

# Elektromagnetischer Energiefluss in Transformatoren

Autor(en): **Palit, B. B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **68 (1977)**

Heft 14

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915055>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Elektromagnetischer Energiefluss in Transformatoren

Von B. B. Palit

62T.314.21 : 537.8

Der elektromagnetische Energiefluss im Luftspaltraum zwischen der Primär- und der Sekundärwicklung eines einphasigen Transformators im stationären Betrieb wird untersucht. Mit der magnetischen und der elektrischen Feldstärke wird der Poynting-Vektor an beliebiger Stelle im Streuflusskanal ermittelt. Durch dessen Integration auf der Oberfläche der Primärwicklung lässt sich der elektromagnetische Energiefluss berechnen.

Le flux de l'énergie électromagnétique dans l'espace entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire d'un transformateur monophasé en service stationnaire est examiné. Le vecteur de Poynting, à un endroit quelconque du canal du flux de dispersion, est déterminé par les intensités des champs magnétiques et électriques. Par son intégration à la surface de l'enroulement primaire, on peut calculer le flux d'énergie électromagnétique.

## 1. Untersuchungsgegenstand

Rotierende elektrische Maschinen können mit dem Poynting'schen Energiefluss analysiert werden [1]<sup>1)</sup>. Mit der gleichen Methode wird in diesem Aufsatz der elektromagnetische Energiefluss im Luftspaltraum eines einphasigen Transformators untersucht. Die auf dem Poynting-Vektor aufbauende Methode ergibt ein anschauliches, auf der Feldtheorie beruhendes Bild des Energieflusses.

Der Einfachheit halber wird der zu untersuchende Transformator verlustlos angenommen. Die vom einphasigen Netz gespeiste Primärwicklung (Fig. 1), die räumlich die innere Wicklung darstellt (Fig. 2), wird mit 1 bezeichnet, die Sekundärwicklung mit 2. Aus Symmetriegründen wird die Bauart des Transformators gemäss Fig. 2 gewählt.

Die Länge der Streuflusslinie für die beiden Wicklungen ist nach W. Rogowski durch die folgende Näherungsgleichung gegeben [2]:

$$l_{\sigma} = \frac{b}{1 - \frac{a_1 + a_2 + \delta}{\pi b}} \quad (1)$$

Im zu untersuchenden Transformator wird vorausgesetzt, dass  $a_1 \rightarrow 0$ ;  $a_2 \rightarrow 0$  sowie  $\delta \ll b$ . Berücksichtigt man dies in Gl. (1), so gilt  $l_{\sigma} \approx b$ . Die Länge der Streuflusslinie  $l_{\sigma}$  ist also etwa gleich der Höhe  $b$  der Wicklung. In Wirklichkeit ist die Mindeststreuflusslinie gleich der Fensterhöhe. Die Wicklungslänge kann deshalb der Fensterhöhe gleichgesetzt werden (Fig. 3).

Weiter wird angenommen, dass Eisenkern, Primär- und Sekundärwicklung zylindrisch angeordnet sind. Der Luftspalt  $\delta$  zwischen den beiden fadendünnen Wicklungen stellt die Breite des Streuflusskanals dar. Der elektromagnetische Energiefluss soll nur in diesem zylindrischen Luftspaltraum untersucht werden und zwar bei stationärem Betrieb des Transformators.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

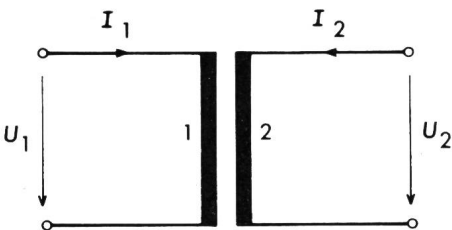


Fig. 1 Schaltbild eines einphasigen Transformators

- 1, 2 Primär- bzw. Sekundärwicklung
- $U_1, U_2$  Klemmenspannungen
- $I_1, I_2$  Primär- bzw. Sekundärstrom

Die analytische Behandlung erfolgt im Zylinderkoordinatensystem. Das Ziel der nachfolgenden Kapitel ist, zunächst den Verlauf der magnetischen und elektrischen Feldstärken im erwähnten Luftspaltraum zu bestimmen, um nachher mit diesen den Poynting-Vektor berechnen zu können.

## 2. Strombeläge

Bei stationärer Belastung fließen durch beide Wicklungen Wechselströme. Der Phasenwinkel zwischen der Speisespannung  $\underline{U}_1$  und dem Primärstrom  $\underline{I}_1$  beträgt  $\varphi_1$ , derjenige zwischen  $\underline{U}_1$  und dem Sekundärstrom  $\underline{I}_2$   $\varphi_1 + \xi$  (Fig. 4). Der Augenblickswert der angelegten Phasenspannung lautet  $u_1 = \hat{U}_1 \cos \omega t$ .

Der Wechselstrombelag der Primärwicklung  $A_1$  und der Sekundärwicklung  $A_2$  ist in axialer Richtung konstant. Er lässt sich für die Primärwicklung (Windungszahl  $N_1$ ) wie folgt anschreiben:

$$a_1(t) = \hat{A}_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (2)$$

$$\text{mit } \hat{A}_1 = \sqrt{2} N_1 I_1 / b \approx \sqrt{2} N_1 I_1 / l_{\sigma} \quad (3)$$

Ähnlich lautet der Wechselstrombelag der Sekundärwicklung (Windungszahl  $N_2$ ):

$$a_2(t) = \hat{A}_2 \cos(\omega t - \varphi_1 - \xi) \quad (4)$$

$$\text{mit } \hat{A}_2 \approx \sqrt{2} N_2 I_2 / l_{\sigma} \quad (5)$$

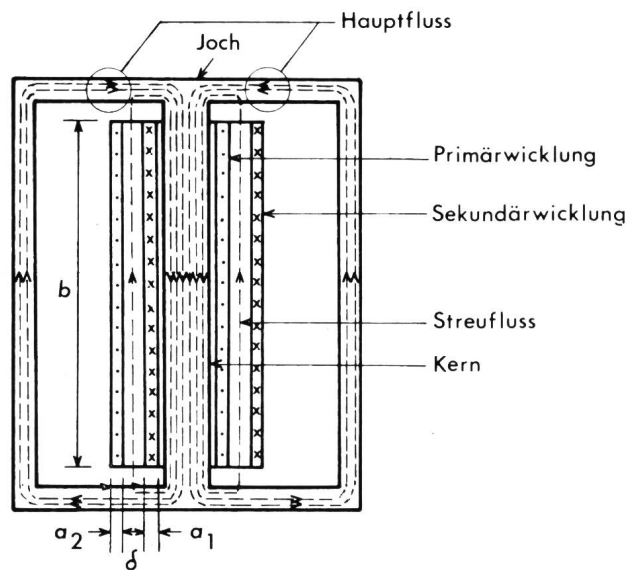


Fig. 2 Schematische Darstellung eines einphasigen Transformators mit Bezeichnung der Wicklungen und Flusswege

- $b$  Wicklungshöhe
- $\delta$  Luftspaltbreite
- $a_1, a_2$  Breite der Primär- bzw. Sekundärwicklung

### 3. Magnetisches Vektorpotential

Die allgemeine Gleichung für das magnetische Vektorpotential  $\vec{V}$  im leeren Raum, und somit auch im Luftspaltraum der elektrischen Maschinen, lautet [3]

$$\star \vec{V} = 0 \quad (6)$$

$\star$  ist der vektorielle Laplace-Operator.

Das magnetische Vektorpotential  $\vec{V}$  wird in elektrischen Maschinen durch die Wicklungsströme hervorgerufen. Im Transformator gemäss Annahmen fliesst der Strom in den beiden Wicklungen nur in tangentialer Richtung (Fig. 5). Das bedeutet für die Komponenten der Leiterstromdichte, dass  $j_r = j_z = 0$  ist. Die folgenden Gleichungen, in denen  $\vec{r}$  und  $\vec{r}'$  allgemeine Ortsvektoren sind, zeigen den Zusammenhang zwischen dem magnetischen Vektorpotential und der Stromdichte:

$$\vec{V}_r(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}_r(\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|} dV = 0 \quad (7a)$$

$$\vec{V}_\theta(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}_\theta(\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|} dV \neq 0 \quad (7b)$$

$$\vec{V}_z(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j}_z(\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|} dV = 0 \quad (7c)$$

$\vec{r}$  Ortsvektor des Quellpunktes

$\vec{r}'$  Ortsvektor des Aufpunktes

$|\vec{r}-\vec{r}'|$  Abstand des Aufpunktes, in dem das magnetische Vektorpotential  $\vec{V}$  bestimmt werden soll, vom Quellpunkt, wo die Stromdichte  $\vec{j}$  auftritt.

$dV$  Volumenelement des stromdurchflossenen Körpers

Jede Komponente des magnetischen Vektorpotentials ist der entsprechenden Komponente der Stromdichte zugeordnet. Im Luftspaltraum des Transformators ist somit nur die tangentielle Komponente  $V_\theta$  des magnetischen Vektorpotentials  $\vec{V}$  wirksam. Da die Strombeläge nur zeitlich wechseln, ist  $j_\theta$  und somit  $V_\theta$  entlang dem ganzen Wicklungsumfang und in axialer Richtung konstant, also  $\partial V_\theta / \partial \theta = 0$  und  $\partial V_\theta / \partial z = 0$ . Damit erhält man für  $\star \vec{V}$  im Zylinderkoordinatensystem mit  $\vec{e}$  als Einheitsvektor [3]:

$$\star \vec{V} = \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial^2 (r V_\theta)}{\partial r^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial (r V_\theta)}{\partial r} \right] \vec{e}_\theta = 0 \quad (8)$$

Die Potentialgleichung lautet somit

$$r^2 \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial r^2} + r \frac{\partial V_\theta}{\partial r} - V_\theta = 0 \quad (9)$$

Dies ist eine homogene Eulersche Differentialgleichung. Weil das magnetische Vektorpotential auch eine Funktion der Zeit ist, kann sie unter Anwendung des Separationsansatzes  $V_\theta(r, t) = R(r) T(t)$  gelöst werden [4]:

$$R(r) = cr + d/r \quad \text{und} \quad T(t) = 2 \cos \omega t \quad (10)$$

Darin sind  $c$  und  $d$  Konstante und  $\omega$  die Kreisfrequenz des erregenden Stromes. Der räumliche und zeitliche Verlauf des magnetischen Vektorpotentials lautet demnach

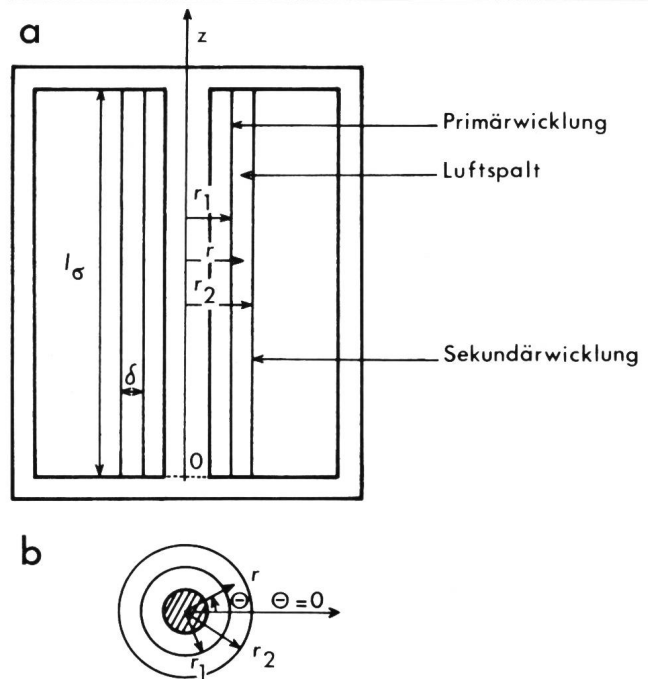


Fig. 3 Modelldarstellung des zu untersuchenden Transformators mit Festlegung des Zylinderkoordinatensystems  $r, \theta, z$

- a Aufsicht
- b Grundriss der zylindrischen Kernsäule
- $l_\sigma$  Länge der Streifenlänge
- $\delta$  Luftspaltbreite
- $r_1, r_2$  Radius der Primär- bzw. Sekundärwicklung
- $r$  beliebiger Radius

$$V_\theta(r, t) = 2 (cr + d/r) \cdot \cos \omega t \quad (11)$$

Bei Gegenerrregung, die in dieser Arbeit vorausgesetzt wird, ergibt sich mit  $\hat{A}_1 = \hat{A}_2$ :

$$a_1(t) = -a_2(t) = \hat{A}_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (12)$$

Unter Berücksichtigung der Phasenlage der das magnetische Vektorpotential hervorrufenden Ströme lautet die Potentialfunktion für den Luftspaltraum des Transformators

$$V_\theta(r, t) = 2 (cr + d/r) \cdot \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (13)$$

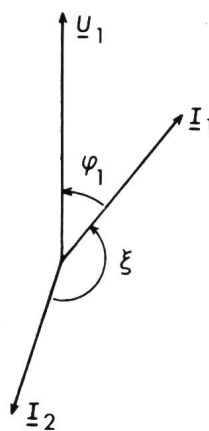
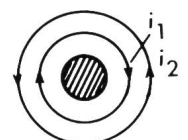


Fig. 4 Zeigerdiagramm der Primärspannung  $U_1$  und Wicklungsströme  $I_1$  und  $I_2$

Fig. 5 Tangentiale Stromflussrichtungen  $i_1, i_2$  Momentanwerte des Primär- bzw. Sekundärstromes



#### 4. Magnetische Feldstärke

Aus der magnetischen Induktion

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \mu_0 (H_r \vec{e}_r + H_\theta \vec{e}_\theta + H_z \vec{e}_z) \quad (14)$$

$$\text{und } \vec{B} = \text{rot } \vec{V} = \left( \frac{V_\theta}{r} + \frac{\partial V_\theta}{\partial r} \right) \vec{e}_z \quad (15)$$

ergibt sich

$$H_z = \frac{1}{\mu_0} \left( \frac{V_\theta}{r} + \frac{\partial V_\theta}{\partial r} \right) \quad (16)$$

Die magnetische Feldstärke wirkt im Luftspaltraum des Transformators nur in axialer Richtung. Wird Gl. (13) eingesetzt, so folgt

$$H_z(r, t) = \frac{4c}{\mu_0} \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (17)$$

Die Konstante  $c$  kann aus der Randbedingung  $r = r_1$  ermittelt werden. Dort gilt für  $H_z$ :

$$H_z(r_1, t) = a_1 = \hat{A}_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (18)$$

Durch Vergleich mit Gl. (17) erhält man  $c = \mu_0 \hat{A}_1/4$  und in Gl. (17) eingesetzt

$$H_z(r, t) = \hat{A}_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (19)$$

Die magnetische Feldstärke ist im ganzen Luftspaltraum, d. h. im Bereich  $r_1 \leq r \leq r_2$  konstant.

#### 5. Elektrische Feldstärke

Die durch den wechselnden Fluss der Kernsäule in der Primärwicklung induzierte elektrische Feldstärke ist

$$(E_\theta)_{r=r_1} = - \frac{\hat{U}_{11} \cos(\omega t - \beta)}{2\pi r_1 N_1} \quad (20)$$

Hierin sind  $\hat{U}_{11}$  der Scheitelwert der induzierten Spannung in der Primärwicklung und  $\beta$  der Phasenwinkel zwischen  $\underline{U}_1$  und  $\underline{U}_{11}$ . Wenn der Unterschied zwischen  $U_1$  und  $U_{11}$  sowie der Winkel  $\beta$  sehr klein angenommen werden, kann man näherungsweise für die momentane induzierte Spannung  $u_{11}$  die momentane angelegte Spannung  $u$  setzen.

Die tangentielle Komponente der elektrischen Feldstärke durchschreitet die Grenzfläche zwischen dem Kupferleiter und dem Luftspalt stetig. Die Feldstärke  $E_\theta$  an irgendeiner Stelle des Luftspaltes kann bei  $\delta \ll r_1$  bzw.  $r_2$  annähernd wie folgt angegeben werden:

$$E_\theta(r, t) = \frac{\hat{U}_1 \cos \omega t}{2\pi r N_1} \quad (21)$$

Die induzierte elektrische Feldstärke im Luftspaltraum ist also örtlich nicht konstant.

#### 6. Poynting-Vektor

Zur Betrachtung des Poyntingschen Energieflusses im Luftspaltraum des Transformators sind nur die axiale Komponente der magnetischen Feldstärke  $H_z$  und die tangentielle Komponente der elektrischen Feldstärke  $E_\theta$  zu berücksichtigen. Darum tritt nur die radiale Komponente  $S_r$  des Poynting-Vektors auf:

$$S_r = E_z H_\theta - E_\theta H_z = -E_\theta H_z \quad (22)$$

$$S_\theta = E_r H_z - E_z H_r = 0 \quad (23)$$

$$S_z = E_\theta H_r - E_r H_\theta = 0 \quad (24)$$

Mit Gl. (19) und (21) erhält man

$$S_r(r, t) = - \left[ - \frac{\hat{U}_1 \cos \omega t}{2\pi r N_1} \right] \hat{A}_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \quad (25)$$

#### 7. Radiale Luftspaltleistung

Da im zylindrischen Luftspaltraum des Transformators nur  $S_r$  wirksam ist, strömt die Luftspaltleistung ebenfalls nur in radialer Richtung.

##### 7.1 Die Primärwicklung verlassende Leistung

Diese Leistung kann durch Integration von  $S_r$  auf der Oberfläche der Primärwicklung ermittelt werden.

$$P_r \triangleq P_{1 \rightarrow 2} = P_{12} = \int_{A_P} S_r(r = r_1, t) r_1 d\theta dz \quad (26)$$

$A_P$  ist die Oberfläche der Primärwicklung. Für  $S_r$  wird Gl. (25) verwendet. Die radiale Leistung ist dann

$$\begin{aligned} P_r \Big|_{r=r_1} &= \int_0^{2\pi} \int_0^b \frac{\hat{U}_1 \hat{A}_1}{2\pi r_1 N_1} \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi_1) r_1 d\theta dz = \\ &= \frac{\hat{U}_1 \hat{A}_1 b}{2N_1} [\cos \varphi_1 + \cos(2\omega t - \varphi_1)] \end{aligned} \quad (27)$$

Setzt man in diese Gleichung den Ausdruck für  $\hat{A}_1$  aus Gl. (3) ein, so erhält man für die radiale Leistung

$$P_r \Big|_{r=r_1} = U_1 I_1 [\cos \varphi_1 + \cos(2\omega t - \varphi_1)] \quad (28)$$

Das Vorzeichen dieser Leistung ist positiv, da die Energie von innen nach aussen, d. h. in der positiven Richtung von  $r$  fließt. Die Leistung besteht aus einem konstanten und einem doppel-frequenten Anteil. Der Mittelwert der radialen Leistung über eine Periode ist

$$P_{r\text{mitt}} = U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (29)$$

Diese vom Netz aufgenommene Wirkleistung verlässt die Primärwicklung eines verlustlosen Transformators und strömt durch den Luftspalt hindurch, kommt an der Oberfläche der Sekundärwicklung radial und ohne Verlust an, um schliesslich zum Verbraucher zu gelangen.

##### 7.2 Radiale Leistung beim Leerlaufbetrieb

Im Leerlaufbetrieb fließt in der Primärwicklung ein sehr kleiner Strom  $I_0$ , wobei  $\varphi_1 = \varphi_0 \approx 90^\circ$  ist. In diesem Fall lautet  $P_{r0}$ , die radiale Leistung beim Leerlaufbetrieb, gemäss Gl. (28)

$$P_{r0} = U_1 I_0 \cos(2\omega t - 90^\circ) = U_1 I_0 \sin 2\omega t \quad (30)$$

Der Mittelwert der radialen Leistung über eine Periode ist null, obwohl der Poynting-Vektor im ganzen Luftspaltraum vorhanden ist. Im Leerlaufbetrieb findet der magnetische Auf- und Entladeprozess der Primärwicklung umgebenden Luft-raumes statt. Der Transformator verlangt vom Speisetz nur eine Blindleistung von

$$Q_0 = U_1 I_0 \sin \varphi_0 = U_1 I_0 \quad (31)$$

## 8. Schlussbemerkungen

Man ist ständig auf der Suche nach Theorien, die die physikalischen Vorgänge in elektrischen Maschinen anschaulich darstellen sollen. Ein hervorragendes Mittel in dieser Hinsicht ist die Feldtheorie. Besonders interessant ist der Satz der Poyntingschen Energiestrahlung. Angewendet auf Transformatoren liefert die Methode mit dem Poynting-Vektor ein sehr anschauliches Bild des Energieflusses im Luftspaltraum zwischen den Wicklungen. Man erhält eine Darstellung des Transformators anhand der tatsächlichen elektromagnetischen Wechselwirkungen. Die analytische Untersuchung mit dem Poynting-Vektor setzt allerdings sowohl die Kenntnisse der Feldtheorie als auch der klassischen Wechselstromtheorie des Transformators voraus.

## Literatur

- [1] B. B. Palit und H. Fischer: Über den Poyntingschen Energiefluss durch den Luftspalt einer mehrphasigen Asynchronmaschine. *Scientia Electr.* 21(1975)1, S. 2...20.
- [2] M. Vidmar: Die Transformatoren. Basel/Stuttgart, Verlag Birkhäuser, 1956.
- [3] B. B. Palit: Herleitung der Differentialgleichung für das magnetische Vektorpotential im Luftspaltraum von elektrischen Maschinen. *Scientia Electr.* 22(1976)3, S. 89...97.
- [4] B. B. Palit: Elektrische und magnetische Feldstärken im Luftspaltraum einer idealisierten Drehfeldmaschine. *Scientia Electr.* 23(1977)2.

## Adresse des Autors

Dr.-Ing. B. B. Palit, Institut für Elektrische Maschinen, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

# Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)

## Tagung des TC 20 vom 25. und 26. Mai 1977 in Stockholm

Das TC 20 des CENELEC führte am 25. und 26. Mai 1977 in Stockholm seine 9. Tagung durch. An den von S. Furlani (I) geleiteten Sitzungen haben 32 Fachleute aus 12 Ländern teilgenommen. Die Schweiz war durch 2 Delegierte vertreten.

Das Protokoll der 8. Tagung wurde mit einigen Änderungen und Ergänzungen gutgeheissen und verdankt.

Anhand des Dokumentes *CENELEC/TC 20(SEC-Stockholm)1* orientierte der Sekretär über verschiedene Dokumente, die vom Lenkungsausschuss und vom technischen Büro herausgegeben worden sind. Er berichtet ferner über Aktivitäten des Redaktionskomitees und einen Änderungsvorschlag für die Ziffern: «Zweck» und «Geltungsbereich» der Harmonisierungsdokumente *HD 21* und *22*.

Anschliessend orientierten die Vorsitzenden der verschiedenen Arbeitsgruppen über den Stand der Arbeiten.

Der Sekretär des TC 64 berichtete anhand des Dokumentes *CENELEC 20(TC 64/Stockholm)1* über das sehr wichtige gemeinsame Problem des Schutzes der Kabel gegen Überlast. Die Behandlung dieser Fragen wurde auf die nächste Tagung verschoben. In diesem Zusammenhang wurden die Länder, die bisher auf das Dokument *CENELEC/64-GTB(SEC)4022A* nicht geantwortet haben, gebeten, dies möglichst bald zu tun.

Die englische Delegation gab dem Wunsch Ausdruck, bei der Festlegung der Einföhrungstermine für neue Harmonisierungsdokumente die Verzögerungen bis zur definitiven Ausgabe dieser Dokumente besser zu berücksichtigen.

Der Sekretär hatte in den Dokumenten *CENELEC/TC 20(SEC)453* und *454* die Liste der anerkannten nationalen Kabeltypen zusammengestellt. Es wurde dazu ein österreichischer Antrag behandelt, dem zum grossen Teil entsprochen werden konnte.

Der deutsche Antrag gemäss Dokument *CENELEC/TC 20(D)32* konnte, da er zu spät zur Verteilung gelangte, nicht behandelt werden. Er wird an der nächsten Tagung besprochen.

Zu einer längeren Diskussion gab der 1,25 mm<sup>2</sup> Kabeltyp der Engländer Anlass. Aus Sicherheitsgründen kann diesem Typ nur zugestimmt werden, wenn diese Kabel mit 13-A-Steckern versehen und durch 13-A-Sicherungen geschützt sind. Die Versammlung entschied, diesen Typ für eine Zeitdauer von 2 Jahren als nationalen Typ zuzulassen, wobei in den englischen Normen die obenerwähnten Einschränkungen aufgeführt werden müssen.

Die neu redigierten Harmonisierungsdokumente *HD 359*, Flat polyvinylchloride sheathed flexible cables, und *HD 360*, Rubber insulated lift cables for normal use, wurden kurz besprochen. Einwände dazu müssen bis Ende Juni 1977 dem Sekretär gemeldet werden.

Die Frage der Zulassung nationaler Typen von Liftkabeln wird an der nächsten Tagung behandelt. Die Länder wurden eingeladen, entsprechende Anträge zu stellen.

Die Normungsarbeiten des SC 20B der CEI werden so rasch wie möglich in eine Neuauflage der HD 21 und 22 eingeschlossen.

Das Dokument *CENELEC/TC 20(SEC)478*, Harmonisation Document for single and multicore cables with extruded insulation and PVC sheath, for rated voltage  $U_0/U = 0.6/1$  kV, ist relativ spät zur Verteilung gelangt. Es wurde daher nur noch kurz besprochen. Eine ausführliche Behandlung wurde auf die nächste Tagung verschoben.

Der holländische Vorschlag *CENELEC/TC 20(NL)16*, Spark testing of electric cables, wurde für eine Versuchsperiode von 2 Jahren angenommen, um damit Erfahrungen zu sammeln. Ein Entscheid darüber kann erst gefällt werden, wenn genügend Versuchsergebnisse vorliegen.

Schweden machte im Dokument *CENELEC/TC 20(S)23* den Vorschlag, Kabel für spezielle Anwendungen durch einheitliche Markierungen zu kennzeichnen. Es wurde entschieden, dieses Problem vorderhand auf nationaler Ebene zu lösen und sobald eine internationale Kennzeichnung allgemeine Zustimmung gefunden hat, diese auch ins Normenwerk des CENELEC/TC 20 zu übernehmen.

Ferner wurde beschlossen, das Problem der Abmessungen von Kupfer- und Aluminiumleitern mit Querschnitten über 6 mm<sup>2</sup> im Hinblick auf eine mögliche Normung durch eine Arbeitsgruppe prüfen zu lassen. Ferner soll entsprechend einem Antrag des TC 17X das Problem der Dimensionierung von Kabelverbindungen studiert werden.

Das TC 20 wird in geeigneter Form mit der CEPT (Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications) in Verbindung treten im Hinblick auf eine Zusammenarbeit bei der Normung von Kabeltrommeln.

Es wurde dem Wunsche Ausdruck gegeben, die Zusammenarbeit der Arbeitsgruppen der CE 18, 20 und 64 der CEI zu verbessern.

Als wichtigste Arbeiten für die Zukunft wurden die folgenden zwei genannt:

- a) Harmonisierung der Kabel 0,6/1 kV,
- b) Revision von HD 21 und HD 22.

Die nächste Tagung wird Ende März 1978 in Wien durchgeführt.

WH