

Zeitschrift:	Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber:	Association suisse des électriciens
Band:	23 (1932)
Heft:	9
Artikel:	Das 50-kV-Drehstrom-Ölkabel Drahtzug-Selnau des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich
Autor:	Grob, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1057448

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: 21.02.2026

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:

Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

EDITEUR ET ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIII^e Année

N° 9

Vendredi, 29 Avril 1932

Das 50-kV-Drehstrom-Oelkabel Drahtzug-Selnau des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich.

Von Dipl.-Ing. E. Grob, Oberingenieur des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich.

Unter Hinweis auf das Ausbauprogramm der Energieversorgung der Stadt Zürich beschreibt der Autor die im Herbst 1931 verlegte Drehstrom-Oelkabelleitung, welche die beiden Unterwerke Drahtzug und Selnau miteinander verbindet. Dieses Kabel ist das erste Oelkabel, das in der Schweiz verlegt wurde und die erste Seekabelverlegung eines Oelkabels überhaupt. Es werden Angaben gemacht über die Verlegungs- und Montagearbeiten und die prozentualen Kosten der Anlage.

Aus Gründen der Betriebssicherheit erwies sich die Speisung und Verbindung der drei Unterwerke Drahtzug, Selnau und Letten des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich (EWZ) durch eine leistungsfähige 50-kV-Kabelanlage mit den Fernleitungen und unter sich als eine Notwendigkeit.

Da die Freileitungen nur bis an die Peripherie der Stadt herangeführt werden können, wurden mit dem Bau des Unterwerkes Drahtzug im Jahre 1926 die ersten 50-kV-Einleitermassekabel ($6 \cdot 150 \text{ mm}^2$) auf der Strecke Eichhalde—Drahtzug zum Anschluss des Unterwerkes Drahtzug an die Fernleitung B des Albulawerkes verlegt (siehe Bull. SEV 1927, Nr. 9).

Im Jahre 1929 erfolgte mit dem Neubau des Unterwerkes Selnau der Anschluss dieses Unterwerkes an die Fernleitung A des Albulawerkes mit 50-kV-Einleitermassekabeln ($6 \cdot 240 \text{ mm}^2$) auf der Strecke Manegg—Selnau (s. Bull. SEV 1930, Nr. 6).

Der Zusammenschluss der beiden Unterwerke Drahtzug und Selnau durch ein 50-kV-Drehstromölkabel ($3 \cdot 150 \text{ mm}^2$) wurde im Jahre 1931 durchgeführt.

Im Jahre 1932 sollen die Verbindungskabel zwischen den Unterwerken Selnau und Letten und von da bis zur Haupttransformatorenstation Schlachthof zum Anschluss an die Limmatalleitung des Kraftwerk Wettingen verlegt werden, und als Schluss des vorläufigen Ausbauprogrammes erfolgt später die Verbindung der Unterwerke Letten und Oerlikon zum Anschluss an die Furttalleitung des Kraftwerk Wettingen und die Fernleitung B des Albulawerkes (Fig. 1).

I. Projektierung der 50-kV-Kabelleitung Drahtzug—Selnau.

Die 50-kV-Kabelleitung Drahtzug—Selnau führt durch das Zentrum der Stadt Zürich. Um die

En se référant au programme prévu pour le développement de l'approvisionnement de la ville de Zurich en énergie électrique, l'auteur décrit le câble triphasé à huile posé l'automne dernier entre les deux sous-stations Drahtzug et Selnau. C'est le premier câble à huile posé en Suisse et la toute première pose d'un câble à huile sous l'eau. Une description des travaux de pose et de montage, ainsi que quelques données sur le coût de l'installation complètent cet article.

621.315.2(494)

Schwierigkeiten der Kabellegung mitten durch die Stadt zu umgehen, war es verlockend, den Zürichsee und den Schanzengraben als Trasse für die Kabelleitung zu benützen. Um jedoch die Wasserstrecken ohne Muffen verlegen zu können, waren Einzellängen von ca. 1200 m nötig.

Die Projektierung im Jahre 1929 ergab als notwendigen Querschnitt $3 \cdot 240 \text{ mm}^2$ für Drehstrommassekabel. Die beiden Wasserlängen von je ca. 1200 m hatten je ein Gewicht von 50 t netto und von 60 t mit Trommel. Die Verlegung eines solchen Kabels wäre sehr schwierig gewesen. Einphasenkabel mit Eisenbandarmierung waren technisch nicht möglich und solche mit unmagnetischer Armierung waren im Preise sehr teuer und boten für die Verlegung grosse Schwierigkeiten.

Die Projektierung im Jahre 1930 benützte die Möglichkeit der Verlegung von Drehstromölkabeln. Im Hinblick auf die Erwärmung hätte ein Drehstromölkabel von $3 \cdot 120 \text{ mm}^2$ genügt; aus wirtschaftlichen Gründen aber ist für die vorliegenden Verhältnisse ein Oelkabel von $3 \cdot 150 \text{ mm}^2$ gewählt worden.

Das Gewicht des Oelkabels beträgt für $3 \cdot 150 \text{ mm}^2$ bei 1200 m Länge 31,7 t netto und 40,4 t mit Trommel.

Die konstruktive Ausbildung der Oelkabel verlangte im Jahre 1930 infolge der Niveaudifferenzen der Unterwerke Drahtzug und Selnau eine sogenannte Sperrmuffe am Anfang der Wasserstrecke, also eine Zweiteilung der Kabelanlage, und bedingte damit in der Mitte der Kabelstrecke eine unterirdische Station mit Ausgleichsgefäßen und einer ziemlich komplizierten Apparatur. Diese Lösung befriedigte vom betriebstechnischen Standpunkt aus nicht. Die Kabelfabrik legte im Frühjahr 1931 eine Neukonstruktion vor, die eine be-

friedigende Lösung ohne unterirdische Sperrmuffe gestattete.

In Fig. 2 sind die verschiedenen Kabelquerschnitte der Projekte 1929 bis 1931 zusammenge stellt. Massekabel werden heute in hoher Vollkommenheit gebaut und die Kabelindustrie sucht

durch Verfeinerung der Arbeitsmethoden die Betriebssicherheit der Massekabel immer noch zu erhöhen. Es ist aber bekannt, dass besonders bei stark wechselnder Belastung und hauptsächlich bei Ueberlastung der Kabel der anfänglich vollkommene Zustand der Massekabel bei hohen Spannun-

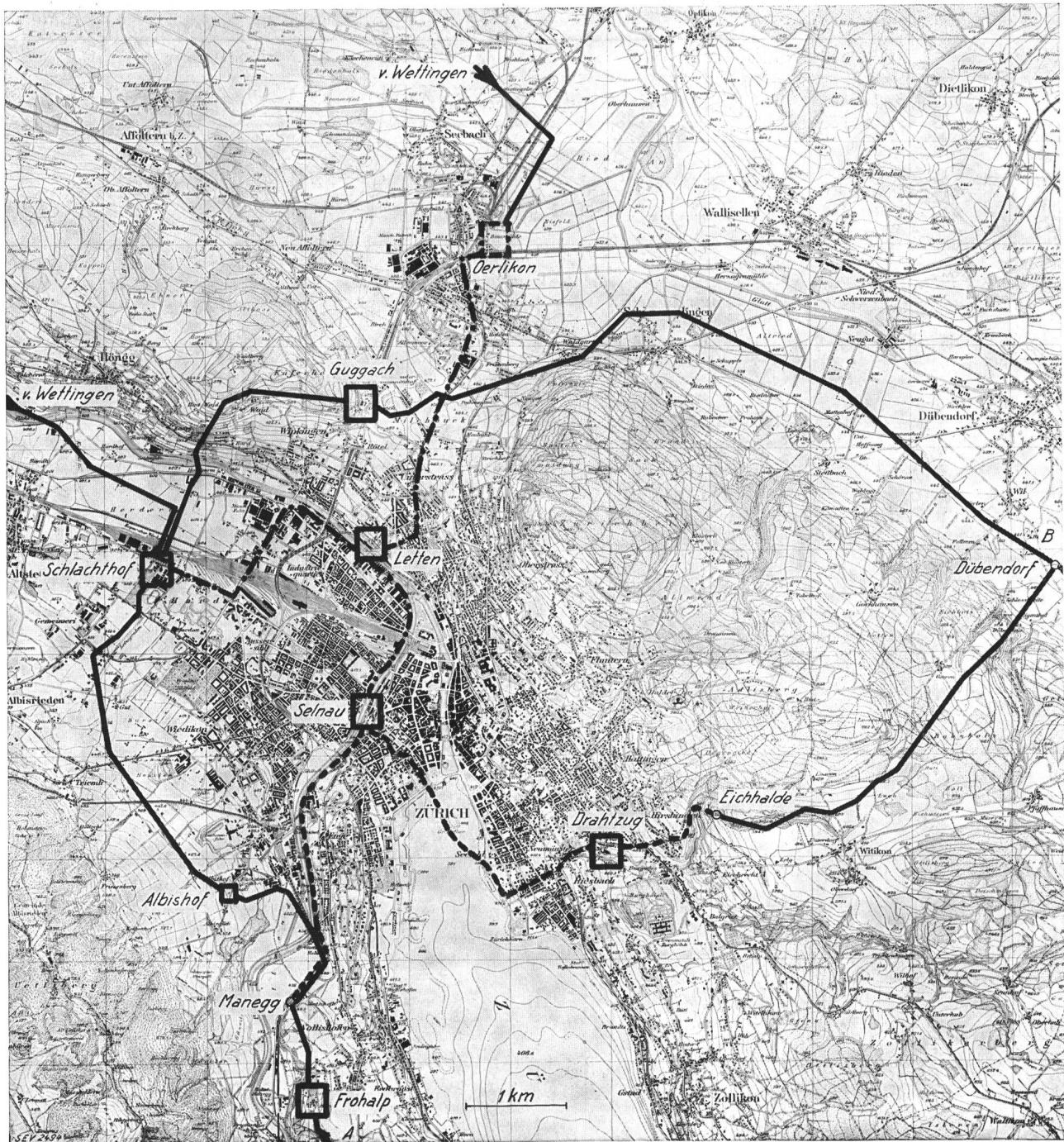


Fig. 1.
Uebersichtsplan (Ueberdruck 1928) des 50-kV-Speisennetzes des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich.
(Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 19. IV. 1932.)
Die 50-kV-Freileitung Guggach-Schlachthof-Albishof-Manegg, die durch heute dicht überbautes Gelände führt, wird nach erfolgtem Vollausbau des 50-kV-Kabelnetzes abgebrochen; die heutige Freileitung Dübendorf-Guggach wird später von Dübendorf nach Oerlikon geführt.

A Fernleitung A des Albulawerkes.

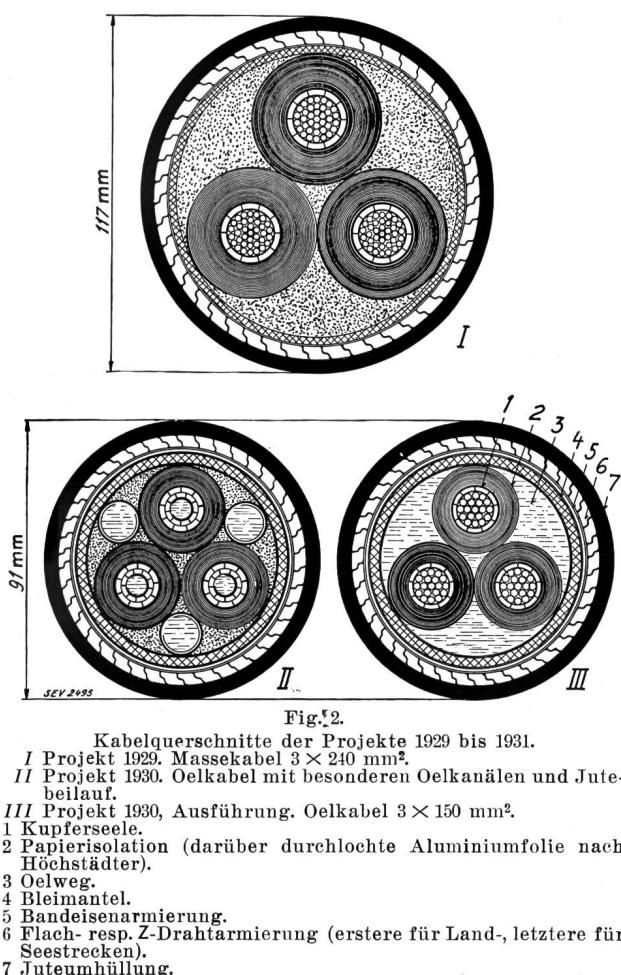
B Fernleitung B des Albulawerkes.

— Freileitungen.

- - - Kabelleitungen.

- - - Projektierte Kabelleitungen.

Die mit „v. Wettingen“ bezeichneten Freileitungen sind z. Z. noch nicht gebaut.



gen durch den Betrieb Veränderungen erfahren kann. Da die Tränkmasse der Kabel sich bei Erwärmung mehr ausdehnt als der Bleimantel, besteht bei rascher Abkühlung des Kabels die Gefahr der Hohlraumbildung, welche die Lebensdauer der Kabelisolierung beeinträchtigt. Diesem Nachteil kann nur begegnet werden, indem man grosse Kupferquerschnitte und grosse Isolationsdicke wählt. Für die verlangte Uebertragungsleistung hätte bei Verwendung von Massekabeln ein Querschnitt nach Fig. 2 I gewählt werden müssen, woraus sich für die nötigen Fabrikationslängen von ca. 1200 m Gewichte ergeben hätten, die nur mit Schwierigkeiten zu bewältigen sind. Einphasenkabel kamen, wie bereits erwähnt, nicht in Frage. Die Lösungsmöglichkeit boten Oelkabel.

Beim Oelkabel wird eine zuverlässige und gleichmässige Durchtränkung der Kabelisolierung erreicht, die auch im Betrieb erhalten bleibt, da infolge des im Kabel liegenden freien Oeldurchflussquerschnittes stets ein genügender Oelzufluss bei Belastungsschwankungen gewährleistet ist. Bei zunehmender Erwärmung des Kabels kann das Oel in die Expansionsgefässe austreten und bei Abkühlung strömt das dünnflüssige Oel sofort aus den Expansionsgefäßsen zurück. Deshalb kommt man bei Oelkabeln mit bedeutend geringeren Isolationsdicken und Kupferquerschnitten aus, so dass sich

gemäss Fig. 2 III Querschnitte und Gewichte ergeben, die wesentlich unter denjenigen für Massekabel liegen und mit den vorhandenen Mitteln beherrscht werden können.

Die Vergabe erfolgte an die Siemens EAG in Zürich als Vertreterin der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin-Gartenfeld, die neben der Firma Pirelli (Mailand) zur Zeit als einzige Firma in Europa Oelkabel baut.

II. Technische Daten des Kabels.

Verkettete Betriebsspannung	50 kV
Querschnitt	$3 \cdot 150 \text{ mm}^2$
Isolationsdicke	7 mm
Bleimanteldicke	3,5 mm
Offene Bandeisenspirale	1 · 0,5 mm
Flachdrahtarmierung für Land- strecken	$8 \cdot 7,5 \cdot 2,0 \text{ mm}$
Höhe der Z-Drahtarmierung für Wasserstrecken	4,2 mm
Gewicht des Landkabels	20 600 kg/km
Gewicht des Seekabels	25 500 kg/km
Durchmesser des Landkabels	82 mm
Durchmesser des Seekabels	91 mm
Dauerstrom	435 A
Induktivität pro Phase	0,365 mH/km
Kapazität pro Phase	$0,283 \mu\text{F}/\text{km}$
Ladestrom bei 50 kV und 20° C pro Phase	2,55 A/km
Maximaler Spannungsgradient bei 50 kV Drehstrom, resp. 28,9 kV gegen Erde	5830 V/mm

Um die Kabel glimm- und strahlungsfrei zu halten, wurde nach Höchstädtner jede einzelne isolierte Kabelader vor dem Verseilen mit durchlöcherten Aluminiumfolien umgeben.

III. Disposition der Verlegung.

Da die Landkabel wegen des Oeldruckes infolge der Niveaudifferenzen armiert werden mussten, war die Verlegung in geschlossenen Kabelsteinen,

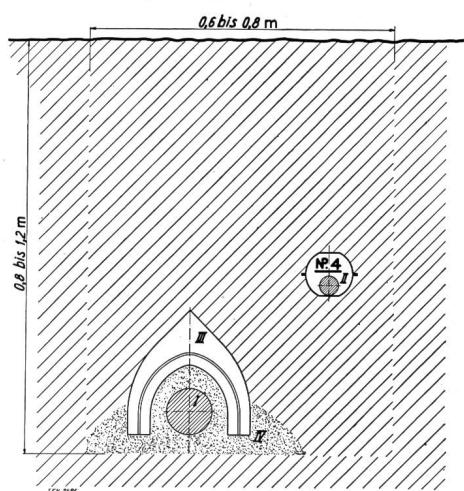


Fig. 3.
Kabelgraben Drahtzug-Seefeldquai.
(Maßstab ca. 1:15.)
I 50-kV-Kabel.
II Telephon-, Signal- und Fernmesskabel.
III Formstein Hunziker Mod. No. 11.
IV Sandbett.

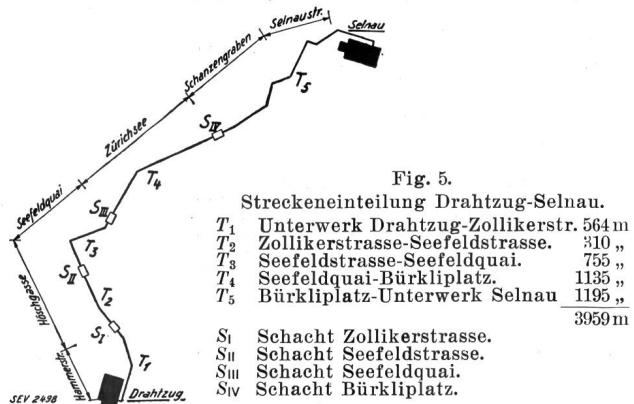
wie sie bei unarmierten Kabeln nötig ist, zu umgehen. Das Kabel wurde in Sand gebettet und mit Zementsteinen abgedeckt (Fig. 3 und 9). Um Lufträume zu vermeiden, wurden die Abdecksteine im Sandbett eingepresst und die Steine selbst an den sich überlappenden Fugen mit Zementmörtel verstrichen, damit der Sand nicht ausgewaschen werden kann.

Um die Montagekosten zu reduzieren, war die Verlegung von möglichst grossen Längen notwendig. Die Längen waren aber einerseits begrenzt durch den Kabeltransportwagen, der eine maximale Kabellast inklusive Trommel von 20 t zulies, anderseits durch die Bedingung, dass nicht mehr als ein Strassenzug gleichzeitig gesperrt werden durfte.



Fig. 4.
60-t-Spezialeisenbahnwagen für Kabeltransport.

Auf den Wasserstrecken war die Länge vorgeschrieben, da im Wasser keine Muffen verlegt werden sollten. Für den Transport der Kabel von Berlin nach Zürich standen 60-t-Spezialtransportwagen zur Verfügung (Fig. 4).



Daraus ergab sich folgende Streckeneinteilung (Fig. 5) :

	Länge	Gewicht	
	m	t	t _{tt}
T ₁ Drahtzug—Zollikerstr.	564	11,95	14,6
T ₂ Zollikerstr.—Seefeldstr.	310	6,62	8,8
T ₃ Seefeldstr.—Seefeldquai	755	16,1	19,1
T ₄ Seefeldquai—Bürkliplatz	1135	29,1	37,3
T ₅ Bürkliplatz—Selnau	1195	31,7	40,4
Total	3959	95,47	

IV. Fabrikation und Prüfung der Kabel im Kabelwerk.

Die Fabrikation der Oelkabel erfolgt genau gleich wie bei den Massekabeln, bis auf die Imprägnierung. Statt mit Kabelmasse wird das Kabel mit einem dünnflüssigen entgasten Oel imprägniert. Während das Kabel durch die Bleipresse läuft wird unter konstantem Druck Oel durch das Kabel gepresst. Das fertig gepresste blanke Kabel wird zur Kontrolle auf Fehler im Bleimantel hernach während sechs Stunden unter $4\frac{1}{2}$ kg/cm² Druck gehalten.

Während der Armierung des Kabels steht dasselbe ständig unter $4\frac{1}{2}$ kg/cm² Oeldruck, so dass jeder Fehler am registrierenden Oeldruckmesser angezeigt wird. Die innere Eisenbandarmierung dient zur Aufnahme der radialen Druckkomponente, die äussere Flachdrahtarmierung (bei den Wasserkabeln Z-Drahtarmierung) dient zur Aufnahme der achsialen Zugkomponente bei der Verlegung, resp. als Schutz gegen mechanische Verletzungen durch Anker usw. auf den Wasserstrecken. Nach der fertigen Armierung des Kabels wird dasselbe auf die definitive Versandtrommel aufgewickelt, mit 10 kg/cm² während 24 Stunden geprüft und hernach mit Expansionsgefassen, die den Druck während des Transportes in bestimmten Grenzen halten, versehen.

An jeder fertigen Länge wurden folgende Versuche vorgenommen:

- Spannungsprüfung mit 75 kV Wechselspannung 50 Per./s in der Schaltung 3 Leiter gegen Erde während 20 Minuten;
- Messung der dielektrischen Verluste bei Raumtemperatur zwischen 20 und 70 kV von 10 zu 10 kV;
- Messung des Isolationswiderstandes;
- Messung der Kapazität;
- Messung des Leiterwiderstandes.

An Prüfstücken, die von jeder fertigen Länge abgeschnitten wurden, erfolgten folgende Spezialversuche:

- Biegeprobe um einen Kern vom 15fachen Kabeldurchmesser;
- Zeitdurchschlagsversuche;
- Abhängigkeit der dielektrischen Verluste von der Temperatur;
- Bestimmung der Erwärmung bei Normallast und der Stromwärmeverluste.

Da das Kabel gegenüber 50-kV-Massekabeln mit 12 mm Isolationsdicke nur 7 mm Isolationsdicke hatte, so war die Garantie für die Zeitdurchschlagskurve auf 100 kV während 100 Stunden festgesetzt worden.

Da nach den Ergebnissen von Vorversuchen bei einer Prüfung mit 120 kV ein Zeitdurchschlag nicht zu erwarten war, so wurde mit 150 kV Prüfspannung begonnen.

Das Versuchsstück wurde während 100 Stunden mit 150 kV (maximale Beanspruchung des Isoliermaterials am Leiter 30,5 kV/mm) geprüft. Das Kabel zeigte hiebei eine unbedeutende und kon-

stante Uebertemperatur von 3 bis 4° C. Hiernach wurde die Spannung auf 175 kV gesteigert (maximale Beanspruchung des Isoliermaterials am Leiter 35,5 kV/mm). Auch diese Spannung hielt das Versuchsstück während 100 Stunden anstandslos aus. Die Uebertemperatur des Kabels stieg auf 5 bis 6° C und blieb konstant. Sodann wurde die Spannung auf 200 kV gesteigert (maximale Beanspruchung des Isoliermaterials am Leiter 40,5 kV/mm) und das gleiche Versuchsstück mit dieser Spannung während 100 Stunden weiter geprüft. Die Uebertemperatur des Kabels stieg auf 7 bis 8° C und blieb konstant. Weiter wurde die Spannung auf 225 kV gesteigert (maximale Beanspruchung des Isoliermaterials am Leiter 45,7 kV/mm). Die Uebertemperatur des Kabels stieg hierbei auf 8 bis 9° C und blieb wieder konstant. Nach 37 Stunden 26 Minuten erfolgte der Ueberschlag in einem Endverschluss von der Bandage auf der Keule nach der Leiterspitze in dem von Hand aufgebrachten Endenschutz. Das Kabelstück selbst wurde daraufhin abgeschaltet und untersucht. Die Kabelisolation war mit Ausnahme der Ueberschlagsstelle an der Keule absolut intakt.

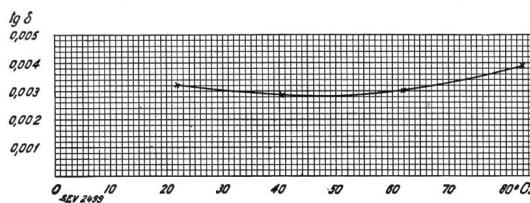


Fig. 6.

$\operatorname{tg} \delta = \frac{\text{Dielektrische Verluste}}{\text{Ladeleistung}}$ bei 30 kV der drei verbundenen Adern gegen Erde in Funktion der Temperatur.
(Abnahmeversuche in den SSW, Berlin.)

In Fig. 6 sind die dielektrischen Verluste in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt bei einer Spannung von 30 kV gegen Erde. In Fig. 7 sind die dielektrischen Verluste bei Raumtemperatur (22° C) zwischen 20 und 70 kV gegen Erde, gemessen mit der Scheringbrücke, dargestellt.

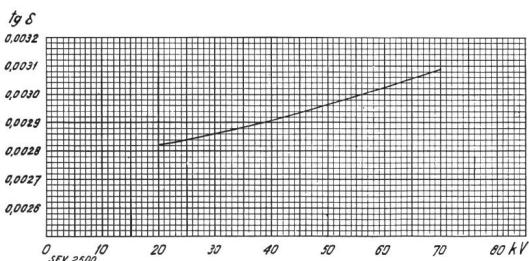


Fig. 7.

$\operatorname{tg} \delta$ bei 22° C in Funktion der Spannung der drei verbundenen Adern gegen Erde.
(Abnahmeversuch in den SSW, Berlin.)

Der Erwärmungsversuch an einem 20 m langen Versuchskabel ergab bei dem vorgeschriebenen Dauerstrom von 435 A (wobei das Kabel ohne Abdeckungen auf dem Boden lag) eine Uebertemperatur am Leiter von 64,5° C bei einer Aussen temperatur von 23,2° C.

Für die Endverschlüsse war eine Prüfspannung von 152 kV und eine Ueberschlagsspannung > 167 kV vorgeschrieben. Die Ueberschlagsspannung der Isolatoren betrug bei den Versuchen 183 kV.

Der Transport der Kabel erfolgte bei einer mittleren Kabeltemperatur von 23° C. Die in den Versandtrommeln eingebauten Expansionsgefässe wurden so eingestellt, dass sich bei einer Temperaturschwankung von $\pm 11^{\circ}$ C folgende Oeldrücke im Kabel einstellten:

$$\begin{aligned}\text{bei } 12^{\circ} \text{ C} &= 0,5 \text{ kg/cm}^2, \\ \text{bei } 23^{\circ} \text{ C} &= 1,6 \text{ kg/cm}^2, \\ \text{bei } 34^{\circ} \text{ C} &= 2,8 \text{ kg/cm}^2.\end{aligned}$$

In Fig. 4 sind die auf den Spezialwaggons von je 60 t Tragkraft aufgebockten Versandtrommeln mit dem Kabel beim Verlassen des Kabelwerkes der SSW dargestellt. Es ergaben sich sehr langgestreckte Trommeln, obschon das Bahnprofil maximal ausgenutzt wurde.

V. Verlegung der Kabel.

a) Landkabel.

Zuerst wurden die drei Landkabellängen verlegt. Hierfür stand ein 20-t-Kabelwagen der SSW zur Verfügung. Die erste Kabellänge von 564 m

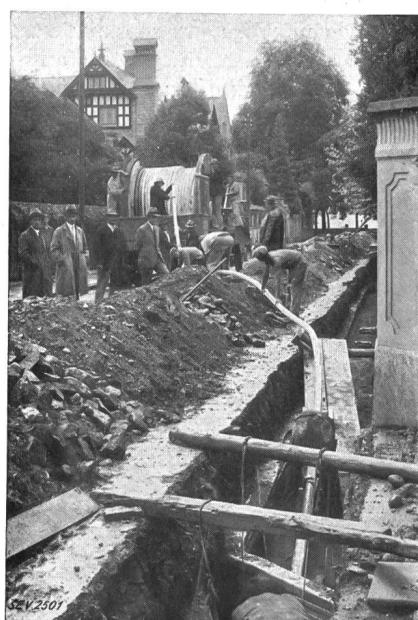


Fig. 8.
Verlegen des
Landkabels
vom Wagen
aus über
Rollen.

wurde auf der ganzen Länge über Kabelrollen eingezogen. Da das Kabel wegen seines grossen Durchmessers von Hand nicht gut gefasst werden konnte, wurden streckenweise, wo der Graben ziemlich tief war, spezielle Ziehgurte verwendet. Während der Verlegung war das Expansionsgefäß angeschlossen und das Kabel unter 2 kg/cm² Druck. Nach der Verlegung wurde das Kabelstück bis zur Muffenmontage an ein Montageexpansionsgefäß angeschlossen, das am tiefsten Punkt des Kabels auf 2 kg/cm² eingestellt war. Für die Raschheit, mit der die Kabelverlegung erfolgte, ist bemerkenswert, dass 24 Stunden, nachdem das Kabel auf dem Bo-

densee die Schweizergrenze erreicht hatte, dasselbe schon zugedeckt im Boden lag.

Die zweite Länge von 311 m wurde wie die erste Länge verlegt.

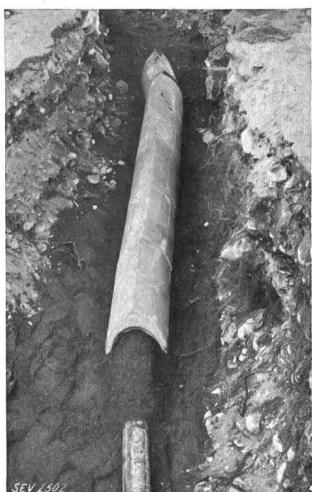


Fig. 9.
Einbetten des Landkabels im Kabelgraben.
(Sand- und Zementsteine.)

Die dritte Länge von 755 m, mit einem totalen Gewicht von 19,1 t inklusive Kabelrolle, wurde auf 355 m eingezogen, der Rest konnte, da keine Hindernisse im Wege waren, vom Wagen aus verlegt werden, wobei je ca. 100 m vom Wagen auf der Strasse abgerollt und dann in den Graben gelegt wurden.

b) Verlegung auf der Seestrecke.

Für die Wasserstrecken stand das grösste Ledi-schiff des Zürichsees der Firma Genossenschaft Steinfabrik Zürichsee mit einer Ladefähigkeit von

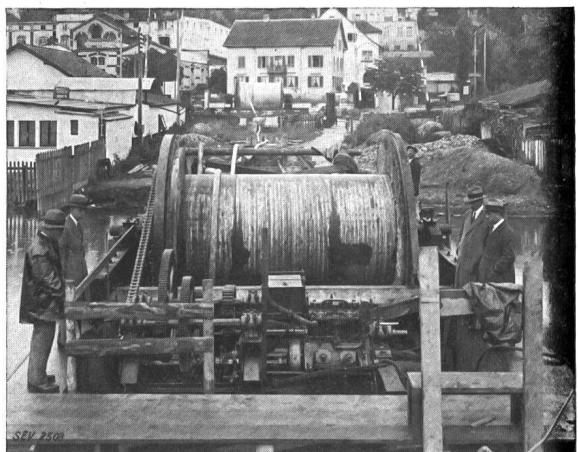


Fig. 10.
Umwickeln der See-Kabellänge vom Eisenbahnwagen auf das Verlegungsschiff.

250 t zur Verfügung. Die Verlegungsmaschinerie und die eiserne Spezialtrommel (7 t) für die Verlegung, die mit dem Drehkran der Kibag in Tiefenbrunnen direkt vom Eisenbahnwagon auf das Ledi-schiff verladen werden konnte, wurden von den SSW leihweise zur Verfügung gestellt. Die Kabel-

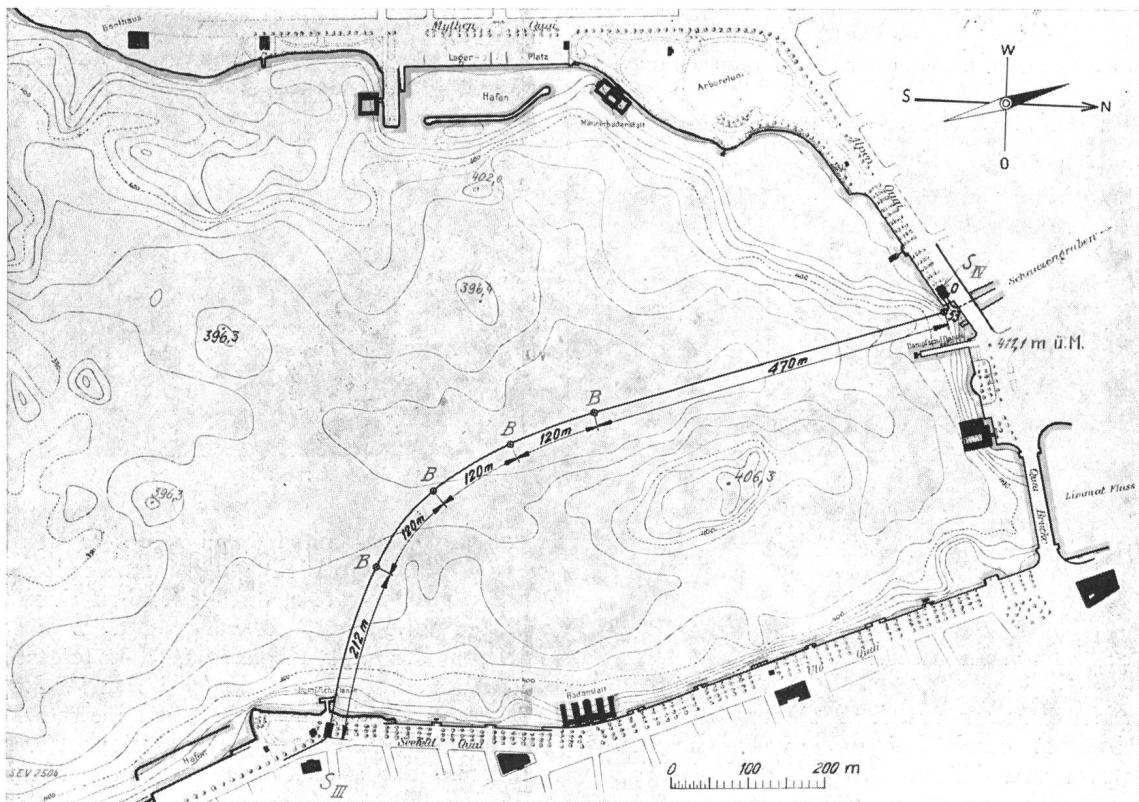


Fig. 11.
Topographie des Seebbeckens, mit eingezeichnetem Trasse des 50-kV-Kabels und den für die Verlegung gesetzten Bojen (B). Maßstab 1:10000. Aequidistanz 2 m. Die mittlere Seespiegelhöhe beträgt 408,6 m ü. M.

länge wurde vom 60-t-Eisenbahnwagen über Kabelrollen direkt auf die eiserne Kabelrolle im Schiff umgewickelt (Fig. 10). Mit einem 50-PS-Benzinmotor konnte das Kabel in vier Stunden umgerollt werden. Gleichzeitig mit dem 50-kV-Oelkabel wurde ein 20adriges Telephon-, Signal- und Fernmesskabel der Kabelwerke Brugg mitverlegt. Dieses Kabel, mit einem Bleimantel von 3 mm Dicke und einer doppelten Armierung aus 1,2 mm dickem verzinktem Flachdraht und 3 mm verzinktem Runddraht, hat einen Aussendurchmesser von 47 mm und ein Gewicht von 7150 kg/km. Das Kabel wurde wie das 50-kV-Kabel auf das Schiff umgewickelt, zur gleichzeitigen Verlegung, im Abstande von ca. 5 m.

Das untere Zürichseebecken hat sehr viele Untiefen von nur einigen Metern (Fig. 11). Mit Rücksicht auf die Schiffahrt wurde das Kabel in die sogenannte «Föhnrinne» des Seebodens gelegt. Das Kabel liegt dabei fast auf der ganzen Länge in 15 bis 19 m Seetiefe. Die Ufer steigen an beiden Verlegungsenden sehr rasch an. Hier wurde mit einem Wasserstrahl eine Rinne ausgebaggert, das Kabel nach der Verlegung mit Betonplatten abgedeckt und die Rinne hernach wieder mit Lehm und Schutt ausgefüllt.

Für die Verlegung wurden durch das Vermessungsamt der Stadt Zürich am Tage vor der Verlegung in bestimmten Abständen 5 Bojen, bestehend aus je 2 aneinandergebundenen und mit Betonklötzen verankerte Tonnen ausgelegt, sowie je am Ufer ein Richtungssignal aufgestellt.

Die Verlegung selbst erfolgte vom Bürkliplatz aus, wo das Schiff am Vorabend vor Anker ging und das Kabelende unter der Ufermauer eingezogen wurde.

Für den Kabelzug waren notwendig:
das Verlegungsschiff mit einem 75-PS-Motor;
1 Schlepper links vom Schiff mit einem 50-PS-Motor;
1 Schlepper rechts vom Schiff mit einem 50-PS-Motor;
1 Vorspannmotorboot zur Richtungshaltung mit einem 50-PS-Motor.

Während der Kabellegung waren sämtliche Motoren unter Vollast, damit das Kabel gut ablaufen konnte; ausserdem musste der 50-PS-Ver-

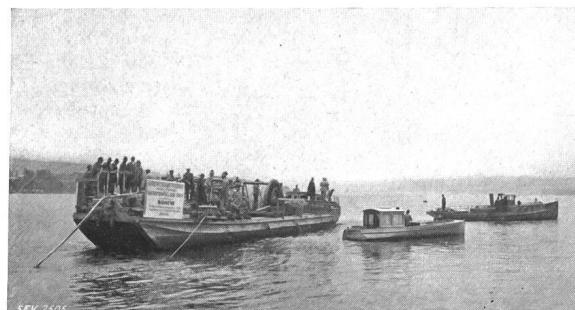


Fig. 12.
Verlegen der Kabel im See. Links das 50-kV-Kabel, rechts das Telephon-, Signal und Fernmesskabel.

legungsmotor auf dem Verlegungsschiff die Kabeltrommel in Gang halten, da der Abzug des Kabels durch das eigene Gewicht des Kabels infolge der geringen Seetiefe nicht genügte. Die ganze Verlegung (Fig. 12) ging, als alle Schiffe richtig manövrierten und eingearbeitet waren, in einem Zuge vor sich und drei Stunden nach der Abfahrt konnte das Kabel im Seefeldquai gelandet werden.

Die Direktion der Zürcher Dampfbootgesellschaft hatte in zuvorkommender Weise während der Verlegungsdauer den Kurs der Dampfboote ausserhalb des Verlegungstrasses gelegt. Die Kontrolle des jeweils ausgegebenen Kabels konnte bei der Vorbeifahrt an jeder Boje nachkontrolliert werden, da bereits im Kabelwerk am Kabel in bestimmten Längen rote Bandagen für die Längenkontrolle angebracht worden waren.

c) Verlegung im Schanzengraben.

Der Schanzengraben führt vom Ausfluss des Zürichsees bis auf 300 m an das Unterwerk Selau heran. Da das Kabel bei einem Gewicht von 40,4 t

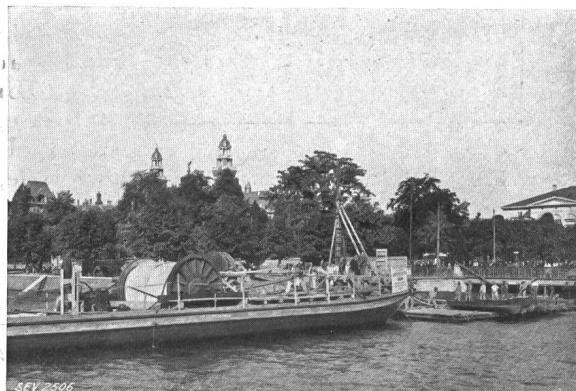


Fig. 13.
Verlegung des 50-kV-Kabels im Schanzengraben vom Bürkliplatz aus. Einrichtung am Bürkliplatz.

nur im Tiefenbrunnen, wie das Seekabel, umgewickelt werden konnte, musste die Verlegung wieder vom Bürkliplatz aus erfolgen. Die ganze Länge wurde, da 5 Brücken über den Schanzengraben

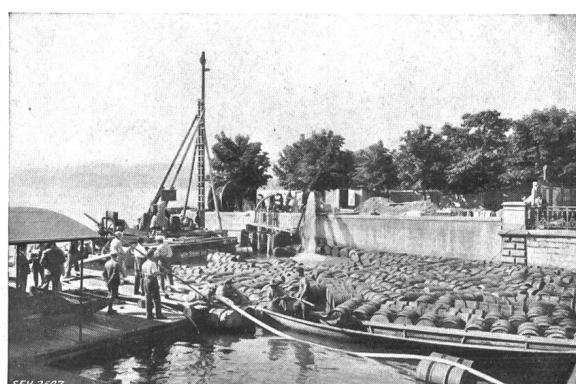


Fig. 14.
Verlegung des 50-kV-Kabels im Schanzengraben vom Bürkliplatz aus. Flosslager am Bürkliplatz.

unterfahren werden mussten, die z. T. nur 90 cm über dem Wasserspiegel liegen, auf Flößen eingeschwemmt und die letzten 300 m noch über Land gezogen.



Fig. 15.
Kabelzug im Schanzengraben.

Es waren hiezu 360 leichte Eisenfässer von je 200 l Inhalt notwendig, die, je zu zweien gekuppelt, 180 schwimmende Flösse ergaben, auf die im Abstand von je 6 bis 7 m das Kabel gelegt wurde. Als Zugkraft dienten 2 zusammengekuppelte Motorboote. Unter allen Brücken waren Pontons mit Mannschaft verankert, die das Kabel durch Führungsstangen in der Mitte des Flussbettes hielten (Fig. 13, 14, 15 und 16).

Sämtliche Pontons unter den Brücken, sowie Kabelschiff und Landungsplatz beim Unterwerk Selinau waren mit einer internen Feldtelephonanlage, die tags zuvor verlegt wurde, versehen. Diese Telephonanlage hat sich auf dem unübersichtlichen Trasse für Kommandogabe und Ueber-



Fig. 16.
Spitze des Kabelzuges im Schanzengraben.

wachung der ganzen Kabellegung, besonders auch am Schluss bei der Versenkung des Kabels auf den Grund sehr gut bewährt.

Die Verlegung konnte in 12 Stunden durchgeführt werden. Die Versuche für diese Verlegungsart, die für Kabel erstmals in diesem Umfange angewendet wurde, wurden vorerst an einem kurzen Kabelstück im Kabelwerk gemacht. Zwei Tage vor der Verlegung des 50-kV-Drehstromkabels wurde das Telephon-, Signal- und Fernmeldekabel auf die nämliche Art und Weise verlegt.

VI. Montage der Muffen.

Da die Kabel mit einem dünnen Oel gefüllt sind, musste für die Muffenmontage ein besonderes



Fig. 17.
Wickeln der Muffen. Links und rechts am Kabel sind die bleiernen Abschlusskappen zu sehen.

Verfahren angewendet werden. Bevor die beiden zu muffenden Kabelenden angeschnitten werden konnten, mussten die Kabelenden durch flüssige Luft abgekühlt werden, damit das Oel erstarrte und beim Abschneiden nichts herausfloss. Durch eine sinnreiche Vorrichtung der SSW wird eine bleierne Abschlusskappe (Fig. 17) über die drei Adern des Drehstromkabels angebracht und mit dem zurückgeschnittenen Bleimantel verlötet. Diese bleierne Abschlusskappe schliesst die Oelwege nach aussen ab, so dass das Oel, wenn es nach einer Stunde wieder dünnflüssig wird, nur noch in solcher Menge

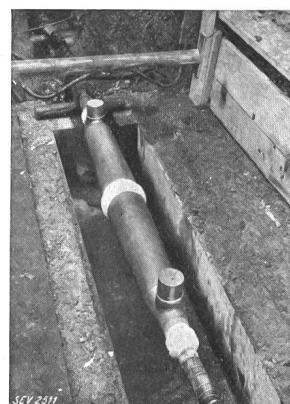


Fig. 18.
Bis auf die Juteumhüllung fertige Kabelmuffe im Betonshacht.

tropfenweise austritt, die für die von Hand zu wickelnde Verbindungsisolierung nötig ist. Nach Beendigung der Muffenmontage wird die Muffe

evakuiert und mit heissem Oel ausgespült. Hernach werden die in der Abschlusskappe eingebauten Ventile geöffnet, worauf von Kabellänge zu Kabellänge durchgehende Oelwege geschaffen sind (Fig. 18).



Fig. 19.
Kabelendverschluss im Unterwerk Drahtzug.

Kabelendverschlüsse. Der Montagevorgang der Kabelendverschlüsse beginnt wiederum mit dem Abfrieren des Kabelendes, um den Oelaustritt zu verhindern. Der Kabelendverschluss selber wird nach fertiger Montage mit heissem Oel ausgespült und unter Druck gesetzt, damit allfällige Undichtigkeiten festgestellt werden können. Durch einen besondern Apparat wird das Oel nochmals entgast, um die letzten Luftreste zu entfernen (Fig. 19).

VII. Expansionsgefässe.

Nach beendigter Montage bildet das Kabel ein kommunizierendes Rohrsystem zwischen den um 4 km auseinanderliegenden Endpunkten, da von Endverschluss zu Endverschluss der Oeldurchfluss vollkommen durchgängig ist. Das Kabel hat ca. 7,6 t Oelinhalt.

Da nun das Kabel bei Temperaturänderungen des Wassers und des Bodens einerseits und anderseits durch die Temperaturänderung bei Belastung der Leiteradern atmet, so ist dasselbe an beiden Enden an Expansionsgefässe angeschlossen. Die Höhenlage der beiden Expansionsgefässe ist um 22 m verschieden. Sie müssen daher, um ein Auslaufen des Oeles am tieferliegenden Ende zu vermeiden, unter einem von der Atmosphäre unabhängigen Druck stehen, um die Oelsäule bei allen Belastungszuständen im Gleichgewicht zu halten. Da ein Druckluftkissen sich im Oel, das absolut gasfrei sein muss, aber auflösen würde, so musste

ein indifferentes Gas gefunden werden, das ölunlöslich ist. Versuche mit Stickstoff ergaben, dass das Oel einen gewissen Prozentsatz Stickstoff aufnehmen kann. Als einziges Gas, das sich als ölunlöslich gezeigt hat, wurde Helium gefunden. Die Expansionsgefässe resp. das Oekabel stehen deshalb unter Heliumdruck. Als Kuriosität mag hier erwähnt werden, dass das verwendete Helium aus den USA stammt. Sein Transport war der erste Heliumtransport von Amerika nach Europa.

Im Unterwerk Drahtzug sind vier parallelgeschaltete Expansionsgefässe zu je 100 l aufgestellt und daneben noch zwei Reservegefässe zu je 100 l,

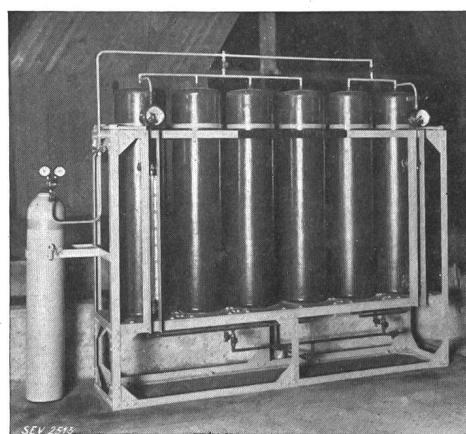


Fig. 20.
Expansionsgefässe im Unterwerk Drahtzug,
links die Heliumflasche.

gefüllt mit ausgekochtem und entgastem Oel. Im Unterwerk Selnau, das 22 m tiefer liegt, sind sechs Expansionsgefässe zu je 115 l und ein Reservegefäß zu 115 l aufgestellt. Die Heliumflaschen stehen neben den Expansionsgefäßsen, die in beiden Werken im Dachstock, je ca. 8 bis 10 m über dem Endverschluss aufgestellt sind, damit der Endverschluss immer unter Oeldruck bleibt.

Die Kupferrohrleitungen von den Endverschlüssen bis zu den Expansionsgefäßsen, die Verbindungen der Expansionsgefäßsen untereinander und die Expansionsgefäßsen wurden nach fertiger Montage abgepresst, um allfällige Undichtheiten feststellen zu können. Die Expansionsgefäßsen sind mit Kontaktmanometern versehen, die sowohl bei zu hohem Druck (zu starker Belastung) als auch bei zu tiefem Druck (Auslaufen des Oeles infolge eines Defektes) ein Alarmsignal betätigen.

VIII. Abnahmeversuche am fertig verlegten Kabel.

Die Abnahmeversuche wurden durch die Technischen Prüfanstalten des SEV durchgeführt. Die Spannungsprobe wurde mit 120 kV Gleichstrom gegen Erde während einer Stunde vorgenommen. Die gemessenen Werte für Leiterwiderstand, Isolationswiderstand, Kapazität, dielektrische Verluste, stimmten mit den im Prüffeld der SSW ermittelten Werten genau überein.

Daran anschliessend erfolgte der Erwärmungsversuch mit Nennstrom, um die Wirkung der Expansionsgefässe genau beobachten zu können. — Fig. 21 zeigt das Resultat des Erwärmungsversuches.

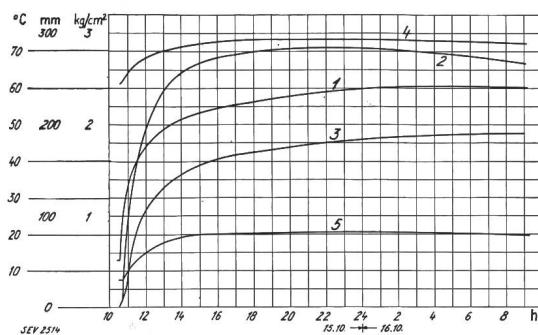


Fig. 21.

Erwärmungsversuch am 50-kV-Oelkabel (Abnahmeversuch der Technischen Prüfanstalten des SEV nach der Verlegung). Belastung: Nennlast (435 A).

- 1 Kupfertemperatur, ermittelt aus der Widerstandszunahme.
- 2 Oelniveau der Expansionsgefässe Selnau.
- 3 Oelniveau der Expansionsgefässe Drahtzug.
- 4 Ueberdruck (kg/cm^2) Selnau.
- 5 Ueberdruck (kg/cm^2) Drahtzug.

Vernachlässigt man die Volumenänderung des Kabels während des Versuches, so ergibt sich beim betriebsfertig verlegten Kabel bei einer Belastung mit 435 A eine mittlere Uebertemperatur des Oeles von 26°C . Die Uebertemperatur des Kupfers betrug beim Versuch max. 47°C . Am Kabelende im Unterwerk Drahtzug hatte die Armatur eine Temperatur von $33\frac{1}{2}^\circ \text{C}$ bei $13\frac{1}{2}^\circ \text{C}$ Umgebungs-

temperatur. Im ganzen traten aus dem Kabel im Drahtzug 76,8 und im Selnau 80,7 l Oel aus; der maximale Druck an den Expansionsgefässen stieg im Drahtzug von 0,3 auf $0,82 \text{ kg}/\text{cm}^2$, im Selnau von 2,44 auf $2,93 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

Seit 17. Oktober 1931 ist das Kabel betriebsbereit. Während des Winters 1931/32 diente das Kabel als Sicherheitsreserve bei Störungen und war nur kurzzeitig im Betrieb. Im Frühjahr 1932, mit der Vollendung der Bauarbeiten im Unterwerk Selnau, kommt das Kabel in Normalbetrieb. Ueber Betriebserfahrungen liegen daher noch keine Resultate vor. Das EWZ hat mit der Verbindung der Unterwerke Drahtzug-Selnau durch ein Drehstromölkabel eine leistungsfähige und bei Störungen für kurze Zeit stark überlastbare Kabelverbindung geschaffen.

Das Kabel kann dauernd mit 37 500 kVA bei 50 kV belastet werden und bei Störungen während einer Stunde, nach vorangegangener Dauerlast von $\frac{3}{4}$ Normallast, mit 46 000 kVA, ohne dass eine schädliche Erwärmung eintritt.

IX. Kosten der Anlage.

Die Gesamtkosten der ca. 4 km langen Kabelanlage betrugen annähernd 400 000 Fr., also rund 100 000 Fr. pro km.

Prozentual teilen sich diese Kosten auf in

- 56 % für das 50-kV-Kabel;
- 6 % für das Signalkabel;
- 38 % für Verlegung und Montage.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Glühlampen in Abhängigkeit von der Betriebsspannung.

621.326

In der letzten Zeit berichten Pressemeldungen in verschiedenen Ländern von neuen Lichtquellen, deren Lichtausbeute ein Vielfaches des Wertes betragen soll, der heute mit den besten Glühlampen erreicht werden kann. Die Mitteilungen, die auf neuere Patentanmeldungen zurückgehen, sind meist übertrieben optimistisch und geben Erwartungen Ausdruck, die in dem vorausgesagten Umfang in der nächsten Zukunft wohl noch nicht erfüllt werden dürften. Richtig ist, dass in den lichttechnischen Forschungsinstituten der ganzen Welt eifrig an der Weiterentwicklung der bekannten und an der Ausbildung neuer Lichtquellen gearbeitet wird, um dem Ziele, die Lichterzeugung wirtschaftlicher zu gestalten, näher zu kommen. Zurzeit ist bekanntlich ein Wirkungsgrad von etwa 12 % in der Umsetzung elektrischer in Lichtenergie der beste Wert, der mit Glühlampen erreicht werden kann. Die bisherigen Arbeiten an der Entwicklung neuer Lichtquellen sind teilweise recht erfolgversprechend, aber es ist zu bedenken, dass außer der gewünschten Steigerung der Lichtausbeute noch viele zusätzliche Anforderungen, besonders hinsichtlich Sicherheit und Einfachheit des Betriebes, zu erfüllen sind, bis diese Lampen Einlass in die Praxis finden können. Es ist zwar durchaus möglich, dass auf Sondergebieten die Entwicklung schneller fortschreiten wird; für die normalen Beleuchtungszwecke aber müssen wir uns für die nähre Zukunft noch mit der elektrischen Glühlampe in der heute üblichen Ausführung zufrieden geben.

Gibt es nun eine «ewige» Glühlampe, oder wenigstens eine solche, die unter normalen Verhältnissen, z. B. im Haushalt, zehn oder zwanzig Jahre benutzt werden kann?

Diese Frage ist zu bejahen. Es bereitet dem Lampenfabrikanten nicht die geringsten Schwierigkeiten, eine solche Lampe herzustellen.

Eine andere Frage ist die, ob dem Verbraucher mit einer solchen Lampe gedient ist, und diese Frage muss ebenso unbedingt verneint werden, wie die erste zu bejahen war.

Es ist ein oft begangener Irrtum, anzunehmen, dass die Güte einer Lampe lediglich von ihrer Lebensdauer abhinge. Richtig ist vielmehr, dass eine Glühlampe in ihrer Qualität in gleicher Weise außer durch ihre Lebensdauer auch durch ihre Lichtausbeute bestimmt ist. Wer eine Lampe, z. B. von 25 Watt, in Betrieb nimmt, erwartet eine bestimmte Lichtleistung, die zu dem gedachten Beleuchtungszweck erforderlich ist; er will weder eine kleinere noch eine grössere Lichtleistung erhalten, denn sonst würde er statt der 25-Wattlampe eine solche von 15 oder 40 Watt eingesetzt haben.

Die gewählte Lampe soll möglichst wenig kosten, soll recht lange halten und außerdem den gewünschten Lichtstrom mit möglichst geringem Aufwand an elektrischer Energie liefern.

Der Wirkungsgrad der Lampe kommt in ihrer Lichtausbeute (gemessen in Lumen/Watt) zum Ausdruck; eine Lampe, die zur Erzeugung einer bestimmten Lichtleistung möglichst wenig elektrische Energie benötigt, muss also eine hohe Lichtausbeute haben. Diese Forderung steht aber dem allgemein verbreiteten Wunsch nach einer hohen Lebensdauer der Lampen entgegen, denn Lichtausbeute und Lebensdauer stehen in einem unabänderlichen physikalischen Zusammenhang und durch die Festlegung eines dieser Werte ist (bei gleicher Güte der Fabrikation) auch der andere bestimmt. Hieraus ergibt sich für den Verbraucher der Wunsch nach Lampen, deren Lichtausbeute und Lebensdauer

so aufeinander abgestimmt sind, dass die Gesamtlichtmenge, welche die Lampe während ihrer Lebensdauer erzeugt, möglichst geringe Gesamtkosten verursacht, d. h. mit anderen Worten, der Preis für eine neue Lampe muss in einem bestimmten günstigsten Verhältnis zu den laufenden Kosten stehen, welche während des Betriebes der Lampe entstehen. Dieses Verhältnis ist für die jeweils geltenden Stromtarife und Lampenpreise (unter Berücksichtigung der Verbreitung der einzelnen Typen) vielfach berechnet worden und hat in allen Ländern übereinstimmend dazu geführt, die mittlere Lebensdauer der Lampen auf 1000 Stunden festzusetzen. Auch in der Schweiz ist im Jahre 1930 gelegentlich der Aufstellung «technischer Bedingungen für die Lieferung von Glühlampen für Allgemeinbeleuchtung an die Mitglieder des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) und des Verbandes Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen (VSEI)» diese Frage erneut behandelt worden. Die paritätische technische Kommission, welche aus Vertretern des VSE und der Glühlampenindustrie besteht, fasste auf Grund eingehender Beratungen den Beschluss, auch in diesen Bedingungen eine mittlere Lebensdauer von 1000 Stunden für die Glühlampen vorzuschreiben, um dem Verbraucher die grösste Wirtschaftlichkeit seiner Beleuchtungsanlage zu gewährleisten¹⁾.

Gelegentlich tritt in Verbraucherkreisen das Bestreben auf, die Lebensdauer der Lampen dadurch zu verändern, dass man Lampen anderer Spannung verwendet, als der tatsächlich vorhandenen Betriebsspannung an der Verbraucherstelle entspricht. Man wählt also z. B. Lampen höherer Spannung und betreibt sie unterlastet. Dadurch nimmt die Lebensdauer der Lampe zu, ihre Lichtausbeute entsprechend ab. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn man zwecks Erzielung einer höheren Lichtausbeute Lampen zu niederer Spannung verwendet. Nähere Unterlagen über die gegenseitigen Änderungen, welche Lebensdauer und Lichtausbeute erfahren, wenn Lampen abweichender Spannung verwendet werden, sind in dieser Zeitschrift bereits früher veröffentlicht²⁾ und kürzlich wiederholt worden³⁾. Der Verbraucher, der in solcher Weise die Lebensdauer der Lampen zu ändern beabsichtigt, darf aber dabei nicht ausser acht lassen, in welcher Weise sich dieses Vorgehen auf die Kosten seiner Beleuchtungsanlage auswirkt.

Ein Beispiel möge die Verhältnisse näher veranschaulichen: Zur Beleuchtung eines Raumes sei nach den vorausgegangenen beleuchtungstechnischen Erwägungen die Verwendung von 40-W-Lampen erforderlich. Diese haben bei 1000 h mittlerer Lebensdauer z. B. bei 120 V einen Lichtstrom von etwa 420 internationalen Lumen⁴⁾ und kosten Fr. 1.30. Während 1000 h erzeugt die Lampe, bei Nennspannung betrieben, insgesamt 420 000 Lumenstunden und verbraucht dafür 40 kWh, d. h. bei einem Strompreis von 40 Rp./kWh⁵⁾ für Fr. 16.— Energie. Rechnet man den Lampenpreis hinzu, so ergeben sich für 420 000 Lumenstunden insgesamt Fr. 17.30 Kosten.

1 000 000 Lumenstunden würden danach $\frac{17.30}{0,42} = \text{Fr. } 41.20$ kosten.

Wird dagegen eine 125-V-Lampe (die bei 125 V einen Lichtstrom von 400 Lumen hat) am gleichen Netz von 120 V betrieben, so fällt ihre Leistung (nach den in Fussnote 2) und 3) genannten Unterlagen) auf etwa 340 Lumen, ihre Leistungsaufnahme auf 37,4 W; dagegen steigt die Lebens-

¹⁾ Bull. SEV 1930, No. 15, S. 529.

²⁾ Bull. SEV 1930, No. 17, S. 579.

³⁾ Bull. SEV 1932, No. 2, S. 49.

⁴⁾ 1 int. Lumen = 1,11 Hefner-Lumen.

⁵⁾ Mittlerer Preis für die zur Beleuchtung dienende elektrische Energie in der Schweiz laut Mitteilung des Sekretariates des VSE (Bull. SEV 1931, No. 17, S. 440).

dauer von 1000 auf etwa 1900 h. Eine solche Lampe verbraucht während ihrer Lebensdauer $\frac{37,4}{1000} \cdot 1900 = 71 \text{ kWh}$, also für Fr. 28.40 Energie und liefert dafür $340 \cdot 1900 = 646\,000$ Lumenstunden. Unter Einschluss des Lampenpreises kosten also 646 000 Lumenstunden Fr. 29.70 oder 1 000 000 Lumenstunden

$$\frac{29.70}{0,646} = \text{Fr. } 46.-.$$

Die Kosten für die gleiche Lichtmenge sind also durch die Verwendung unterlastet betriebener Lampen nicht verminder, sondern um rund 12 % erhöht worden, ganz abgesehen von den Nachteilen, die sich daraus ergeben, dass die Lampen in diesem Falle nicht die für den betreffenden Beleuchtungszweck notwendige Lichtleistung liefern und dass ihre Lichtfarbe sich in nachteiliger Weise ändert.

Der Verbraucher tut also im eigenen Interesse gut, Lampen zu verwenden, deren Spannung mit der wirklich vorhandenen übereinstimmt.

Neben einer erheblichen Verminderung des Lichtstromes tritt bei Betrieb der Lampe mit Unterspannung von 5 % auch eine Verminderung ihrer elektrischen Leistungsaufnahme um etwa 8 % ein.

Ausserdem muss noch auf folgendes hingewiesen werden:

Eine Verallgemeinerung des Verfahrens, Lampen abweichender Spannung zu verwenden, würde dazu führen, dass in jedem Bezirk nicht nur Lampen in der tatsächlichen Netzzspannung, sondern auch solche in höheren und niedrigeren Spannungen vorrätig gehalten werden müssten. Das bedeutete eine Erschwerung der Fabrikation und eine Vervielfachung der Lagerhaltung, die sich schliesslich in einer Verteuerung der Lampen auswirken müssten.

Oft ist es üblich, bei Bestellung von elektrischen Haushaltgeräten die Spannung der im gleichen Haushalt verwendeten Glühlampen anzugeben. Stimmt nun die Lampenspannung nicht mit der tatsächlichen Netzzspannung überein, so werden Geräte bestellt, die später im Betrieb unterlastet arbeiten und durch entsprechend verringerte Leistung dem Verbraucher weitere Verluste bereiten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es im Interesse aller Beteiligten, in erster Linie aber des Lampenverbrauchers selbst, liegt, nur Glühlampen, die der tatsächlich vorhandenen Betriebsspannung angepasst sind, zu verwenden und nicht Auswege zu suchen, die unter Verlängerung der Lebensdauer Nachteile anderer Art nach sich ziehen. Ueber diese Tatsache darf sich der Verbraucher elektrischer Glühlampen nicht täuschen lassen, auch wenn immer wieder die oft widerlegte falsche Behauptung aufgestellt wird, dass die Lebensdauer ihr einziges Qualitätsmerkmal sei.

Dipl.-Ing. Koetz.

Lichtelektrische Schnellzählleinrichtung.¹⁾

621.383:681

Die AEG brachte kürzlich eine automatische Einrichtung zum Zählen von bis zu 1200 Massenartikeln pro Minute auf den Markt. Die zuzählenden Massenartikel werden auf einem laufenden Band quer durch einen starken Lichtstrahl gefahren. Der Lichtstrahl ist auf eine photoelektrische Zelle gerichtet und löst, wenn er auf dieselbe trifft, einen Strom aus, dessen Spannungsabfall in einem Gittervorwiderstand den Anodenstrom einer Triode steuert. Der Anodenstrom betätigt ein Zählrelais. Jedesmal, wenn ein vorbeifahrendes Objekt auf dem laufenden Band den Lichtstrahl unterbricht und auf die Photozelle Schatten wirft, setzt der Elektronenstrom der Photozelle und damit der Anodenstrom der Verstärkerröhre aus, worauf das Zählrelais reagiert.

¹⁾ AEG Mittg. 1932, No. 2, S. 60.

Achte Plenarversammlung der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) vom 13. bis 19. September 1931 in Cambridge und Internationaler Beleuchtungskongress vom 1. bis 12. September 1931 in Grossbritannien.

Vom Sekretariat des Comité Suisse de l'Eclairage (CSE).

628.9(06)

A. Allgemeines.
Vom 13. bis 19. September 1931 fand in Cambridge die achte Plenarversammlung der CIE statt. Sie schloss unmittel-

bar an den Internationalen Beleuchtungskongress an, der vom 1. bis 12. September in London, Glasgow, Edinburgh, Sheffield (Buxton) und Birmingham abgehalten wurde. Be-

vor wir über diese Veranstaltungen berichten, sei kurz auf das Wesen der CIE hingewiesen.¹⁾

Die CIE wurde 1913 in Berlin gegründet, als Nachfolgerin der 1900 gegründeten Internationalen Kommission für Photometrie. Sie ist Trägerin der internationalen Behandlung und Vereinheitlichung von Beleuchtungswissenschaft und -technik. Die Mitglieder der CIE sind Nationalkomiteen, d. h. für jedes Land eine einzige nationale Körperschaft, welche die nationalen Interessen in Beleuchtungswissenschaft und -technik zu repräsentieren vermag. Zur Zeit besitzen folgende Länder Nationalkomitee der CIE: Argentinien, Belgien, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Holland, Italien, Japan, Oesterreich, Polen, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei, Ungarn und Vereinigte Staaten von Amerika. Das schweizerische Nationalkomitee der CIE ist das Comité Suisse de l'Eclairage (CSE).

Das ausführende Organ der CIE ist das Exekutivkomitee, dem der Präsident und sein Vorgänger, drei Vizepräsidenten, der Honorar-Sekretär, der Honorar-Quästor und je zwei Delegierte jedes Nationalkomitees angehören. Die Verwaltung besorgt der Präsident, der Honorarsekretär mit Hilfe des Generalsekretärs und der Honorarquästor. Beschlussfassende Instanz ist die Plenarversammlung, in welcher jedes Nationalkomitee eine Stimme hat.

Diskussionssprachen sind Deutsch, Englisch und Französisch. Für Beschlüsse ist allein der französische Wortlaut massgebend. Die Beschlüsse haben den Sinn von Empfehlungen zuhanden der Nationalkomiteen und der Beleuchtungswissenschaft und -technik.

Die Organisation der Arbeit der CIE ist ähnlich aber etwas weniger straff als diejenige der Commission Electrotechnique Internationale (CEI, siehe Bulletin SEV, 1931, Nr. 14, S. 339). Für jeden Gegenstand, dessen Behandlung eine Plenarversammlung beschliesst, wird ein Technisches Komitee gebildet, dessen Sekretariat von einem Nationalkomitee übernommen wird. Das Sekretariatskomitee bereitet die Sitzungen dieses Technischen Komitees vor und unterbreitet der Sitzung einen Sekretariatsbericht mit Anträgen zur Diskussion. Ist im Studienkomitee Einigung erzielt, so wird der Plenarversammlung Antrag gestellt und diese erhebt den Antrag zur internationalem Empfehlung.

Die Hauptaufgabe der CIE ist die internationale Vereinheitlichung der Nomenklatur, der Definitionen, der Größen und Einheiten und deren Messung, der Beleuchtungsmaterialien, der Gesetzgebung, der Vorschriften und der Regeln. Da jede derartige Vereinheitlichung (*Normalisierung*) nur erfolgreich sein kann, wenn sie auf sicherer wissenschaftlicher Basis aufgebaut ist, so nimmt die Diskussion rein lichtwissenschaftlicher Fragen stets einen wesentlichen Teil der Arbeit der CIE in Anspruch.

Parallel damit, aber auf einer anderen Ebene, geht die Aufklärung der öffentlichen Meinung über den Wert guter Beleuchtung. Diese Aufgabe hat bei den Ingenieuren zu beginnen, welche die Beleuchtungstechnik oft als vernachlässigbares Annex ihrer umfassenden Tätigkeit betrachten. In den meisten Ländern gibt es heute noch überhaupt keine Möglichkeit, die Kunst der Beleuchtungstechnik in Schulen von Grund auf zu erlernen. Aehnliches ist von den Architekten zu sagen, deren Mehrzahl die Grundlagen und die Möglichkeiten guter Beleuchtung ungenügend kennen und denselben deshalb beim Entwurf ihrer Werke auch nicht die nötige Aufmerksamkeit schenken. Letzten Endes werden jedoch die Bestrebungen nach Verbesserung der Beleuchtung erst dann Erfolg haben, wenn die breite Konsumentenschaft den Wert guter Beleuchtung kennen wird, wissen wird, wie gute Beleuchtung beschaffen ist und ihre Ansprüche geltend macht.

Ein Jahr nach Gründung der CIE, im Jahre 1914, brach der Krieg aus, der die kaum begonnene Arbeit unterbrach. Erst 1921 konnte dieselbe in Paris mit zunächst 4 Ländern wieder aufgenommen werden; es folgte Genf (1924, 5 Länder), Bellagio (1927, 10 Länder), Saranac Inn, N. J. (1928, 9 Länder) und Cambridge (1931, 15 Länder). Ueber die bis-

herigen Arbeiten der CIE (und des CSE) wurde im Bulletin des SEV wiederholt berichtet.²⁾

Im folgenden wird zunächst über die achte Plenarversammlung der CIE und daran anschliessend über den dieser vorangegangenen Kongress berichtet.

Die schweizerische Delegation setzte sich wie folgt zusammen:

- Herr A. Filliol, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Genf, Präsident des CSE, Delegationschef;
- » Prof. Dr. P. Joye, Direktor des Physikalischen Institutes der Universität, Fribourg;
- » C. Savoie, Ingenieur der Bernischen Kraftwerke A.G., Bern;
- » F. Tobler, Oberingenieur der Technischen Prüfanstalten des SEV, Zürich;
- » W. Trüb, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich;
- » W. Bänninger, Ingenieur im Generalsekretariat des SEV und VSE, als Vertreter des Sekretariates des CSE.

Ferner gehörten der Delegation folgende ausserhalb des CSE stehende Herren an:

E. Humbel, Lichtingenieur der Bronzewaren A.G., Turgi, und L. Trolliet, Teilhaber der Firma Trolliet, frères, Genf.

Die VIII. Plenarversammlung der CIE fand in Cambridge statt, und zwar unter denkbar günstigen äusseren Verhältnissen, indem die CIE das Privilegium hatte, die Sitzungen in den ehrwürdigen Räumen des 400 Jahre alten Trinity College abhalten zu dürfen. Ausserdem durften die Delegierten in den Wohn- und Schlafräumen der Studenten im Trinity College wohnen, wogegen sie die Pflicht übernahmen, genau die strengen Regeln zu beachten, denen sich die Studenten unterwerfen müssen; die Mahlzeiten, die ebenfalls denjenigen der Studenten entsprachen, wurden gemeinsam in der Dining Hall des College eingenommen und zur Erholung standen die herrlichen Parkanlagen des College am Flusse Cam zur Verfügung. Diese Umstände schufen eine Atmosphäre, welche der Arbeit sehr förderlich war.

Es sei im folgenden versucht, einen Ueberblick über die Resultate der 8. Plenarversammlung zu geben. Der genaue Wortlaut der Beschlüsse wird vom Zentralbureau der CIE publiziert; er allein ist massgebend.

B. Die Sitzungen der technischen Komiteen in Cambridge.

1. Vokabular.

Den Sekretariatsbericht legte das schweizerische Nationalkomitee vor, welches unter Leitung von Professor Dr. P. Joye, Fribourg, das internationale Sekretariat dieses Studienkomitees führt.

Im Sekretariatsbericht sind diejenigen lichttechnischen Ausdrücke in französischer, englischer und deutscher Sprache zusammengestellt, deren Aufnahme in das Vokabular in den vorhergehenden Sessionen der CIE beschlossen wurde. Diese Ausdrücke sind bisher mit keinen Begriffserklärungen versehen. Die CIE (Komitee für Definitionen und Symbole, siehe unter 2.), hat jedoch bereits etwa 25 wichtige Ausdrücke, ausschliesslich dem Gebiet der Grössen, der Einheiten und der Photometrie gehörend, genau definiert. Auf Antrag des Sekretariates wurde in Cambridge beschlossen, nicht nur die vom Komitee für Definitionen und Sym-

²⁾ Rapport sur la session de Paris de la CIE, Bull. SEV 1921, Nr. 9, S. 245.

Statuten der CSE, Zusammensetzung der CSE, Bull. SEV 1923, Nr. 1, S. 66.

Bericht über die Session von Genf der CIE, Bull. SEV 1924, Nr. 8, S. 427.

Les unités photométriques, von Prof. Dr. P. Joye, Bull. SEV 1926, Nr. 1.

Photometrische Vergleichsmessungen zwischen dem Eidg. Amt für Mass und Gewicht und dem National Physical Laboratory in Teddington, von Dr. E. König und F. Buchmüller. Bull. SEV 1927, Nr. 10, S. 618.

Bericht über die Sitzungen in Bellagio. Bull. SEV 1927, Nr. 9, S. 580.

Zusammenfassende Darstellung der Organisation und die bisherigen Arbeiten der CIE. Bull. SEV 1928, Nr. 10, S. 319.

Bericht über die Plenarversammlung von Saranac Inn, siehe Jahresbericht der CSE pro 1928. Bull. SEV 1929, Nr. 10, S. 315.

Bericht über die Sitzung des Studienkomitees Nr. 17, Navigation aérienne, Berlin 1930. Bull. SEV 1930, Nr. 16, S. 559.

¹⁾ Siehe auch Bull. SEV 1928, Nr. 10, S. 319.

bole festgesetzten Definitionen in das Vokabular aufzunehmen, sondern alle bisher enthaltenen und später aufzunehmenden Ausdrücke mit Begriffserklärungen zu versehen. Die Festsetzung der Begriffserklärungen fällt in die Kompetenz und ist Aufgabe des Vokabularkomitees. Begriffserklärungen, welche in den verschiedenen Sprachen grundsätzlich voneinander abweichend vorgeschlagen werden, kann das Vokabularkomitee dem Sekretariatskomitee für Definitionen und Symbole vorlegen, welches die Verschiebung der Aufnahme dieser Begriffserklärungen in das Vokabular verlangen kann.

Damit ist die Aufgabe des Vokabularkomitees zum erstenmal, seit das Komitee geschaffen wurde, genau gestellt und es ist zu erwarten, dass innerhalb einiger Jahre ein mehrsprachiges lichttechnisches Wörterbuch mit Begriffserklärungen veröffentlicht werden kann.

2. Definitionen und Symbole.

Den Sekretariatsbericht legte das französische Nationalkomitee vor.

a) Das heute gebräuchliche photometrische Maßsystem weicht insofern von allen übrigen in Physik und Technik eingeführten wissenschaftlichen Maßsystemen ab, als es nicht auf den Grundeinheiten, Gramm, Zentimeter und Sekunde aufgebaut ist (CGS-System). Z. B. ist das heute gebräuchliche Lux als 1 Lumen pro m² definiert. In Cambridge wurde folgender Beschluss gefasst: «Les Comités Nationaux sont invités à recommander aux auteurs de faire suivre dans leurs publications tout nombre exprimant une grandeur photométrique, au moyen de leurs unités nationales, d'un autre nombre, inscrit entre parenthèses, indiquant la valeur correspondante dans le système basé sur les unités CGS. En pratique on pourra utiliser le lux (lumen par mètre carré) qui est égale à la dix millième partie de l'unité fondamentale. Dans toutes les publications officielles du Bureau de la CIE les expressions numériques des grandeurs relatives à l'éclairage devront être données dans le système basé sur les unités CGS.»

Die Grundeinheiten dieses CGS-Systems sind folgende:

Einheit der Lichtstärke	Internationale Kerze (= ca. 1,11 Hefnerkerze)
Einheit des Lichtstromes	Lumen
Einheit der Beleuchtungsstärke Phot; praktisch kommt das «Milliphot» in Frage).	Lumen pro cm ² (genannt

b) Es wird ein neuer photometrischer Begriff eingeführt: «éclat stellaire» (ein unverbindlicher Vorschlag für dessen deutsche Uebersetzung lautet: «Sternenhelle»), der dazu dient, den Lichteindruck anzugeben, den ein Beobachter von einer Lichtquelle erhält, die er aus so grosser Entfernung direkt anblickt, dass von einem von blossem Auge erkennbaren Durchmesser nicht mehr gesprochen werden kann. Diese Grösse ist die in Lux angebbare Beleuchtungsstärke, welche die Lichtquelle auf einem ebenen, zu den Lichtstrahlen senkrechten Flächenelemente, das sich anstelle der Pupille des Beobachters befindet, erzeugt. Dieser neue Begriff soll in der astronomischen Photometrie verwendet werden, die eine Photometrie von «leuchtenden Punkten» ist, ferner bei Blendungsuntersuchungen an entfernten Lichtquellen, wo der Begriff «brillance» (= Leuchtdichte) keinen Sinn mehr hat. Man wird also künftig z. B. sagen: Die «Sternenhelle» (ein offizielles deutsches Wort wurde noch nicht bestimmt) von Sirius, von der Erde aus gesehen, beträgt $7,5 \cdot 10^{-6}$ Lux, oder: Eine weit entfernte Lichtquelle blendet, wenn ihre Sternenhelle mehr als x Lux beträgt.

c) Als Symbol für den Brechungsindex wurde der Buchstabe *n* bestimmt (kursiv geschrieben, wie alle Symbole für Grössen; die Symbole für Einheiten werden alle senkrecht geschrieben).

d) Zu kurzer, allerdings zunächst resultatloser Diskussion kam noch ein interessanter deutscher Vorschlag, anstelle der Beleuchtungsstärke die *Leuchtdichte* als Primärgrösse an die Spitze des Systems der photometrischen Definitionen zu stellen, was ermöglichen würde, dass auf den die allgemeine Gültigkeit des jetzigen Systems stark einschränkenden Begriff der punktförmigen Lichtquelle verzichtet werden kann.

3. Automobilbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das amerikanische Nationalkomitee vor.

Angesichts des bedeutenden internationalen Automobilverkehrs besitzt die Frage der internationalen Regelung der Automobilbeleuchtung grosses Interesse: es ist erwünscht, dass die heute stark voneinander abweichenden Gesetze und Vorschriften der verschiedenen Länder über die Beleuchtung der Motorfahrzeuge mit der Zeit zur Uebereinstimmung gebracht werden. Vorbedingung dafür ist die Existenz von guten Automobilbeleuchtungen, welche sowohl die Sicherheit des Fahrers als auch die des Gegenfahrers und der übrigen Strassenbenutzer soweit als möglich gewährleisten. Nicht zum erstenmal wurde in Cambridge betont, dass eine gute Beleuchtung der Automobilstrassen das Problem der Automobilbeleuchtung stark vereinfachen würde. Derartige Beleuchtungsanlagen mögen wohl mit den Jahren vereinzelt erstellt werden; doch wird die Frage der Automobilscheinwerfer und deren Abblendung noch auf unabsehbare Zeit hinaus aktuell sein. — Eine der Aufgaben, die sich die CIE stellt, besteht in der internationalen Festlegung der Eigenschaften einer zweckmässigen Automobilbeleuchtung. Das allfällige Resultat wird den Gesetze und Vorschriften erlassenden Behörden der verschiedenen Länder die Möglichkeit geben, die Beleuchtung der Automobile technisch gut und übereinstimmend zu regeln.

Die Diskussion dieser Frage in Cambridge führte zunächst zu folgenden Empfehlungen:

a) Unter der «Reichweite eines Lichtkegels» oder einer Kombination von Lichtkegeln in irgend einer Richtung versteht man die Distanz, gemessen in dieser Richtung, in welcher die Beleuchtungsstärke in vertikaler Ebene 1 Lux beträgt.

b) Der Lichtkegel, der zum Fahren auf der offenen Strasse verwendet wird (Fahrlicht), soll auf einer vertikalen Ebene 100 m vor dem Wagen in der Achse und in der Horizontalebene, welche durch die Mitte der Scheinwerfer geht, eine Beleuchtungsstärke zwischen 1 und 25 Lux erzeugen.

c) Der horizontale Öffnungswinkel sowohl des «Fahrlichtes» als auch des «Kreuzungslichtes» soll zur Beleuchtung eines angemessenen Teiles der Strassenoberfläche genügen.

d) Die Verwendung farbigen Lichtes zum Fahren im Nebel bietet keine Vorteile und wird daher nicht empfohlen.

Die unter b) und c) erwähnten Empfehlungen schliessen die Annahme von zwei Arten Lichtkegeln in sich, nämlich eine für das «Fahrlicht», das bei offener Strasse verwendet wird, und eine für das «Kreuzungslicht», das beim Kreuzen zweier Fahrzeuge verwendet wird. Diese Kombination soll nur für Fahrzeuge verwendet werden, deren Geschwindigkeit über 30 km/h betragen kann.

In der allgemeinen Diskussion kam auch das «Frey-Licht» zur Sprache, ein schweizerisches System, das zwei von Hand kippbare und drehbare Scheinwerfer links und rechts oben am Wagendach, also höher als die Augen des Fahrers, vorsieht, statt der üblichen Montage unten links und rechts vom Kühler. Dieses System wird in der Schweiz bereits mit Erfolg verwendet; in Cambridge wurde ihm vorgeworfen, dass die hohe Lage der Scheinwerfer den Gegenfahrer über die Entfernung eines damit ausgerüsteten Wagens täusche.

4. Fabrik- und Schulbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das amerikanische Nationalkomitee vor.

An der Session von Genf, im Jahre 1924, wurden für Fabriken und Schulen *minimale* Beleuchtungsstärken festgelegt, welche, sofern es die gesetzlichen Grundlagen gestatten, vorgeschrieben werden sollten. Diese minimalen Beleuchtungsstärken wurden in Cambridge bestätigt. Außerdem wurde eine Reihe von grösseren als die minimalen Beleuchtungsstärken aufgestellt, deren Einhaltung erfahrungsgemäss das Wohlbefinden des Menschen bei der Arbeit gewährleistet, ohne dass die Beleuchtungsanlage überdimensioniert ist und unwirtschaftlich wird. Es handelt sich dabei um mittlere Beleuchtungsstärken, die möglichst gleichmässig am Arbeitsplatz vorhanden sein sollen. Diese Reihe ist im

folgenden wiedergegeben, ebenso die Reihe der minimalen Beleuchtungsstärken, da dieselbe im Bulletin des SEV noch nie veröffentlicht wurde.

Fabriken:	Empfehlenswerte Beleuchtungsstärke Lux	Minimale Beleuchtungsstärke Lux
A. Gemessen im Raum, in ca. 80 cm Höhe vom Boden:		
1. Fabrikwege, Hofräume . .	10 bis 5	0,2
2. Lagerplätze, Nebenräume, Verbindungsgänge	30 bis 20	2,5
B. Gemessen am Arbeitsort:		
3. Wenn Unterscheidungsmöglichkeit von Details nicht nötig ist (Oertlichkeiten: Eingänge, Treppen, zugehörige Gänge, Aufzügekabinen, Aborten. Arbeiten: Materialtransport, Grobsortiererei, Kohlentransport, Arbeit an Giessereiöfen)	50 bis 30	5
4. Wenn einige Unterscheidungsmöglichkeit von Details nötig ist (Oertlichkeiten: Treppen, Gänge und andere Orte mit laufenden Maschinen, heißen Rohrleitungen, elektr. Anlagen. Arbeiten: maschinelle Grobbearbeit., Großmontage, grobe Arbeiten am Werkbank, Großschmiede, Müllerei).	80 bis 50	10
5. Wenn mittlere Unterscheidungsmöglichkeit von Details nötig ist (Arbeiten: Maschinenarbeit, Montage, Arbeit am Werkbank, Klein-Kernmacherei, Zigarettenfabrikation).	120 bis 80	20
6. Wenn gute Unterscheidungsmöglichkeit von Details nötig ist (Arbeiten: Arbeit am Drehbank, Werkzeugmachen, Weben v. leicht gefärbten Seiden- oder Wollstoffen, Bureaurbeiten, Buchhaltung, Schreibmaschinen-schreiben).	180 bis 120	30
7. Wenn Unterscheidungsmöglichkeiten kleinster Details nötig ist (Arbeiten: Uhrmachen, Gravieren, Zeichnen, Schneidern dunkler Stoffe.)	1000 bis 150	50
Schulen:		
A. Gemessen in Räumen, in ca. 80 cm Höhe vom Boden:		
1. Spazierwege, grosse Straßen und andere begangene Orte	10 bis 5	1
2. Spielplätze im Freien . .	40 bis 20	5
3. Spielplätze für Ballspiele im Freien	120 bis 80	50
4. Lagerräume, Durchgänge, von Schülern nicht benutzt	20 bis 10	2,5
5. Heiz- und Maschinenräume	30 bis 20	10
6. Treppen, Gänge, Ausgänge, Waschräume, Aborten, Kastenanstalts-, Ankleidezimmer	40 bis 20	10
7. Erholungsräume, Turnhallen, Schwimmbecken	120 bis 80	30
B. Gemessen am Arbeitsplatz:		
8. Auditorien, Versammlungssäle	40 bis 20	20

	Empfehlenswerte Beleuchtungsstärke Lux	Minimale Beleuchtungsstärke Lux
9. Auditorien, Versammlungssäle für Unterricht und Studium	120 bis 60	50
10. Schul- und Studierzimmer (auf den Pulten)	120 bis 60	50
11. Schul- und Studierzimmer (Wandkästen, Wandtafeln)	120 bis 60	50
12. Bibliotheken (Lesesäle, Kartotheken)	120 bis 80	50
13. Bibliotheken (Bücherregale, Vertikalebene) . .	60 bis 40	30
14. Laboratorien (Experimentierische, Apparate)	120 bis 80	50
15. Räume für Handarbeitsunterricht	120 bis 80	50
16. Zeichensäle, Nähzimmer	150 bis 100	80

Es wird dabei angenommen, dass die Beleuchtungsanlage auch im übrigen zweckmäßig angelegt sei, d. h. nicht blendet, gleichmässige Lichtverteilung ergibt und keine Schlagschatten erzeugt. In Räumen, wo genaue Sehmöglichkeit vorhanden sein muss, hat der Reflexionskoeffizient der Wände zwischen 30 % und 50 % zu betragen, derjenige der Decken mindestens 65 %, derjenige der Pultflächen höchstens 25 %, derjenige der Wände und Decken der Korridore mindestens 50 %.

Eine wesentliche Bedeutung für die Beleuchtung von Schulen und Fabriken hat die Konstanzhaltung der Spannung; sie verdient deshalb besondere Aufmerksamkeit.

Den Behörden und Fabrikhabern aller Länder soll nahegelegt werden, um beste Arbeitsverhältnisse in bezug auf die Beleuchtung von Fabriken und Schulen besorgt zu sein, nicht nur zur Gewährleistung guter Arbeit, sondern auch zum Schutz der Arbeiter und Schüler, auch derer mit anormalem Gesicht, gegen Augenermüdung, nervöse Erscheinungen und andere schädliche Wirkungen schlechter Beleuchtung.

5. Heterochrome Photometrie.

Den Sekretariatsbericht legte das französische Nationalkomitee vor.

Das allgemeine Problem der heterochromen Photometrie besteht im schwierigen photometrischen Vergleich der Lichtströme spektraler Zusammensetzung irgendwelcher Farben. Das spezielle Problem, das die Fachleute heute interessiert, ist der photometrische Vergleich der verschiedenen Glühlampen mit den Grundnormalen, das R. Jouast wie folgt umschreibt:

In den meisten offiziellen nationalen Laboratorien wird die Einheit der Lichtstärke mittels Kohlenfadenlampen bei 4 W pro internationale Kerze, entsprechend einer Farbtemperatur von 2080° K, aufbewahrt. Da Kohlenfadenlampen nicht mehr verwendet werden, müssen die offiziellen Laboratorien als Sekundärnormale Eichlampen mit Wolframdraht im luftleeren Raum an die Industrie und andere Interessenten abgeben. Das Problem der heterochromen Photometrie liegt im Übergang von den Kohlenfadenlampen (als Primärnormale) zu den Metalldrahtlampen (als Sekundärnormale), ein Problem, für dessen Lösung von den verschiedenen Laboratorien verschiedene Methoden verwendet werden, was trotz des Uebereinstimmens der Primärnormale zu verschiedenen Sekundärnormalen führt. Der CIE obliegt die Aufgabe, diese Methoden zu vereinheitlichen.

Das Problem des Vergleichs von Kohlenfadenlampen mit luftleeren Metalldrahtlampen ist, weil die Strahlung dieser beiden Lamparten nicht sehr verschiedene Farben ergeben, relativ einfach. Denn beide Strahlungen stimmen annähernd mit der Strahlung eines sogenannten «Schwarzen Körpers» bei einer gewissen Temperatur überein. Beim «Schwarzen Körper» ist aber die Zusammensetzung der Strahlung durch einen einzigen Parameter bestimmt, die Temperatur (siehe unter 19 a).

In Cambridge wurden die Resultate eines kürzlich durchgeföhrten Vergleichs, der von den vier grossen nationalen Laboratorien, des National Physical Laboratory in Teddington, der Physikalischen Technischen Reichsanstalt in

Berlin, des Bureau of Standards in Washington und des Laboratoire Central d'Electricité in Paris, angewandten Methoden des Vergleichs von Kohlenfadenlampen und Metall-drahtlampen mittels blauer Filter besprochen. Es zeigte sich, dass Normale, die aus einer Kohlenfadeneichlampe und einem blauen Glas erhalten werden, zum Messen von Metall-drahtlampen bei 2360° K gebraucht werden können. Das Sekundärnormal kann damit mit einer Genauigkeit von 2 bis 3 % geeicht werden.

Das Komitee befasste sich auch mit dem Vergleich von stark gefärbten Lichtquellen (Neonröhren). Die Nationalkomiteen wurden eingeladen, spektralphotometrische und flimmerphotometrische Methoden zu studieren, die sich zum Vergleich starkgefärberter Lichtquellen und von Lichtquellen mit diskontinuierlichem Spektrum eignen. Es ist auch hier erwünscht, international übereinstimmende Methoden zu schaffen.

6. Strassenbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das deutsche Nationalkomitee vor.

Die CIE hat in ihren Beschlüssen von Saranac Inn 1928 Empfehlungen von bestimmten Angaben zur Kennzeichnung von Strassenbeleuchtungsanlagen (mittlere und kleinste Horizontalbeleuchtung auf dem Fahrdamm; für eine Einheit der Fahrdammfläche und der Strassenlänge aufgewandte Leistung; auf eine Einheit der Fahrdammfläche und der Strassenlänge entfallender erzeugter Lichtstrom) ausgesprochen. Außerdem sind in den Beschlüssen folgende Aufgaben für das Komitee Strassenbeleuchtung festgelegt: Klärung der Frage, ob eine allgemein anerkannte bestimmte Messebene für Strassenbeleuchtungsmessungen festgelegt und ein geeignetes tragbares Photometer für Messungen in jener Messebene empfohlen werden kann; Ausarbeitung von Vorschlägen für eine Begriffserklärung und praktische Bestimmung der Leuchtdichte, der Blending und der Wahrnehmbarkeit in der Strassenbeleuchtung; Erhebungen über neuzeitliche Strassenbeleuchtungsanlagen.

Dank dem reichen Material, das im Sekretariatsbericht zusammengestellt ist, konnte in Cambridge ein reger Austausch der Ansichten über die Bedingungen stattfinden, die erfüllt sein müssen, damit eine Strassenbeleuchtung als gut taxiert werden kann. Die Prüfung dieses Materials zeigte, dass man von internationalem Leitsätzen weit entfernt ist. Zur Zeit weichen die nationalen Leitsätze noch grundsätzlich voneinander ab. Noch in Saranac Inn lag das Hauptinteresse auf der Angabe einer mittleren und kleinsten Horizontalbeleuchtung auf dem Fahrdamm. In Cambridge wurde diesen Angaben namentlich von amerikanischer Seite wesentlich weniger Gewicht beigelegt, weil Erfahrungen und Versuche lehren, dass die Beleuchtungsstärken allein kein brauchbares Kriterium für die Güte der Strassenbeleuchtung sind.

In bezug auf die Festlegung einer allgemein anerkannten Messebene für Strassenbeleuchtungsmessungen und Empfehlung eines für Messungen in der festzulegenden Messebene geeigneten tragbaren Photometers kam ebenfalls keine Einigung zustande. Amerika desinteressiert sich überhaupt an dieser Frage, aus dem bereits angegebenen Grund; in Frankreich und Grossbritannien wird direkt auf dem Boden gemessen, resp. in einer Höhe von Höchstens 30 cm (das Photometer steht auf dem Boden) und in Deutschland misst man in 1 m Höhe, hauptsächlich aus praktischen Gründen.

Auch in der von verschiedenen Seiten als wichtig angesehenen Frage der Klassifizierung der Strassen, sei es nach der Verkehrsdichte, sei es nach ihrer Natur (Geschäftsstrassen, Wohnstrassen, Landstrassen usw.) oder sei es nach anderen Kriterien, konnte keine Einigung erzielt werden; auch alle anderen Probleme, die für die Beurteilung einer Strassenbeleuchtung von Bedeutung sind, mussten zu weiterem Studium zurückgewiesen werden. Als Resultat der Verhandlungen wurden folgende Resolutionen publiziert:

a) Um internationale Vergleiche von Strassenbeleuchtungsanlagen zu erleichtern, sind folgende Angaben erwünscht:

aa) Vollständige Beschreibung der Beleuchtungsapparate mit Angabe des Energieverbrauchs,

ab) Distanz der (einfachen oder mehrfachen) Beleuchtungsapparate, ihre Höhe über der Strassenoberfläche und ihr Abstand vom Strassenrand,
ac) Die mittlere Beleuchtungsstärke und die minimale Beleuchtungsstärke.

b) Da die Betrachtung der vertikalen Beleuchtungsstärke Interesse zu bieten scheint, wird das Sekretariatskomitee die Diskussion dieser Frage vorbereiten.

c) Die Nationalkomiteen werden eingeladen, die Beziehung zwischen der Beleuchtungsstärke und der Leuchtdichte der Strassenoberfläche zu studieren.

7. Farbige Signalgläser.

Den Sekretariatsbericht legte das britische Nationalkomitee vor.

In Saranac Inn 1928 wurde beschlossen, die Lichtquellen von Signalen durch die Farbtemperatur und die Gläser durch die spektrale Transmissionskurve zu definieren. Es kam in Cambridge noch zu keinen Ausführungsbeschlüssen. Bevor ein System zur Spezifizierung von farbigen Signalgläsern aufgestellt werden kann, müssen noch weitere Vorarbeiten geleistet werden. Es wurde den Nationalkomiteen nahegelegt, zu prüfen, ob der Durchlässigkeitskoeffizient ohne (wie bisher) oder mit Berücksichtigung der Reflexionsverluste angegeben werden soll. Ferner soll das Sekretariatskomitee einen Bericht über die Prinzipien der Auswahl von farbigen Signalgläsern für verschiedene Zwecke vorbereiten. Dabei soll der Zahl der nötigen Farben und der Grenzen, innerhalb welcher sie liegen sollen, besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

7a. Strassenverkehrssignale.

Den Sekretariatsbericht legte das britische Nationalkomitee vor.

Die Diskussion führte zu folgenden Empfehlungen:

a) Es soll Material gesammelt werden über den Einfluss der Verkehrssignale auf die Verminderung der Verkehrsunfälle.

b) Bei Neuanlagen sollen die Farben eines Verkehrssignales wie folgt angeordnet werden:

Rot	links oder oben
Orange (falls vorhanden)	in der Mitte
Grün	rechts oder unten.

c) Der Linsendurchmesser von Verkehrssignalen an Kreuzungen soll mindestens 20 cm und die Leistungsaufnahme der Glühlampe soll mindestens 60 W betragen.

d) Es sollen Erfahrungen gesammelt werden über das Verhalten verschiedener optischer Systeme zur Erzielung verschiedener Streuwinkel der Lichtbündel.

e) Die zuständigen Komiteen sollen die Frage der Farbe und der Durchlässigkeitskurven von Signalgläsern und -linsen studieren.

f) Es soll ein Vokabular der Strassenverkehrssignale geschaffen werden.

8. Lichtzerstreuende Materialien.

Den Sekretariatsbericht legte das deutsche Nationalkomitee vor.

Das Ziel dieses Studienkomitees ist die Schaffung einer einheitlichen Methode zur praktisch brauchbaren Beurteilung von Beleuchtungsgläsern. Wenn auch die Sitzungen von Cambridge vorläufig dieses Ziel nicht erreichen liessen, so wurden doch zwei brauchbare Methoden angegeben, und zwar in folgenden drei dem Kongress vorgelegten Berichten:

Ryde and Cooper, The theory of the diffusion of light by opal glasses,

Ryde and Cooper, Practical applications of the theory of opal glasses,

Schönborn, Die Kennzeichnung und Einteilung von Beleuchtungsgläsern.

a) Ryde und Cooper stellten auf mathematischem Wege eine Theorie der Zerstreuung von Licht durch eine Schicht Opalglas auf, die mit Versuchsergebnissen übereinstimmt. Opalglas besteht aus einer grossen Zahl in einem Medium verteilter kugelförmiger durchsichtiger Partikelchen, deren Brechungsindex relativ zu Glas etwa 1,1 beträgt und deren

Durchmesser etwa zwischen $0,25 \cdot 10^{-4}$ und $1,0 \cdot 10^{-4}$ cm liegt. Auf die Wirkung dieser Partikelchen ist die Diffusionswirkung von Opalglas zurückzuführen.

Es zeigt sich, dass die Kenntnis von drei Konstanten genügt, um ein Beleuchtungsglas beurteilen zu können, nämlich:

q = totaler Diffusionskoeffizient,
 μ = Absorptionskoeffizient der Kombination Partikelchen-Medium,

NB = das Produkt aus der Zahl Partikelchen pro Volumeneinheit (N) und einem Diffusionskoeffizienten (B).

Diese drei Konstanten sind genau definiert und relativ einfach einzeln messbar.

Die Frage der Beurteilung von Beleuchtungsglas ist sehr schwierig. Eine Kugel aus gutem Opalglas mit grosser Wandstärke mag die eingeschlossene Lichtquelle unsichtbar machen; ihr Zweck ist also erfüllt. Aber ihre Durchlässigkeit ist unnötig klein. Eine Kugel mit dünner Wandung hat eine grosse Durchlässigkeit, also einen guten Wirkungsgrad, aber sie erfüllt vielleicht nicht die Forderung der Unsichtbarkeit der Lichtquelle. Macht man den Durchmesser bei dünner Wandung so gross, dass die Lichtquelle nicht mehr sichtbar ist, so ist sie den mechanischen Beanspruchungen nicht mehr gewachsen. Dasselbe gilt für eine Kugel aus sehr dichtem Material mit dünner Wandung. Die Frage wird noch durch Ungleichmässigkeiten in der Wanddicke und durch die Verwendung verschiedener Lichtquellen kompliziert. Ryde und Cooper formulieren die Güte einer vollständig geschlossenen Armatur wie folgt: 1. Die Durchlässigkeit muss so gross als möglich sein, vorausgesetzt, dass 2. die Lichtquelle vollständig unsichtbar ist und 3. die Wandstärke mindestens einen Minimalwert X_0 aufweist, der die nötige Festigkeit gewährleistet. Diese drei hauptsächlichsten Kriterien können mittels der am Glasmuster messbaren Koeffizienten q , μ und NB geprüft werden. Auf gleicher Grundlage können Gläser beurteilt werden, die in Form von flachen Schalen oder ebenen Flächen zur Verwendung kommen.

b) Schönborn definiert nach der deutschen Kommission für Beleuchtungsglas das Streuvermögen wie folgt: «Unter dem Streuvermögen von Matt- und Trübgläsern wird das Verhältnis des Mittelwertes der Leuchtdichten unter 20° und 70° zur Leuchtdichte unter 0° verstanden. Bei Trübgläsern mit gerichteter Durchlässigkeit tritt anstelle der Leuchtdichte unter 0° die unter 5° . Hierbei ist senkrechter Lichteinfall vorausgesetzt.»

c) Es wurden folgende Empfehlungen angenommen: Die Nationalkomitee sollen die Anwendbarkeit der Beurteilungsgrundlagen, die auf den Konstanten q , μ und NB beruhen, und die Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens zur Bestimmung des Streuvermögens nach Schönborn prüfen. Es wird ferner auf die Schlussfolgerungen von Ryde und Cooper aufmerksam gemacht, wonach die optischen Eigenschaften des Glases, das für vollständig geschlossene durchlässige Armaturen verwendet wird, dargestellt werden können durch die Gesamtdurchlässigkeit einer Kugel, deren Wandstärke einen bestimmten Grad der Sichtbarkeit der Lichtquelle ergibt, wobei angenommen wird, dass diese Wandstärke für die nötige mechanische Festigkeit genügt.

9. Photometrische Prüfflächen.

Den Sekretariatsbericht legte das österreichische Nationalkomitee vor.

a) Dieser sehr vollständige Sekretariatsbericht enthält bereits einen konkreten Entwurf von Vorschriften für photometrische Prüfflächen. Die CIE nahm diesen Vorschlag mit folgendem Beschluss entgegen: Die CIE empfiehlt, bei der Wahl und beim Gebrauch von photometrischen Prüfflächen die im Sekretariatsbericht enthaltenen Angaben zu berücksichtigen.

Danach wurde der Beschluss von Saranac Inn bestätigt, wonach bei Messung von Beleuchtungsstärken die Prüffläche der Photometer sich auf 85 cm Höhe vom Boden befinden soll. Sollte die Einhaltung dieser Regel aus besonderen Gründen nicht möglich sein, so muss die Messhöhe stets besonders angegeben werden.

Ferner wurde der Wunsch ausgesprochen, es möchten die Untersuchungen, die S. Seki an den Prüfflächen des Beleuchtungsmessers von Macbeth machte (siehe Kongressbericht Nr. 17), an andern Flächentypen durchgeführt werden, besonders im Hinblick auf Reflexion und selektive Eigenarten, um diejenige Prüffläche ausfindig zu machen, welche die Bedingungen für internationale Vergleichsmessungen am besten erfüllt.

10. Photometrische Genauigkeit.

Den Sekretariatsbericht legte das holländische Nationalkomitee vor.

Aus der Diskussion gingen folgende Schlussfolgerungen hervor:

a) Bei subjektiven Messungen erreicht man die grösste Genauigkeit, wenn die Beleuchtungsstärke auf dem Photometerschirm 5 bis 20 Lux beträgt. In diesem Fall und wenn keine Farbunterschiede vorliegen, beträgt der mittlere Fehler (= mittlere Abweichung vom arithmetischen Mittelwert) einer Serie von mindestens 10 Messungen 0,25 %.

b) Bei subjektiven Messungen mittels der Methode des direkten Vergleichs beträgt der mittlere Fehler der Messungen von 3 Beobachtern, von denen jeder 10 Messungen ausführt, $\frac{1}{2}\%$, falls die Beleuchtungsstärke des Photometerschirms zwischen 20 und 100 Lux liegt und die Farbunterschiede kleiner sind als der Farbunterschied zweier Wolframglühlampen, deren spezifischer Verbrauch (Watt pro Kerzenstärke) um 25 % verschieden ist.

c) Bei subjektiven betriebsmässigen Messungen beträgt der mittlere Fehler der Messungen 3 %, wenn zwei Beobachter je 6 Messungen ausführen.

Das Sekretariatskomitee weist darauf hin, dass die grösste Unsicherheit der photometrischen Messungen in der Tatsache liegt, dass es heute zwei Lichtstärkeeinheiten gibt, die internationale Kerze und die Hefnerkerze, deren Vergleichsfaktor keine feste Grösse ist und auch von der Lichtfarbe abhängt, und dass die internationale Einigung auf eine einzige Einheit dringend erwünscht ist, wobei auch die Einigung auf eine dritte, neu festzusetzende zweckmässige Einheit in Frage käme.

11. Lichtstromverteilung.

Den Sekretariatsbericht legte das belgische Nationalkomitee vor.

Ziel dieser Arbeiten ist die einheitliche Klassifizierung von Beleuchtungskörpern auf Grund ihrer Lichtstromverteilungscharakteristika. Da sich in den verschiedenen Ländern seit Jahren bestimmte handelsübliche Bezeichnungen eingeführt haben, begegnen die Versuche für eine nachträgliche internationale Einigung Schwierigkeiten. In Cambridge konnte lediglich einer Empfehlung zugestimmt werden, wonach die Begriffe indirekt, halbindirekt, allgemein oder gemischt, halb direkt und direkt zu einer ersten Kennzeichnung von Beleuchtungskörpern verwendet werden sollen. Ueber die Bedeutung dieser Begriffe wurde noch nichts verarbeitet; im Sekretariatsbericht sind folgende Definitionen vorgeschlagen:

Beleuchtungskörper-Bezeichnung	Teil des Lichtstromes der nach unten gestrahlt wird
Direkt	90 % und mehr
Halbdirekt	zwischen 90 % und 60 %
Gemischt	zwischen 60 % und 40 %
Halbindirekt	zwischen 40 % und 10 %
Indirekt	weniger als 10 %

Diese und andere in Cambridge diskutierte Vorschläge für genauere Kennzeichnung der Beleuchtungskörper (Form des erzeugten Lichtkegels, Unsymmetrien der Lichtstromverteilung usw.) wurden zu weiterem Studium an die Nationalkomiteen zurückgewiesen. Ferner soll eine praktisch brauchbare Definition der Streuung von Flutlichtscheinwerfern gesucht werden.

12. Tageslichtbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das japanische Nationalkomitee vor.

Es wurden folgende Empfehlungen angenommen:

a) Im allgemeinen sollen als praktische Mittel zur Beurteilung der Tageslichtbeleuchtung in allen Untersuchungen, welche Art, Beleuchtungsstärke und Ausbeute der Beleuchtung von Innenräumen durch Tageslicht betreffen, Kurven gleicher Tageslichtfaktoren³⁾ verwendet werden.

b) In allen Teilen eines Innenraumes, wo der Tageslichtfaktor, gemessen in Tischhöhe (85 cm), kleiner ist als 0,2 %, soll die Tageslichtbeleuchtung für alle Arbeiten, welche während einiger Zeit Unterscheidungsmöglichkeit verlangen (wie z. B. das Schreiben), als unbedingt ungenügend betrachtet werden. Diese Grenze soll nicht als Maßstab für die Beleuchtungsstärke betrachtet werden.

c) Die Nationalkomiteen werden eingeladen, diese beiden Empfehlungen den Vereinigungen von Architekten und Hygienikern und den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

d) Es soll ein Komitee gebildet werden zum Studium der künstlichen «Tageslichtbeleuchtung» und, wenn möglich, zur Vorbereitung von international anerkannten Regeln, so weit solche nützlich scheinen, für Lichtquellen, welche innerhalb des sichtbaren Spektrums das natürliche Tageslicht nachahmen.

13. Kinematographenbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das japanische Nationalkomitee vor. Er enthält die Resultate einer grossen Zahl von eingehenden Messungen in japanischen und deutschen Kinotheatern. Aus den Resultaten leitet das japanische Komitee folgende Vorschläge ab: Die Horizontalbeleuchtungsstärke im Zuschauerraum soll während der Vorführung mindestens 1,5 Lux betragen (empfehlenswert sind 2 Lux). Die nötige Beleuchtungsstärke der Projektionsfläche hängt von der Beleuchtungsstärke im Zuschauerraum ab. Beträgt letztere etwa 2 Lux, so soll die Projektionsfläche bei offener Blende des Vorführungsapparates und herausgenommenem Film mit mindestens 100 Lux beleuchtet sein. Die Diskussion dieser Vorschläge führte zu keiner Einigung.

14. Blendung.

Den Sekretariatsbericht legte das französische Nationalkomitee vor.

Das Problem der Blendung ist nicht nur eines der wichtigsten der Beleuchtungstechnik, es ist auch eines der schwierigsten, weil die physiologischen Bedingungen kaum mathematisch und nur schwer experimentell erfasst werden können. Der Sekretariatsbericht erläutert die Blendungsfrage in klarer Weise; in Cambridge wurde empfohlen, die darin gegebenen grundlegenden Definitionen der nächsten Plenarversammlung der CIE zur Annahme zu unterbreiten. Es wird auch ein Weg zu exakten experimentellen Untersuchungen beschrieben und dessen Anwendung empfohlen. Weitere Untersuchungen sollen das Gefühl des Unbehagens präzisieren, das helle Lichtquellen im Gesichtsfeld hervorrufen, ferner sollen die Zusammenhänge zwischen Zeit und Blendung (Empfindungszeit, Zeit der Nachbilder usw.) untersucht werden.

15. Colorimetrie.

Den Sekretariatsbericht legte das britische Nationalkomitee vor.

Dieses Studienkomitee hat die für Industrie und Handel wichtige Aufgabe, eine Methode ausfindig zu machen, welche einheitlich zur Beurteilung der Farbeigenschaften von Stoffen dienen kann. In Cambridge konnte eine Reihe von grundlegenden Definitionen und Empfehlungen angenommen werden. Zunächst wurde ein hypothetischer Beobachter, der eine Reihe genau umschriebener und zahlenmäßig festgelegter physikalischer Eigenschaften hat, definiert. Ferner wurden drei Lichtnormale definiert, welche je nach Ermessen des Colorimetristen zur Beleuchtung (unter 45°) der zu messenden Farben benutzt werden können.

³⁾ Tageslichtfaktor in einem Punkt eines Innenraumes = Verhältnis zwischen der Horizontal-Beleuchtungsstärke in diesem Punkt zur gleichzeitigen Außenbeleuchtung, gemessen auf dem Dach. Eine andere Art zur Beurteilung der Tageslichtbeleuchtung in einem Punkt eines Innenraumes besteht in der Angabe der Beleuchtungsstärke in diesem Punkt, die auftreten würde, wenn die Beleuchtungsstärke auf dem Dach 5000 Lux beträgt.

16. Beleuchtungsanwendungen.

Den Sekretariatsbericht legte das amerikanische Nationalkomitee vor.

Er enthält wertvolles Material über die Praxis der verschiedenen Länder in Reklamebeleuchtung, Verkaufsladenbeleuchtung, Flutlichtbeleuchtung, Bureaux und Zeichnungssaalbeleuchtung. Für jeden der vier Teile wurde von den Nationalkomiteen die Beantwortung eines umfangreichen Fragebogens verlangt. Das CSE liess durch Herrn Direktor Trüb die 72 Fragen über Reklamebeleuchtung, 37 Fragen über Ladenbeleuchtung und 35 Fragen über Bureaux- und Zeichnungssaalbeleuchtung beantworten. Die vom Sekretariatskomitee besorgte Zusammenstellung der nationalen Antworten gibt einen guten Überblick über die Praxis in den verschiedenen Ländern auf den erwähnten Gebieten.

In Cambridge wurde empfohlen, dass mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung der künstlichen Beleuchtung von Gebäuden und im Hinblick auf die Notwendigkeit der engen Zusammenarbeit zwischen Architekten und Beleuchtungsingenieuren, die CIE die praktischen Beleuchtungsfragen im Zusammenhang mit der Architektur studiere und dass die Nationalkomitee in jedem Land ein Komitee von Architekten und Beleuchtungsingenieuren gründen zwecks Studium dieser Frage in allen Richtungen.

Ferner soll die CIE ein Studienkomitee einsetzen zur Normalisierung der Dimensionen der lichten Halsdurchmesser und der Griffabstände von Beleuchtungsgläsern und ihren Zubehörten.

17. Flugverkehrsbeleuchtung.

Den Sekretariatsbericht legte das amerikanische Nationalkomitee vor.

Aufgabe dieses Studienkomitees ist die einheitliche Markierung von Nachtverkehrslinien, Hindernissen, Landungsplätzen, die einheitliche Beleuchtung der Flugzeuge, allgemein die Vereinheitlichung aller Beleuchtungsanlagen, welche mit dem nächtlichen Flugverkehr im Zusammenhang stehen. Eine Einigung über diese Fragen dürfte insofern nicht allzu schwierig sein, als heute noch verhältnismässig wenig Nachtflugbeleuchtungseinrichtungen vorhanden sind; sie ist von grösster Wichtigkeit, weil, besonders in Europa, viele Fluglinien über Landesgrenzen gehen. Das Eidgenössische Luftamt nimmt an der Behandlung dieser Fragen aktiven Anteil, in der Erkenntnis der Bedeutung des schweizerischen Flugverkehrs im internationalen Flugverkehr.

Bereits im Jahre 1930 fand in Berlin eine Sitzung dieser Studienkomitee statt, die eine Reihe von Empfehlungen zeigte (siehe Bulletin SEV 1930, Nr. 16, S. 559). In Cambridge wurden die Arbeiten von Berlin fortgeführt; es konnten folgende Empfehlungen angenommen werden:

a) Ueber 30 Fachausrücke in deutscher, englischer und französischer Sprache, je mit einer Definition versehen.

b) Umrandungsfeuer und Hindernisfeuer sollen von einander unterschieden werden können.

c) Hindernisfeuer sollen rot und nach Möglichkeit fest sein. Sie sollen die Ausdehnung des Hindernisses erkennen lassen.

d₁) Umrandungsfeuer sollen entweder orange oder weiss oder rot und weiss oder rot sein. Jedoch soll in Zukunft rot ausschliesslich für Hindernisfeuer benutzt und eine besondere Farbe, die von rot leicht unterschieden werden kann, für die Umrandungsfeuer entwickelt werden.

d₂) Umrandungsfeuer sollen so angeordnet werden, dass sie die genaue Form des Rollfeldes aus der Luft erkennen lassen. In gewissen Fällen ist es gestattet, einzelne der Umrandungsfeuer durch Einschwebefeuers zu ersetzen.

e) Beide Arten von Kennzeichnungsmitteln, Landebahn-scheinwerfer und Landebahnfeuer, können verwendet werden. Sie können entweder allein oder gleichzeitig benutzt werden. Die Landebahn-scheinwerfer müssen so aufgestellt werden, dass die Blendung des Flugzeugführers vermieden wird. Die vertikale Beleuchtungsstärke auf der Landebahn soll so gleichmässig wie möglich sein.

f) Ein Ansteuerungsfeuer dient zur Angabe der Lage des Flughafens. Es soll auf diesem oder in seiner unmittelbaren Nähe aufgestellt sein. Das Ansteuerungsfeuer darf den Flugzeugführer nicht blenden und soll unter mittleren Sicht-

bedingungen (20 % Absorption pro km) vom letzten (Haupt-) Flugstreckenfeuer aus sichtbar sein. Es ist wünschenswert, jedem Ansteuerungsfeuer eine besondere Kennzeichnung zu geben.

g) Die (Haupt-) Flugstreckenfeuer längs einer bestimmten Flugstrecke oder einem Flugstreckenabschnitt sollen gleichartig sein. Sie sollen so eng wie möglich längs der genauen Fluglinie aufgestellt werden. Dort, wo sich ein Hilfslandeplatz befindet, kann das zugehörige Flugstreckenfeuer durch eine besondere Kennzeichnung das Vorhandensein des Hilfslandeplatzes anzeigen. Falls notwendig, kann das Flugstreckenfeuer selbst oder ein oder mehrere Zusatzeuer die Bezeichnung des Hilfslandeplatzes angeben.

h) Es wird empfohlen, die Zahl 0,2 Kerzen auf 1 km Entfernung als Schwellenwert der Augenempfindlichkeit unter Laboratoriumsbedingungen anzunehmen. Es wird ferner empfohlen, dass Versuche ausgeführt werden, um den entsprechenden Wert unter Flugbedingungen festzustellen.

i) Es wird empfohlen:

1. dass die CIE die Commission Internationale de la Navigation Aérienne ersucht, die Möglichkeit der Änderung der Vorschriften über die Flugzeugstellungslichter zu prüfen, gemäß dem Prinzip, dass die Lichtstärke eines Stellungslichtes in einer gegebenen Richtung proportional der Kollisionsgefahr in dieser Richtung ist;
2. dass zur Vermeidung von Missverständnissen in der Auslegung der Empfehlungen die Charakteristik der Feuer in Lichtstärken anstatt in Reichweiten vorgeschrieben werden sollte;
3. dass der Gebrauch eines Blinklichtes auf Flugzeugen, das die Auffälligkeit erhöht, studiert werden soll;
4. dass eine Lichtverteilung für Stellungslichter zulässig sein soll, in der die Lichtstärke innerhalb eines Kegels mit dem halben Öffnungswinkel 45° und mit einer abwärts vertikalen Achse gleich Null ist.

k) Für Lichtanlagen in Flugzeugen werden die Spannungen 6, 12 und 24 Volt als Norm vorgeschlagen.

l) Es wird empfohlen, dass die Nationalkomiteen sich mit dem Studium folgender Vorschläge befassen:

Benutzung einer einzigen Fassungs- und Sockelart für alle Lampen bis zu einer Leistungsaufnahme von 60 W, die in Flugzeugen verwendet werden. Für besondere Zwecke, wie Bordinstrumentenbeleuchtung, Kompassbeleuchtung usw. könnte man Lampen mit wesentlich kleinerem Sockel mit Bajonettfassung oder normale Telephonlampen verwenden.

Die Nationalkomiteen sollen Versuche mit Fassungen und Sockeln für Lampen mit grösserer Wattaufnahme anstellen.

m) Die Mehrzahl der Nationalkomiteen hat die Frage der Flugzeuglandescheinwerfer noch nicht studiert. Es ist erwünscht, dass die Nationalkomiteen sich mit dieser Angelegenheit befassen, und zwar nach folgendem Programm:

1. Lichtverteilung im Strahlenkegel des Scheinwerfers.
2. Notwendiger Gesamtlichtstrom.
3. Grösste Abmessungen.
4. Normalisierung der Befestigung und der gewählten Hauptabmessungen.

n) Die Nationalkomiteen werden ersucht, dem Zentralbureau der CIE einen Bericht über das ihnen zugängliche Material, ferner Vorschläge über in Aussicht zu nehmende Untersuchungen und Angaben über die ihnen in ihrem Land dafür zur Verfügung stehenden Forschungsmöglichkeiten einzureichen, alles in bezug auf folgende Probleme:

1. Bestimmung des Schwellenwertes der Augenempfindlichkeit unter besonderer Berücksichtigung der bei der Luftfahrt vorliegenden Bedingungen.
2. Bestimmung der Wirkung des Nebels auf die Sichtbarkeit farbigen Lichtes.

o) Es wird empfohlen, dass die Wellenlängengrenzen der im Flugbetrieb benutzten verschiedenen gefärbten Lichter vom zuständigen Studienkomitee der CIE bearbeitet werden sollen.

18. Lehrwesen in der Beleuchtungstechnik.

Den Sekretariatsbericht legte das britische Nationalkomitee vor.

Er enthält die von den verschiedenen Nationalkomiteen eingegangenen Antworten auf einen Fragebogen über die bestehenden Möglichkeiten zur Erlernung der Beleuchtungskunst in Schulen, und gibt damit einen guten Überblick über den Stand der Frage in etwa 12 der wichtigsten Länder. Ferner enthält er Literaturangaben über Handbücher verschiedener Sprachen, eine Wegleitung für die Redaktion eines Lehrbuches für Mittelschulen und Entwürfe für Lehrpläne verschiedener Schulstufen.

Auf Grund der Diskussion in Cambridge empfiehlt die CIE, dass der Lichttechnik als Lehrgegenstand in Mittelschulen der einzelnen Länder jede mögliche Rücksicht zuteil werde, dass der lichttechnische Unterricht an technischen Mittel- und Hochschulen erweitert und durch die nötigen Laboratorien ergänzt werde, dass der Unterricht in Architektur an technischen Hochschulen Kurse in Beleuchtungstechnik umfasse, dass zur Ausbildung vollwertiger Lichtingenieure in jedem Land mindestens ein vollständiger Lehrgang (wie er z. B. an der Technischen Hochschule Karlsruhe unter Leitung von Prof. Teichmüller geboten wird) eingerichtet oder die Unterstützung eines entsprechenden Institutes in einem benachbarten Land in Betracht gezogen wird und dass jedes grössere Elektrizitätswerk zur Behandlung technischer Fragen einen Lichtingenieur anstelle. Ferner wird empfohlen, Museen und Ausstellungen gut zu beleuchten und zweckmässige Demonstrationsanlagen für gute und schlechte Beleuchtung zu schaffen.

19. Photometrische Grundnormale.

a) Grundnormal für weisses Licht.

Die bereits in früheren Sessionen (Genf, Bellagio, Saranac Inn) behandelte Frage der Eigenschaften des «Schwarzen Körpers» wurde in Cambridge durch den Bericht von H. Abraham (Frankreich), «Etolon de lumière blanche basé sur les propriétés du corps noir», Gegenstand einer lebhaften Diskussion, die viele Sitzungen beanspruchte (siehe auch unter 5).

Bis heute ist es noch nicht gelungen, ein einwandfreies und international anerkanntes Grundnormal zu realisieren, das als Vergleichslichtquelle zur Eichung der Primärnormale (z. Zt. Kohlenfadenlampen von 4 Watt pro Kerze) dienen könnte. In der Session von Genf 1924 empfahl die CIE auf Grund eines Berichtes von P. Fleury (Frankreich) die internationale Annahme der Leuchtdichte eines «Schwarzen Körpers», der sich in einem genau definierten physikalischen Zustand befindet, als Grundnormal.

Der Apparat, den P. Fleury vorschlug, besteht etwa aus einer Kohlenstoffröhre, welche mittels Joulscher Wärme geheizt wird und durch welche langsam Stickstoff getrieben wird, damit der Kohlenstoff nicht verbrennt. Die Temperatur muss bei etwa 2000° K auf mindestens 1° genau konstant gehalten werden, was durch feines Regulieren der Stromstärke geschieht. In der Achse dieser Heizröhre ist ein zweites Kohlenstoffrohr isoliert angebracht; dasselbe wird durch Strahlung des äusseren Rohres geheizt. In der Mitte dieses zweiten Rohres ist durch zwei Scheiben, von denen die eine im Zentrum eine feine Öffnung aufweist, ein kleiner Raum abgetrennt, der die Lichtquelle bildet, die «Schwarzer Körper» genannt wird. Das ganze ist durch eine Quarzplatte verschlossen. Hinter der Quarzplatte befindet sich eine achromatische Linse, welche ein reelles Bild der feinen Öffnung erzeugt. Die Leuchtdichte dieses Bildes ist gleich derjenigen der Lichtquelle minus die Absorption der Linse und der Quarzplatte.

Die Strahlung des Schwarzen Körpers hat die wesentliche Eigenschaft, dass sie einzig und allein von der Temperatur abhängt; sie ist also unabhängig vom Material, das sie erzeugt. Auf dieser Eigenschaft beruht die Eignung des Schwarzen Körpers als Grundnormal. Man vergleicht die zu eichende Lichtquelle (Primärnormal) mit einem Teil des Bildes vom Schwarzen Körper.

Um die Temperatur des Schwarzen Körpers zu eichen, vergleicht man mittels Spektrophotometer die zwischen zwei benachbarten und genau bestimmten Wellenlängen ausgesandte Strahlung mit der Strahlung eines andern schwarzen Körpers gleicher Dimension im selben Spektralbereich bei bekannter Temperatur, dem Schmelzpunkt von Palladium.

Man will also ein Grundnormal der Lichtstärke realisieren, das auf der Leuchtdichte eines Schwarzen Körpers bei der Temperatur T beruht. Die Temperatur T wird nach folgender Bedingung bestimmt: Zwischen zwei Wellenlängen λ_1 und λ_2 ist die Strahlung des Schwarzen Körpers bei T^o_n mal grösser als die Strahlung des Schwarzen Körpers bei der Schmelztemperatur von Palladium. Ein solches Grundnormal könnte nicht nur zur Eichung von Kohlenfadenlampen-Primärnormalen, sondern auch von Metalldraht- und gasgefüllten Metalldrahtlampenormalen dienen.

Diesem französischen Vorschlag stand ein amerikanischer gegenüber der an Stelle von Palladium Platin vorsah. Ein weiterer, grundsätzlich verschiedener, holländischer Vorschlag definierte ein Grundnormal durch ein Energiespektrum mittels der Sichtbarkeitskurve.

Die Diskussion von Cambridge führte zu keinem Beschluss. Die Frage wird von den interessierten Laboratorien weiter studiert.

b) Zusammenarbeit zwischen der CIE und dem Comité International des Poids et Mesures.

Das Comité International des Poids et Mesures (CIPM), dessen Beschlüsse, genehmigt von der Generalkonferenz für Mass und Gewicht, für die der Meterkonvention beigetretenen Regierungen verbindlich sind, erstreckte im Jahre 1927 seine Kompetenz auf photometrische Normale und nahm in Aussicht, zur Behandlung der photometrischen Fragen Sachverständige zuzuziehen. Die CIE beschloss in Cambridge auf Antrag des französischen Komitees die Zusammenarbeit mit dem CIPM auf photometrischem Gebiet in die Wege zu leiten und zu diesem Zweck eine aus 8 Mitgliedern bestehende Spezialkommission für Primärnormale zu bilden. Die ersten sechs Mitglieder können von den Nationalkomiteen folgender Länder vorgeschlagen werden: Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Holland, Japan und Vereinigte Staaten. Das Sekretariat dieser Kommission führt bis auf weiteres das Zentralbureau der CIE. Mit dem CIPM sollen Verhandlungen über die beabsichtigte Zusammenarbeit geführt werden.

C. Der Internationale Beleuchtungskongress in Grossbritannien.

Der Plenarversammlung von Cambridge ging, vom 1. bis 12. September, ein Internationaler Beleuchtungskongress voraus, an welchem über 500 Personen aus 15 Ländern teilnahmen. Er wurde, wie bereits erwähnt, in London, Glasgow, Edinburg, Sheffield (Buxton) und Birmingham abgehalten. Die Reise von Kongressort zu Kongressort erfolgte mit einem vom Organisationskomitee gratis zur Verfügung gestellten Spezialzug.

In jeder Stadt, mit Ausnahme von London, wurden Kongressberichte vorgelegt und diskutiert, wodurch die Arbeit der Studienkomiteen der CIE in Cambridge (siehe unter B) in technischer Richtung vorbereitet wurde. Die Zahl der diskutierten Berichte betrug 106; sie verteilen sich auf die verschiedenen Gegenstände wie folgt: Beleuchtungspropaganda und deren Erfolge 4, Photometrische Genauigkeit 9, Tageslichtbeleuchtung 10, Heimbeleuchtung und Lichtverteilungsprobleme 4, Strassenbeleuchtung 11, Lichtzerstreuendes Material 10, Flugverkehrsbeleuchtung 7, Physiologische Probleme 6, Industriebeleuchtung 4, Architektonische Beleuchtung 7, Eisenbahn-, Gruben- und Kinoatelierbeleuchtung 5, Lichtquellen 4, Beleuchtung in Landwirtschaft und Gartenbau 3, Farbige Signalgläser 4, Lichtverteilung 4, Automobilscheinwerfer 5, Lichtsignale für Verkehr und Leuchttürme 4 und Heterochrome Photometrie 3. Raummangel und die Fülle des Stoffes verbieten, im einzelnen auf den Inhalt dieser Berichte einzugehen; das Sekretariat des CSE ist gerne bereit, dieselben Interessenten zur Verfügung zu stellen.

An allen vom Kongress berührten Orten wurde den Teilnehmern reiche Gelegenheit geboten, einen Einblick in den Stand der englischen Beleuchtungstechnik zu gewinnen. Eine

große Zahl glänzender und instruktiver Beleuchtungsanlagen wurde speziell auf diesem Kongress hin ausgeführt. Zum ersten Mal fand in Grossbritannien anlässlich des Kongresses die Flutlichtanstrahlung von Gebäuden und Denkmälern in grossem Maßstab Anwendung⁴⁾, und dies mit solchem Erfolg, dass z. B. die Londoner Zeitungen berichten konnten, seit dem Waffenstillstand habe man nie mehr soviel Volk auf den Hauptstrassen Londons gesehen, wie an den Abenden, an denen die Scheinwerfer die prächtigen historischen Bauwerke Londons mit einer Lichtflut anstrahlten und die Londoner Bevölkerung ihre ehrwürdige Stadt im Flutlicht bewunderte. In besonders gelungener Weise waren beleuchtet der Big Ben (der grosse Turm der Parliament Houses), Westminster Abbey, Sommerset House, County Hall, Buckingham Palace (Königsschloss), Gartenanlagen und See im St. Jame's Park, die National Gallery und die Tower Bridge. Einen unvergesslichen Eindruck hinterliess die Flutlichtbeleuchtung der grandiosen Burg von Edinburgh.

Auch die Strassenbeleuchtungsanlagen begegneten in ihren vielfachen Ausführungsarten hohem Interesse. Eine Anzahl von Strassenbeleuchtungen wurden auf den Kongress hin neu angelegt oder wesentlich verstärkt. Eine der glänzendsten war wohl die Beleuchtung der White Hall (Strasse, an der die Regierungsgebäude stehen), in welcher eine mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von 63 Lux gemessen wurde. Eine besonders interessante Demonstration auf dem Gebiete der Strassenbeleuchtung war die Versuchsbeleuchtung einer 3½ km langen Strasse in Birmingham, an welcher der Effekt von sechs verschiedenen Beleuchtungssystemen studiert werden konnte.

Für uns Schweizer bot die in England noch weitgehend verwendete und hochentwickelte Gasbeleuchtung grosses Interesse. Beispielsweise war die erwähnte White Hall mit Druckgasleuchtern ausgerüstet. Wir sahen sogar Flutlichtbeleuchtungen mit Druckgasscheinwerfern.

Von den vielseitigen Veranstaltungen und Besichtigungen seien weiter erwähnt die Vorführung der Befeuerungs- und Beleuchtungsanlagen auf dem Flugplatz Croydon, die Veranstaltung einer Demonstration von 85 verschiedenen Automobilbeleuchtungen aus allen Ländern (worunter auch zwei schweizerischer, der Scintilla A.G. und der Freilicht A.G.) in Cambridge, Besichtigung von zahlreichen Innenbeleuchtungen (z. B. von Londoner Hotels, Warenhäusern, Untergrundbahnhöfen, des Imperial Chemical House und der grossartigen Kirche von Peterborough), die zahlreichen Besichtigungen in den verschiedenen Städten, z. B. des Hafens von London, der Deptford Electric Power Station, des Greenwich Observatory, der Research Laboratories of the General Electric Co. in Wembley, des National Physical Laboratory in Teddington, der Stahlwerke Vickers und der Besteckfabrik Mappin und Webb in Sheffield, der Automobilzubehörfabrik Lucas und der Glas- und optischen Werke Chance Brothers in Birmingham und der Cambridge Instrument Co.; es seien auch die Ausflüge in prächtige Landschaften erwähnt, besonders die Dampferfahrt auf dem Firth of Clyde bis Glasgow, der Ausflug ins schottische Hochland, nach Gleneagles, und derjenige ins Shakespeare Country.

Wir möchten noch berichten, wie sehr es sich die Gastgeber angelegen sein liessen, ihren Gästen den Aufenthalt in Grossbritannien auch im allgemeinen angenehm zu gestalten, indem sie im Grossen wie im Kleinen und Kleinsten alles zur Verfügung stellten, was jeder Einzelne hätte wünschen können. Die Kongressteilnehmer konnten eine Fülle von Nütlichem und Schönen in sich aufnehmen. Sie erhielten nicht nur einen Begriff von englischer Industrie, sondern auch von der grossen Schönheit englischer und schottischer Landschaft und der britischen Städte und der grosszügigen, uneingeschränkten Gastfreundschaft ihrer Bewohner.

Wir benützen auch diese Gelegenheit, den Gastgebern den herzlichen Dank der schweizerischen Delegation auszusprechen.

⁴⁾ Ein Teil dieser Installationen wurde nach dem Kongress entfernt.