktischen Isoliersystemen können diese Modelle aber kaum zufriedenstellend angewandt werden; zudem fehlen dafür teilweise die physikalischen Grundlagen. Mehr Beachtung fanden die 6 Beiträge, die den empirischen Standpunkt in dieser Frage vertraten.

Die aktuelle Frage: «Gibt es ein besseres Isoliergas oder Gasmisch als das bewährte Schwefelhexafluorid?», konnte im Rahmen der wissenschaftlichen Beiträge und der Diskussion im Forum nicht beantwortet werden. Denn neben der dielektrischen Festigkeit neuer Gase müssen weitere Eigenschaften untersucht werden: Toxizität, Druck-Temperatur-Verhalten, Lösseigenschaften, Empfindlichkeit gegenüber Elektrodenrauigkeiten und Verschmutzung sowie die Verträglichkeit der Gase mit Konstruktionswerkstoffen. Viele dieser Parameter sind für vorgeschlagene Gase oder Gasmischungen, die SF₆ ersetzen könnten, noch nicht bekannt. Immerhin haben mehrere Arbeiten gezeigt, dass für grössere Anlagen die kostengünstigen Gasmischungen von SF₆ mit N₂, CO₂ oder mit Luft als realistische Alternativen betrachtet werden können.

5. Hochspannungsgeneratoren, Prüf- und Messtechnik

Dieser Themenkreis war in die folgenden vier Gruppen unterteilt: erstens Stossgeneratoren und Prüfkreisbauelementen, dann Stoßspannungs-, Prüf- und Messtechnik, ferner Erzeugung, Prüfung und Messung von Gleich- und Wechselspannungen; Teilentladungs-Messtechnik und viertens sonstige Messverfahren; Optoelektronik.

In der ersten Gruppe (9 Beiträge) wurden vor allem Entwicklungen bei Stoßspannungsgeneratoren vorgestellt, die zur Erzeugung *nicht* genormter Blitz- oder Schaltstoßspannung Anwendung finden. Der Bedarf zur Erzeugung anderer Wellen-

formen ergibt sich aus der Tatsache, dass keineswegs alle Überspannungen im Hochspannungsnetz durch die genormten Stoßspannungen sinnvoll nachgebildet werden; sehr steil ansteigende Spannungen werden zudem für die Prüfung der Zuverlässigkeit elektronischer Komponenten und Schaltungen (elektromagnetische Verträglichkeit) immer wichtiger. Die neu entwickelten Schaltungen gehen vom üblichen Marx-Kreis aus, der auf möglichst einfache Art und Weise modifiziert wird, z. B. durch Nachkreise oder zusätzliche Schaltelemente im Entladekreis. Bemerkenswert ist auch die Entwicklung von Stoßstromgeneratoren zur Simulation multipler Blitzentladungen. Bei allen Schaltungen setzt sich dabei der Trend zur Automatisierung des Versuchsablaufes, teilweise unter Einsatz von Mikroprozessoren, fort.

Die in dieser Gruppe ebenfalls behandelten Prüfkreisbauelementen betrafen preiswert aufgebaute Durchführungen für recht hohe Wechselspannungen (1200 kV), Kabelendverschlüsse für dielektrische Prüfungen, und Verbesserungen im Aufbau von Pressgaskondensatoren.

Die 13 Beiträge zur Stoßspannungs-Prüf- und Messtechnik bewiesen die unverminderte Aktualität dieses Problemkreises. Da die bei Stoßspannungsuntersuchungen auftretenden Streuungen der Durchschlagswerte besonders ausgeprägt sind, kommt der statistischen Auswertung der Messergebnisse, die in einigen Beiträgen behandelt wurde, eine besondere Bedeutung zu. Zunehmend finden daher automatische Datenerfassungs- und -auswertesysteme Anwendung, die auch on-line betrieben werden können. Nur dadurch wird es auch möglich, die für eine untersuchte Isolation gültigen und geeigneten Verhaltensfunktionen zu finden und damit verbesserte Grundlagen für eine gute Isolationskoordination zu schaffen.

Bekanntlich können die mit allen Durchschlagsuntersuchungen verbundenen elektromagnetischen Vorgänge die Ergebnisse in der Prüf- und Messtechnik mehr oder weniger stark beeinflussen. Zwei Beiträge waren daher den komplexen Strahlungsvorgängen gewidmet, wobei die elektromagnetischen Felder in der Umgebung typischer Versuchsaufbauten berechnet wurden.

Wie in den früheren Symposien waren auch die Stoßspannungsteiler und deren Messgenauigkeit kritische Untersuchungsobjekte. Bemerkenswert sind die Angriffe gegen die in den IEC-Publikationen 60-3 und 60-4 festgelegten Anforderungen an die Response-Charakteristiken für Stoßspannungs-Meßsysteme, welche offensichtlich nicht alle Anforderungen an die Messgenauigkeit gewährleisten können. Darüber hinaus wurden Eichspannungsquellen und modifizierte Transient-Recorder-Systeme vorgestellt, die zur Verbesserung der Messgenauigkeit im Niederspannungsteil der Hochspannungs-Meßsysteme beitragen können.

In den 20 Beiträgen der dritten Gruppe wurden die neuesten Entwicklungen auf den Gebieten der Spannungsquellen, der Prüf- und Messtechnik und der speziellen Teilentladungsmesstechnik aufgezeigt. Während bei den Gleichspannungsquellen vor allem Stabilisierungsfragen im Vordergrund stehen, lässt ein neuartiger Serienresonanzkreis für hohe Wechselspannungen an die Messgenauigkeit gewährleisten können. Darüber hinaus wurden Eichspannungsquellen und modifizierte Transient-Recorder-Systeme vorgestellt, die zur Verbesserung der Messgenauigkeit im Niederspannungsteil der Hochspannungs-Meßsysteme beitragen können. In den 20 Beiträgen der dritten Gruppe wurden die neuesten Entwicklungen auf den Gebieten der Spannungsquellen, der Prüf- und Messtechnik und der speziellen Teilentladungsmesstechnik aufgezeigt. Während bei den Gleichspannungsquellen vor allem Stabilisierungsfragen im Vordergrund stehen, lässt ein neuartiger Serienresonanzkreis für hohe Wechselspannungen an die Messgenauigkeit gewährleisten können. Darüber hinaus wurden Eichspannungsquellen und modifizierte Transient-Recorder-Systeme vorgestellt, die zur Verbesserung der Messgenauigkeit im Niederspannungsteil der Hochspannungs-Meßsysteme beitragen können.

Die letzte Gruppe mit 11 Beiträgen war vorwiegend der Anwendung optoelektrischer Bauelemente gewidmet. Im Vorder-

grund stehen dabei die üblichen Baugruppen (Lichtleiter und optoelektronische Wandler) zur Übertragung von Mess- oder Steuergrößen. Die sich dabei ergebenden Vorteile (Überbrückung von hohen elektrischen Potentialen; Unterdrückung von Störspannungen) sind bekannt. Ein Beitrag befasst sich darüber hinaus mit der sehr präzisen Messung von insbesondere hohen Stromstärken mit Hilfe des Faraday-Effektes. Teils neuartige Messverfahren für die Messung elektrostatischer Felder auf Erd- oder Hochspannungspotential können sowohl zur Untersuchung der physikalischen Vorgänge beim Gasdurchschlag als auch zur Messung elektrischer Felder unter Hochspannungsleitungen Anwendung finden. Ein Beitrag über ein preiswertes, elektronisches Messgerät zur Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufes von Blitzströmen rundet den Inhalt dieser Gruppe ab.

6. Luftisolierungen

Die grosse Zahl der zum letzten Themenkreis eingereichten Beiträge (57) zeigte, dass das Interesse auf dem Gebiet der äusseren Luftisolation nach wie vor gross ist, denn Luft wird unter den Isoliergasen noch immer am meisten angewendet. Wiederum wurden vier Gruppen gebildet, nämlich Luftisolierungen: physikalische Betrachtungsweise, Luftisolierungen: technische Betrachtungsweise, Korona in Luft und Grenzflächenisolation.

Da bei langen Funkenstrecken die Leaderentladung wesentlich zur Verminderung der elektrischen Festigkeit beiträgt, befasste sich auch der Grossteil der Arbeiten in der ersten Gruppe (14 Beiträge) mit der messtechnischen Erfassung oder mit der physikalischen Interpretation des Wachstums des Leaderkanals bei Beanspruchung der Entladungsstrecke mit Schalt- und Blitzstoßspannungen beider Polaritäten. Obwohl das physikalische Verständnis über positive Leaderentwicklung allgemein als befriedigend angesehen wird und das Interesse sich auf negative Entladungen, bezogen auf Phase-Phase und Blitzentladungen, verlagert, bleiben wesentliche Fragen wie z. B. die Bedingungen, die zum positiven Leadereinsatz führen, oder Faktoren, welche die zeitliche Änderung des Leaderlängsgradienten bestimmen, weiterhin unklar.

In der zweiten Gruppe (19 Beiträge) standen das Verhalten der Durchschlagparameter (z. B. Durchschlagkennlinien extrem langer Funkenstrecken, Modellieren des Durchschlags bei positiven Schaltstoßspannungen und Spannungszeitkennlinie bei Blitzstoßspannungen) ebenso wie die Wirkung von verschiedenen Einflussfaktoren auf die Durchschlagspannung bei verschiedenen Spannungsformen (z. B. Rückenhalbwertszeit, Belastungskapazität, Oberflächenbeanspruchung, Feuchtigkeit) im Mittelpunkt des Interesses. Generell zeigte sich der Trend, die bei extrem inhomogenen Anordnungen gewonnenen Erkenntnisse über den Entladungsmechanismus auf technisch bedeutungsvolle Elektrodensysteme (z. B. Phase-Phase, Phase-Mast) auszudehnen und bei der Bestimmung der Durchschlagfestigkeit mittels semiempirischer Methoden anzuwenden.

Weitgestreut waren die Arbeiten, über die in der Gruppe «Korona in Luft» (12 Beiträge) diskutiert wurde. Neben den Beiträgen, die dem räumlichen und zeitlichen Wachstum der Ionisation (u. a. Statistik über Impuls-Koronaeinsatz, Lawinen- und Streamerbildung) gewidmet waren, beschäftigten sich mehrere Arbeiten mit speziellen Problemen bei Gleich- und Wechselspannungskorona (u. a. Stromdichteverteilung in negativer Korona, Einfluss der zeitlichen Änderung der Ionenbeweglichkeit auf Raumladungsdichte und Feldverteilung).

Abschliessend wurden Fragen erörtert, die vor allem im Zusammenhang mit Grenzflächeneffekten in der Freiluftisolation stehen. 12 Beiträge standen zur Diskussion, die u. a. von Untersuchungen über die grundlegenden physikalischen Prozesse des Überschlages bei verschmutzten Isolatorenoberflächen (z. B. Lichtbogenwachstumscharakteristiken und Modellvorstellungen), über Methoden zur Verhinderung des Fremdschichtüberschlages (Wirkung von Silikonfetten und halbleitenden Schichten) und von Messungen des dielektrischen Verhaltens von Isolatoren-hängeketten unter natürlichen und simulierten Betriebsbedingungen (z. B. Einfluss von Klimaparametern, Sandverschmutzung) berichteten.

Zusammenfassend zeigte sich in der Themengruppe «Luftisolation» im Vergleich zum ISH 1975 eine deutliche Verlagerung der behandelten Themen zur praxisorientierten Anwendung bei positiven Schaltstoßspannungen und zu Grundlagenuntersuchungen bei anderen Spannungsformen mit Schwerpunkt auf negativer Polarität.

7. Podiumsdiskussion

Die abschliessende Podiumsdiskussion bot allen Teilnehmern Gelegenheit, sich aufgrund der Voten der «Panelists» und der anschliessenden Diskussion ein Bild über einige Zukunftsperspektiven in der Hochspannungsforschung zu machen. Als Repräsentanten von verschiedenen Meinungen wurden folgende Teilnehmer für diese Gesprächsrunde ausgewählt: *J. J. Dougherty*, Electric Power Research Institute (EPRI), USA, *M. Ieda*, Nagoya University, Japan, *D. Kind*, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), BRD, *G. Leroy*, Electricité de France (EdF), Frankreich, *I. V. Popkov*, Akademie der Wissenschaften, UdSSR.

Der Problembereich, mit dem sich alle Interessenvertreter auseinandergesetzt hatten, war das höchste Spannungsniveau, auf dem die nächste Generation der Energieübertragungssysteme betrieben werden soll, um dem wachsenden Energiebedarf gerecht zu werden. Die Einführung einer neuen Spannungsebene im UHV-Bereich setzt bekanntlich enorme Forschungs- und Entwicklungsarbeit im gesamten Bereich der Hochspannungstechnik voraus: Isolationstechnik, geeignete Mess- und Prüfverfahren, Umweltfragen usw. Forschungs- und Entwicklungsprogramme in den USA (1500 kV AC/DC) und vor allem in der UdSSR (1200 kV AC/1500 kV DC im Bau; 1800...2000 kV bis Ende Jahrhundert vorgesehen) weichen teilweise von westeuropäischen Meinungen erheblich ab. Aufgrund der grundsätzlich verschiedenen Verhältnisse in der Netztopologie und der Anordnung der Verbraucher- und Erzeugerzentren besteht nach den Ansichten der deutschen und französischen Diskussionsteilnehmer kein technischer und ökonomischer Zwang, in nächster Zukunft auf höhere Spannungen überzugehen. Die Betonung liegt hier vielmehr im Ausbau der Transportkapazität bestehender Leitungstrassen (bessere Isolierung, neue Mastkonstruktionen, usw.) und in einer Minimalisierung des Platzbedarfs für Schaltanlagen (gekapselte Freiluftanlagen; evtl. Anwendung von Halbleitertechnik im Schaltergebiet). Bei wachsender Bevölkerungsdichte wird der Bedarf an unterirdischen Energietransportsystemen immer grösser werden. Auf Rohrgaskabelsystemen, aber auch auf Kabeln mit festem Dielektrikum, werden für die Übertragung von Leistungen bis ca. 1000 MW sowohl in den USA wie auch in Europa vermehrte Forschungsanstrengungen notwendig sein.

Als gemeinsames Endziel der Forschung sollen Hochspannungsapparate und -systeme in der Erzeugung, Übertragung und Verteilung auf allen Spannungsebenen ökonomischer, aber auch platzsparender, umweltfreundlicher und zuverlässiger im Betriebsverhalten werden. Übereinstimmend wurde festgehalten, dass grössere Fortschritte in der Hochspannungstechnik nur durch einen gezielten Ausbau der Grundlagenforschung vor allem im Bereich der Isolationstechnik möglich sein werden.

Abschliessend wurde auch die Koordination der zukünftigen Forschungsaufgaben angesprochen: Grundlagenforschung kann mit vertretbarem Aufwand auf breiter Basis betrieben werden (Hochschulen, Industrie). Bei der angewandten Forschung im UHV-Bereich (meist staatlich unterstützte Institutionen) sollen wegen der immensen Kosten Versuchsprogramme aufgeteilt und gemeinsam organisiert durchgeführt werden.

*Th. Aschwanden, B. Bachmann, W. Büsch
und Prof. W. Zaengl, ETHZ*

Tagungsbände zu beziehen bei: AEI, Viale Monza 259, Milano.