

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 33 (1942)  
**Heft:** 5

**Rubrik:** Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV über  
Höchstleistungsübertragung auf grosse Distanzen

### **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:** 24.12.2024

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

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 5 17 42  
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXIII. Jahrgang

N° 5

Mittwoch, 11. März 1942

**Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV**

vom 13. Dezember 1941 in Zürich

über

**Höchstleistungsübertragung auf grosse Distanzen**

Am 13. Dezember 1941 fand unter dem Vorsitz von Herrn Dr. h. c. M. Schiesser, Präsident des SEV, in Zürich eine interessante Tagung des SEV über Höchstleistungsübertragung auf grosse Distanzen statt. Die Versammlung war von etwa 300 Interessenten besucht, worunter sich trotz der schwierigen Reiseverhältnisse eine Anzahl Gäste aus dem Ausland befanden.

Nach einer Einführung durch den Vorsitzenden wurden folgende Referate gehalten:

1. **Probleme der Drehstrom-Energieübertragung bei sehr grossen Leistungen und Distanzen**, von Dr. *W. Wanger*, Baden.
2. **Probleme der Gleichstrom-Energieübertragung bei sehr grossen Leistungen und Distanzen und der wirtschaftliche Vergleich zwischen der Fernübertragung mit Drehstrom und Gleichstrom**, von *Ch. Ehrensperger*, Baden.
3. **Der Stand der Höchstleistungsübertragung in Nordamerika**, von *W. Howald*, Zürich.
4. **Der Freileitungsbau bei Gleichstrom und Drehstrom für die Uebertragung grosser Leistungen auf grosse Distanzen**, von *R. Voegeli*, Baden.
5. **Möglichkeiten der Fernübertragung grosser Leistungen durch Kabel**, von *P. Müller*, Brugg.
6. **Weitere Beiträge und Diskussion.**

Wir beginnen in dieser Nummer mit der Veröffentlichung des Berichtes, und zwar mit der Einführung des Vorsitzenden und dem Referat des Herrn Dr. Wanger. Die übrigen Referate werden in den folgenden Nummern des Bulletin erscheinen.

Von allen Referaten wird in absehbarer Zeit ein Sonderdruck gemacht; Bestellungen hierauf nimmt das Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, entgegen.

**Einführung**

**Der Vorsitzende, Herr Dr. h. c. M. Schiesser,** Präsident des SEV, gibt folgende Einführung:

Sehr verehrte Gäste, meine Damen und Herren, ich begrüsse Sie zu unserer heutigen Diskussions-tagung über «Höchstleistungsübertragung auf grosse Distanzen» und heisse Sie dazu herzlichst willkommen. Ich begrüsse vor allem auch unsere Gäste, die aus dem Ausland gekommen sind, um an unserer Tagung teilzunehmen und uns heute mit ihrem Besuch beehren. Ich begrüsse darunter ganz besonders eines der ältesten Mitglieder unseres Vereins, Herrn Prof. Dr. Niethammer aus Prag, der sich im Auftrag seiner Regierung mit den Fragen der Grossleistungsübertragung befasst.

Das Problem, das wir behandeln wollen, ist kein Problem von lokaler Bedeutung; es umfasst das Interesse ganzer Kontinente, vielleicht sogar einmal das Interesse mehrerer Kontinente zusammen. Es ist also in diesem Sinne ein Problem der Zukunft von allergrösstem Ausmass.

An einer im letzten Frühling in diesem Haus abgehaltenen Diskussions-tagung habe ich Ihnen schon gesagt, dass wir beabsichtigen, auf Ende des Jahres dieses Problem hier zu behandeln. Ich bin Ihnen vielleicht eine kleine Erklärung schuldig, warum

wir das tun. Seit vielen Jahren habe ich mich persönlich mit diesem Problem beschäftigt. Ich habe dann vorgeschlagen, dass es meine letzte Arbeit sein solle, das Thema an einer Diskussions-tagung des SEV zu behandeln, nachdem ich nach acht Jahren jetzt vom Präsidium zurücktrete. Ich habe also, wenn Sie wollen, einmal eine eigene Liebhaberei zur Diskussion gestellt — eine Liebhaberei darf man innert acht Jahren vielleicht schon einmal behandeln, besonders eine Liebhaberei von solcher Tragweite. Es ist also, wenn Sie wollen, eine Art Schwanengesang.

Ich möchte nun einige kurze Bemerkungen zur Problemstellung dieser Höchstleistungsübertragung machen, damit Sie alle mehr oder weniger sehen, welche Punkte von Bedeutung sind.

Früher oder später wird einmal eine Zeit kommen, da die Kohle rar wird oder der Synthese reserviert werden muss, und man wird dann mehr und mehr auf die hydraulischen Energiequellen angewiesen sein. Nun haben diese hydraulischen Energiequellen neben den gewaltigen Vorteilen, die sie uns bringen, meistens den Nachteil, dass sie von den Verbrauchszentren sehr weit abgelegen sind. Damit kommen wir gleich zur Hauptfrage, der

Frage des Energie-Transportes, und zwar des Transportes von Leistungen von vielen Hunderttausend kW auf Distanzen von 1000 und mehr km. Jedes Transportproblem ist weiter nichts als ein rein wirtschaftliches Problem, und der Techniker ist darin vorerst nur einmal der Diener der Wirtschaft und der Wirtschaftlichkeit.

Das Problem dreht sich also vorerst nicht um die rein technische Frage: Drehstrom-Uebertragung oder Gleichstrom-Uebertragung, sondern — wenn ich so sagen darf — ganz nüchtern nur darum: Wie können wir die Energie auf weite Distanzen so übertragen, dass die Kosten ein Minimum werden? Die Preiserhöhung der kWh durch die Transportkosten entscheidet dann schlussendlich über die Wahl des technischen Systems, das wir für diese Transportfrage annehmen; das ist die allererste Frage, die unsere Tagung beantworten soll.

Die ersten ausgeführten elektrischen Uebertragungen wurden mit Gleichstrom gemacht; wegen der Nachteile der schlechten Verteilung sind sie verschwunden. Dann folgte vor nun genau 50 Jahren die erste Drehstromübertragung von Lauffen nach Frankfurt, und dieser klassische Versuch, der nicht zuletzt — ich darf das hier sicher betonen — durch schweizerischen Unternehmegerist verwirklicht wurde<sup>1)</sup>, brachte die heute überall angewandte Drehstromübertragung und auch die Drehstromverteilung. Die Vorteile dieses Systems sind so gross, dass sie immer bleiben werden. Es ist ganz gleichgültig, was für ein Grosskraftübertragungssystem übergeordnet wird; die lokale Verteilung im Lande wird immer Drehstrom bleiben. Mit Drehstrom werden heute schon Energiemengen von einigen Hunderttausend kW auf mehrere Hundert km gut und sicher übertragen, auch wirtschaftlich. Das heutige Thema soll aber zeigen, ob dies auf sehr grosse Distanzen und für äusserst grosse Leistungen auch noch möglich ist.

Viele entscheidende technische Fragen sind daher abzuklären, einmal: wo liegen die Grenzen der statischen und dynamischen Stabilität bei voller Sicherheit? Dann müssen wir festlegen: was für Mittel haben wir, um beliebig weit Energie mit voller Stabilitätssicherheit zu übertragen, und was kosten die Mittel für diese Stabilisierungssicherung? Je grösser die Uebertragungsdistanzen und damit die Uebertragungsleitungen werden, um so höher müssen die Uebertragungsspannungen gewählt werden.

Die Leitungskosten sind einerseits bedingt durch die Schwere des Leiters, und dadurch wird bedingt die Schwere der Masten, und dann schlussendlich — aber weniger ausschlaggebend — durch die Isolation. Diese Bedingungen hängen nicht zuletzt auch noch davon ab, ob das Uebertragungssystem, wenn es mit Drehstrom gemacht wird, eine Nullpunkterdung bekommt oder ob die Erdung über Löschspulen erfolgt. Dieses Erdungssystem, das ja für die heutigen Verhältnisse klar gelöst ist und jedenfalls in Europa immer über Löschspulen gemacht wird, müssen wir für Höchstleistungsüber-

tragungen auf sehr grosse Distanzen noch einmal frisch untersuchen; denn die Rückwirkungen auf die Kosten der Leitungen sind hier ausgesprochen gross, auch die Kosten für die Transformatoren und für viele Schutzmassnahmen wegen der Erdung. Gerade im ersten Vortrag, den Sie heute hören werden, werden alle diese grundsätzlichen Fragen angeschnitten; sie sollten eigentlich durch den Vortrag auch beantwortet werden.

Wie Sie alle wissen, erfordert die Drehstromübertragung auf grosse Distanzen besondere Massnahmen zur Aufrechterhaltung der Stabilität. Diese Mittel — es ist vorläufig gleichgültig, welcher Art sie sind — kosten Geld. Dann müssen die Leiter der Drehstromübertragung meistens — oder immer — aus verschiedenen Gründen im Durchmesser ziemlich gross gewählt werden (Skin-Effekt, Koronaverluste), und das bedingt relativ kostspielige Leitungen. Demgegenüber kennt die Gleichstromübertragung kein Stabilitätsproblem; infolgedessen fallen schon hier beträchtliche Kosten weg. Die Gleichstromübertragung hat nur zwei statt drei Leiter; damit tritt die Erfahrung in Erscheinung, dass zwei Leiter betriebssicherer sind als drei. So dann kann man bei der Gleichstromübertragung bei richtiger Wahl der Spannungsverhältnisse vielleicht massive Leiter verwenden; dadurch wird die Leitung leichter und werden die Masten leichter. Alle diese Punkte bringen es nun mit sich, dass man heute auch davon spricht, die Höchstleistungskupplungsstrecken eventuell mit Gleichstrom zu machen.

Wie ich bereits eingangs betont habe, ist der ganze Fragenkomplex in erster Linie ein reines Kostenproblem; wenn es sich zeigt, dass man die Uebertragung mit Gleichstrom viel billiger machen kann als mit Drehstrom, dann sind wir Techniker eben dazu da, die technische Seite des Problems zu lösen.

Sicher wird sein, dass die Energieerzeugung immer in Drehstrom gemacht wird, und zwar vermutlich mit Synchronmaschinen von normaler Frequenz. Es wäre aber nicht ausgeschlossen, dass man auch hier einmal den Gedanken, den Leblanc ausgesprochen hat, verwirklichen könnte, nämlich dass man Asynchronmaschinen von sehr hoher Frequenz als Generatoren verwendet, das heisst, man könnte die Turbinen in ihrer Geschwindigkeit vollständig an die hydraulischen Verhältnisse anpassen.

Die Umformung von Drehstrom am Erzeugerort auf Gleichstrom wird bestimmt nicht mehr durch rotierende Maschinen erfolgen; denn heute besitzen wir genügend Apparate, um das auf statische Weise machen zu können. Für die Umformung von Gleichstrom auf Drehstrom am Empfangsort werden die gleichen statischen Apparate benützt werden. Die Apparate, die wir da verwenden können, kennen Sie alle; es sind die Apparate, die mit flüssiger Kathode in Anwesenheit von Metalldämpfen arbeiten. Darüber brauchen wir nicht viele Worte zu verlieren; auch die Steuerung dieser Apparate kennen wir fast alle. Hingegen sollte heute etwas über den Stand der heutigen Entwicklung dieser Apparate gesprochen und dann vor allen Dingen

<sup>1)</sup> Bulletin SEV 1941, Nr. 18, S. 425.

die Bedeutung der Schaltungen der zugehörigen Transformatoren eingehender behandelt werden. Die Phasenzahl, der Oberwellengehalt im Drehstromnetz und die Rückwirkung auf die Generatoren sind ebenfalls besonders klarzustellen.

Ganz gleich wie bei der Drehstromübertragung ist auch bei der Gleichstromübertragung zu untersuchen, ob das Netz mit geerdetem Systempunkt ausgeführt werden soll — ich glaube, das isolierte Gleichstromnetz wird wahrscheinlich niemand befürworten. Dann ist vor allen Dingen auch zu untersuchen, ob das Gleichstromnetz als Einleiter-Netz mit Rückleitung durch die Erde erstellt werden kann; dabei sind alle Konsequenzen dieses Systems mit zu beachten: Erdung, Störungsmöglichkeit, Korrosion, Signalstörung usw. Darüber hoffen wir auch etwas Näheres zu erfahren. Dann kommt dazu: Soll das System dieser Gleichstromübertragung als Konstantstrom-System oder als Konstantspannungs-System gemacht werden? Das ist eine Frage von ausschlaggebender Bedeutung, über die man sich unter Umständen sehr lange unterhalten kann; ich hoffe, wir kommen damit doch zu Ende. Alle diese wichtigen Fragen sollen neben dem Netzschutz und der Blindleistungskompensation im zweiten Vortrag: «Problem der Gleichstromenergieübertragung bei sehr grossen Leistungen und Distanzen» ihre Beantwortung finden.

Dann habe ich ja schon genügend angetönt, dass den Kosten für die Erstellung der Leitung eine ganz ausserordentliche Bedeutung zukommt; das trifft zu sowohl für die Freileitung als auch für die Kabelverbindung. Ich nehme an, dass die beiden Referate über Freileitung und Kabel hier alle Punkte behandeln werden, die nötig sind. Beim Kabel wäre

es sehr interessant, etwas Näheres zu vernehmen darüber, ob Kabel mit Oelfüllung oder Massekabel, Kabel unter Druck usw. mit Vorteil angewandt werden. Bei den Freileitungen wäre es interessant, etwas zu hören über die Bauart der Leitung selbst und über die Wahl der Maste — es gibt alle möglichen Formen, die man da anwenden kann. Ich hoffe also, dass uns auch über diese Punkte durch die beiden Referate über die Freileitung und die Kabel etwas geboten wird.

Ich glaube damit die Aufgaben der heutigen Tagung klar umrissen und die wesentlichsten Punkte, die beantwortet werden sollen, genügend klar angegeben zu haben. Erst wenn alle die Fragen, die ich angeschnitten habe, beantwortet sind, und zwar technisch und kostenmässig, kann man die am Anfang gestellte Hauptfrage beantworten: welches ist der billigste Weg für den Transport grosser Energien auf grosse Distanzen? Und erst im Anschluss daran kann dann die Frage diskutiert werden, unter welchen Verhältnissen die Gleichstromübertragung gegenüber der Drehstromübertragung Vorteile hat, oder umgekehrt, und wo die Schnittpunkte liegen.

Ich bin überzeugt, dass die wesentlichsten Punkte heute ihre Beantwortung finden werden und hoffe, dass unsere heutige Aussprache manche Anregung geben wird zur weiteren Ueberlegung für die Zukunft.

Damit habe ich diese kurze Einführung geschlossen und möchte gleich Herrn Dr. Wanger das Wort geben zu seinem Vortrag: «Probleme der Drehstromenergieübertragung bei sehr grossen Leistungen und Distanzen».

## Probleme der Drehstrom-Energieübertragung bei sehr grossen Leistungen und Distanzen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 13. Dezember 1941 in Zürich,  
von W. Wanger, Baden.

621.315.051.025.3

*Die Energieübertragung mit Drehstrom stösst bei der Vergrösserung der Uebertragungsdistanz und der übertragenen Leistung hauptsächlich auf zwei Schwierigkeiten. Einerseits zwingen wirtschaftliche Gründe zur Steigerung der Uebertragungsspannung, wodurch die Isolationstechnik vor neuartige und schwierige Aufgaben gestellt wird. Die Frage der Nullpunktserdung muss in diesem Zusammenhang von Grund auf studiert werden, wobei auch Probleme des Netzschutzes abzuklären sind.*

*Andererseits bereitet die Stabilität des Parallelbetriebes bei sehr langen Leitungen beträchtliche Schwierigkeiten. In diesem Vortrag werden die natürlichen Grenzen der statischen und dynamischen Stabilität aufgezeigt, wobei die Uebertragung der natürlichen Leistung besonders berücksichtigt wird. Sodann wird die Kompensation der Leitung als ein Mittel zur Erweiterung der Stabilitätsgrenzen ausführlich behandelt. Schliesslich wird noch die asynchrone Uebertragung kurz gestreift und auf die Möglichkeit der Verwendung von höheren oder tieferen Frequenzen hingewiesen.*

*La transmission d'énergie triphasée à des distances de plus en plus grandes et avec des puissances accrues, se heurte principalement à deux sortes de difficultés. D'une part, des raisons d'ordre économique exigent un accroissement de la tension de transmission, ce qui place la technique des isolations devant de nouveaux et ardu problèmes. A cet égard, la question de la mise à la terre du neutre doit être reprise à sa base et les problèmes de la protection des réseaux doivent être également résolus.*

*D'autre part, la stabilité du service en parallèle présente de notables difficultés quand les lignes sont très longues. L'auteur indique quelles sont les limites naturelles de la stabilité statique et dynamique, tout spécialement pour la transmission de la puissance naturelle. Il s'occupe ensuite en détail de la compensation de la ligne pour étendre les limites de la stabilité, puis aborde succinctement la transmission asynchrone et mentionne la possibilité d'utiliser des fréquences plus élevées ou plus basses.*

### I. Einleitung.

Nach den einleitenden Worten des Herrn Präsidenten erübrigt es sich, die Bedeutung der Energieübertragung auf grosse Distanzen noch besonders zu unterstreichen. Es ist unbestritten, dass in Zukunft

noch viel grössere Leistungen zu übertragen und viel grössere Distanzen zu überbrücken sein werden, als es bisher schon geschehen ist.

Ausser der von Thury ausgeführten Energieübertragung zwischen Moutiers und Lyon, bei der