

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 45 (1954)  
**Heft:** 17  
  
**Rubrik:** Communications ASE

### **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:** 17.01.2026

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

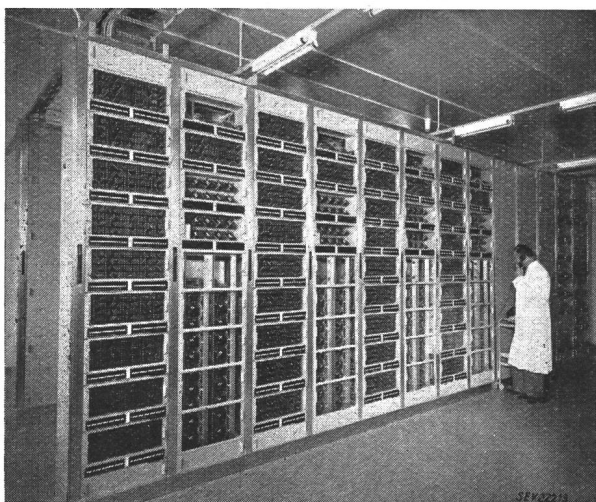


Fig. 9

Fertig installierte Telephonzentrale «Hasler System 52»  
Die Relais- und Suchereinheiten sind vorne mit Glasdeckeln und hinten (zweite Reihe) durch Metalldeckel vor Staub und Beschädigungen geschützt. Hinter den schmalen Metalldeckeln ganz oben und unten verlaufen die Kabel

gemacht. Dieses Montagestadium ist in Fig. 8 gezeigt.

Die Tragkonstruktion ist oben und unten zur Aufnahme der von Gestell zu Gestell und auch der senkrecht verlaufenden Kabel ausgebildet. Auf diese Weise gelingt es, die meisten Kabel sehr gut vor Staub geschützt und unsichtbar zu verlegen. Gegenüber Zentralen älterer Ausführung fällt bei den neuen dieses fast vollständige Verschwinden der Kabelführungen vorteilhaft auf (Fig. 9).

Die Fabrikation der Ausrüstungen und die Montage können auf diese Weise weitgehend parallel miteinander vor sich gehen, wodurch eine Verkürzung der gesamten Lieferfrist eintritt.

Zwischenverteiler, Stromverteilungseinrichtungen, Gesprächszähler, Rufmaschinen usw. lassen sich ebenfalls in diese Tragkonstruktion einbauen, so dass die fertig montierte Zentrale Fronten von gleichmässig ruhigen Formen zeigt (Fig. 9), die dem heutigen Stilempfinden entsprechen.

Adresse des Autors:

W. Keller, Dipl. Ing., Hasler A.-G., Belpstrasse 23, Bern.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Graphische Bestimmung von Transformatoren-Schaltgruppen

Von Ch. Oester, Bern

621.3.012.1 : 621.314.21.062

#### 1. Einleitung

Für die Beurteilung vieler praktischer Fragen, besonders für die Bestimmung der Schaltgruppen von Transformatoren sowie von verschiedenen Relais-schaltungen, lässt sich die graphische Methode ohne grosse mathematische Kenntnisse leicht anwenden.

#### 2. Grundlagen und Aufbau

In der Wechselstromtechnik ist es üblich, sinusförmig ändernde Spannungen mit Vektoren zu definieren. Zur klaren Darstellung soll der Kern eines Mehrwicklungstransformators mit 3 Spulen bewickelt werden. Eine dieser Spulen ist links, die andern 2 sind rechts gewickelt (Fig. 1). Die

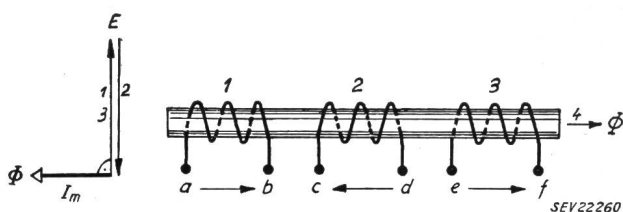


Fig. 1

Spannungsvektoren eines Mehrwicklungstransformators

a, b, c, d, e, f Klemmen der Spulen 1, 2, 3  
E induzierte Spannung  
Φ Induktionsfluss  
Im Magnetisierungsstrom

Spule mit den Klemmen a—b wird an eine Wechselstromquelle angeschlossen. Als Bezugsrichtung wird diejenige von der Klemme a nach der Klemme b hin gewählt. Mit der soeben festgelegten Bezugsrichtung wird auch die positive Flussrichtung verknüpft, das heisst: Der Fluss gilt als positiv, wenn er durch einen Strom erzeugt wird, der in Richtung des Bezugspfeiles fliesst [1]. Aus dem bekannten Transformator-Vektordiagramm geht hervor, dass der magnetische Fluss in Phase ist mit dem Magnetisierungsstrom. Der Vektor des magnetischen Feldes 4 und der Vektor des Magnetisierungsstromes müssen somit im Diagramm der Fig. 1 gleichphasig erscheinen. Für die andern Spulen gilt in Bezug der induzierten Spannung folgendes: Da alle 3 Wicklungen vom gleichen magnetischen Fluss durchflossen werden, haben alle Spulen, bei denen die Ströme den Eisenkern im gleichen

Sinne durchfliessen, im gleichen Augenblick dieselbe Spannung und ebenfalls gleiche Richtung der Spannungsvektoren. Das heisst, bei gleichem Wicklungssinn und räumlich gleichem Anschluss sind Primär- und Sekundärspannung miteinander in Phase. Es können deshalb die Bezugspfeile aller Wicklungen eines und desselben Magnetkerns so eingetragen werden, dass sie dem gleichen Umlaufsinn des Magnetisierungsstromes um den Eisenkern zugeordnet sind. Auf Grund unserer Festlegungen werden nun die Bezugspfeile der Spulen 1 und 3 gleichgerichtet gezeichnet, denn die Spulen 1 und 3 sind gleichsinnig gewickelt. Die Spule 2 weist gegenüber den Spulen 1 und 3 umgekehrten Wicklungssinn auf, der Bezugspfeil des Vektors 2 muss deshalb um 180 Grad gegenüber den Vektoren 1 und 3 gedreht gezeichnet werden. Betrachtet man diese Abmachung noch im Vektordiagramm, so folgt, dass die in den Spulen 1 und 3 induzierten Spannungen gleichgerichtet, diejenige in der Spule 2 entgegengesetzt gerichtet sind.

#### 3. Ermittlung der Schaltgruppe eines Dreiphasen-Transformators

Gegeben sei ein räumliches Wicklungsbild der Ober- und Unterspannungswicklungen eines Drehstromtransformators.

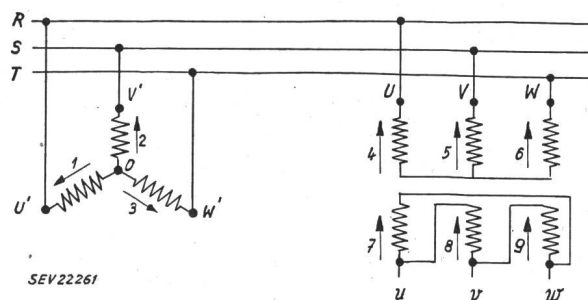


Fig. 2

Räumliches Wicklungsbild der Ober- und Unterspannungswicklungen eines Drehstromtransformators mit speisendem Generator

R, S, T Pole des Drehstromsystems  
U, V, W Transformator-klemmen oberspannungsseitig  
u, v, w Transformator-klemmen unterspannungsseitig  
U', V', W' Klemmen des Generators  
1...9 Bezugspfeile

Um eindeutige Verhältnisse für das Aufzeichnen der Vektordiagramme zu bekommen, dürfen die Ober- und Unterspannungswicklungen von nur einer Seite aus betrachtet werden, und zwar von der Oberspannungsseite aus. Es werden daher beide Wicklungsbilder so gezeichnet, wie sie von der Oberspannungsseite aus zu sehen sind. Zum besseren Aufbau der Vektordiagramme sei weiter noch der die Oberspannungswicklung speisende Generator schematisch dargestellt (Fig. 2). Alle Transformatorenwicklungen seien rechts gewickelt. Auf Grund der früheren Festlegungen können somit sämtlichen Wicklungen Bezugspfeile zugeordnet werden, die in gleicher Richtung verlaufen. Aus Zweckmässigkeitsgründen werden die einzelnen Bezugspfeile numeriert. Als Ausgangspunkt für den Aufbau der Spannungsvektordiagramme wird der Generator gewählt, dessen Phasenspannungen auf die vom Sternpunkt 0 wegweisenden Bezugspfeile bezogen sind. Um die Spannung am Transformator zwischen den Klemmen U und V zu erhalten, wird nach Fig. 3a folgender Weg

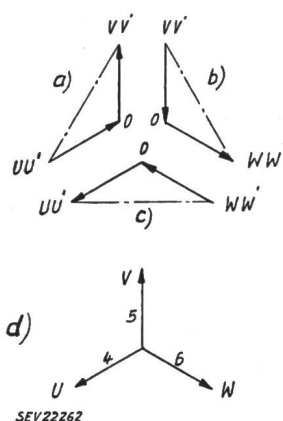


Fig. 3  
Lage der Phasenspannungen im Vektordiagramm der Oberspannungswicklung

- Ermittlung der Spannungsvektoren zwischen den Transformatoranklemmen U—V
- Ermittlung der Spannungsvektoren zwischen den Transformatoranklemmen V—W
- Ermittlung der Spannungsvektoren zwischen den Transformatoranklemmen W—U
- Lage der Phasenspannungen der Transformator-Oberspannungswicklung

4, 5, 6 Spannungsvektoren  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 2

eingeschlagen:  $UU'-0-V'V'$ . Bezugspfeile, die entgegen ihrer Bezugsrichtung durchfahren werden, ergeben im Vektordiagramm einen gegenüber dem Bezugspfeil um  $180^\circ$  gedrehten Spannungsvektor. Zeichnet man die Spannungsvektoren nach der räumlichen Lage der Bezugspfeile auf, so ergibt sich für die Spannung des Transformators zwischen den Klemmen U und V ein Spannungsvektor mit Lage und Richtung nach Fig. 3a. In analoger Weise findet man die Spannung zwischen den Transformatoranklemmen VW nach Fig. 3b, sowie die Spannung zwischen den Transformatoranklemmen WU nach Fig. 3c.

Die Lage der Phasenspannungen im Vektordiagramm der Oberspannungswicklung ergibt sich gemäss den Bezugspfeilen im Wicklungsbild (Fig. 3d).

Das Spannungsvektordiagramm der Sekundärseite des Transformators kann man auf analoge Weise aufzeichnen.

#### 4. Schaltgruppen von Dreiphasen-Transformatoren

Bekanntlich können Transformatoren nur dann parallel betrieben werden, wenn folgende drei Bedingungen erfüllt sind:

1. Identische Schaltgruppen;
2. Gleiche Übersetzungsverhältnisse;
3. Gleiche Kurzschlußspannung.

Die erste Bedingung muss am genauesten erfüllt sein, denn schon die kleinste Abweichung zwischen primärem und sekundärem Spannungsvektor von  $30^\circ$  wäre viel zu gross und käme einem Kurzschluss gleich [2].

In den meisten Landesvorschriften sind gewisse Schaltungen in Gruppen zusammengefasst und zur Anwendung empfohlen. Nach den Regeln des VDE für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren werden die Schaltungen in 4 Gruppen zusammengefasst und mit A, B, C und D bezeichnet. Jede der Gruppen besteht aus drei Schaltungen, die unter sich noch mit einem Index bezeichnet sind. Nach den CEI-Regeln für Transformatoren werden die Schaltungen von Dreiphasen-Transformatoren mit folgenden Buchstaben bezeichnet:

- Dreieckschaltung: oberspannungsseitig mit D  
unterspannungsseitig mit d  
Sternschaltung: oberspannungsseitig mit Y  
unterspannungsseitig mit y  
Zickzackschaltung: oberspannungsseitig mit Z  
unterspannungsseitig mit z

Eine Schaltgruppe wird somit erkenntlich durch den Kennbuchstaben der Oberspannungswicklung, durch den Kennbuchstaben der Unterspannungswicklung sowie eine Zahl, die die Abweichung oder die Phasenverschiebung zwischen den zusammengehörigen Spannungsvektoren zweier

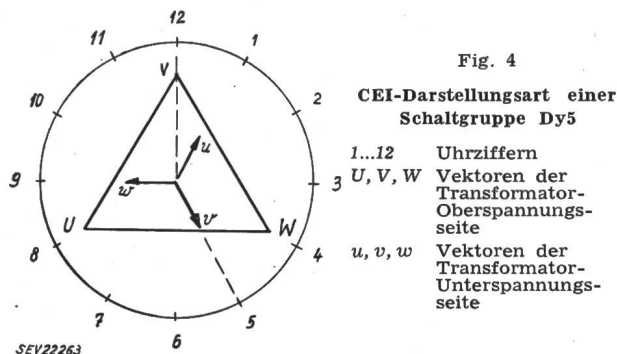


Fig. 4

CEI-Darstellungsart einer Schaltgruppe Dy5

- 1...12 Uhrziffern  
3 U, V, W Vektoren der Transformator-Oberspannungsseite  
4 u, v, w Vektoren der Transformator-Unterspannungsseite

Wicklungsstränge von Ober- und Unterspannungsseite angibt. Die erwähnte Kennzahl wird wie folgt ermittelt: Man bringt den zu betrachtenden Vektor der Oberspannungsseite mit der Ziffer einer Uhr zur Deckung und stellt dabei fest, um wie viele Stunden, d. h. Einheiten von  $30^\circ$  ( $360 : 12 = 30$ ) der entsprechende Sekundärvektor gegenüber dem Primärvektor verschoben ist (Fig. 4).

Die CEI-Darstellungsart bietet gegenüber der VDE-Darstellung erhebliche Vorteile, indem durch einfache Mittel praktisch jede anomale Schaltgruppe bezeichnet werden kann.

#### 5. Praktische Beispiele

Bei einem Transformator mit einer Wicklungsschaltung Yd5 (C2) sollen auf der Ober- und Unterspannungsseite die Phasen U mit W, beziehungsweise u mit w vertauscht werden. Die neue Schaltgruppe ist zu bestimmen.

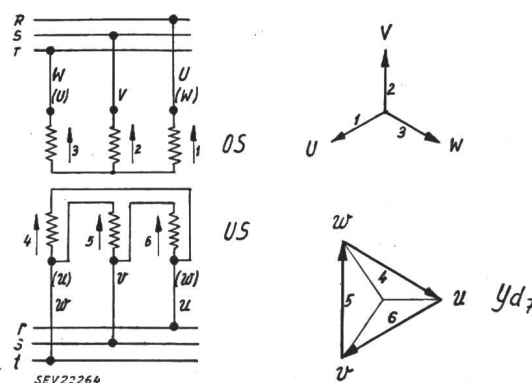


Fig. 5

Schaltgruppe eines Transformators mit der Wicklungsschaltung Yd5 (C2), bei vertauschten Anschlüssen

- R, S, T; r, s, t Pole des Drehstromsystems  
U, V, W Phasenbezeichnungen der Oberspannungen  
u, v, w Phasenbezeichnungen der Unterspannungen  
(U), (V), (W) Klemmen der Oberspannungswicklungen  
(u), (v), (w) Klemmen der Unterspannungswicklungen  
OS Oberspannungsseite  
US Unterspannungsseite  
1...6 Bezugspfeile und Spannungsvektoren

Aus dem räumlichen Wicklungsbild des Transformators, sowie dem Netz-Vektordiagramm wird die neue Schaltgruppe nach Fig. 5 bestimmt. Es zeigt sich dabei, dass beim Vertauschen der Phasenanschlüsse U mit W, bzw. u mit w, aus einer Schaltgruppe Yd5 eine solche der Gruppe Yd7 entsteht. Dieser Dreiphasen-Transformator mit der Schaltgruppe Yd7 soll mit drei Einphasengruppen parallel geschaltet werden. Aus konstruktiven Gründen wird der Eingang der Oberspannungswicklung räumlich um  $180^\circ$  verkehrt angeschlossen. Man bestimme nun aus dem Vektordiagramm des Dreiphasen-Transformators mit der Schaltgruppe Yd7 die räumliche Schaltung der drei Einphasen-Einheiten derart, dass ein einwandfreier Parallelfluss der beiden Transformatorgruppen unter sich möglich wird.

Mit Hilfe des gefundenen Vektordiagrammes der Oberspannungsseite der Einphasen-Einheiten und dem Vektordiagramm der Unterspannungsseite des Dreiphasentransformators wird die räumliche Wicklungsschaltung der Unterspannungsseite der drei Einphasen-Einheiten gefunden.

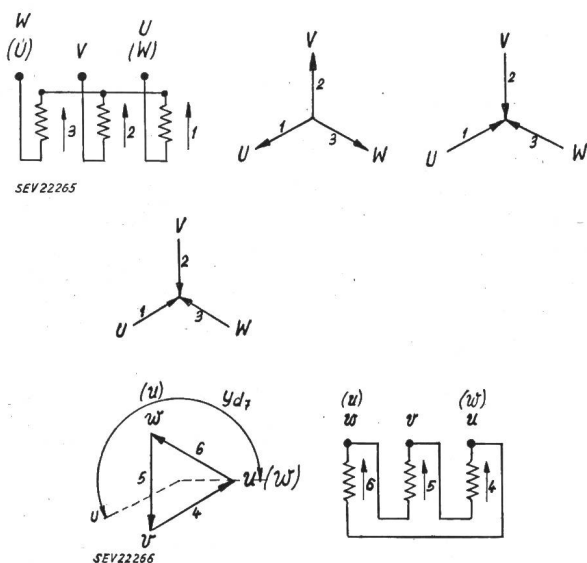


Fig. 6

Ermitteln der räumlichen Wicklungsschaltung aus einer Schaltgruppe Yd7, wenn die Oberspannungsanschlüsse um  $180^\circ$  gedreht werden

Bezeichnungen siehe Fig. 5

Es ist nun folgendes zu berücksichtigen: Durch das Vertauschen der Anschlüsse der Oberspannungswicklung um  $180^\circ$  dreht sich auch der Vektor der Sekundärwicklung um  $180^\circ$ . Wir zeichnen nun das Vektordiagramm der Sekundärseite des Dreiphasentransformators nochmals auf und kehren darin die Spannungsvektoren um  $180^\circ$ . Die drei Eckpunkte u, v und w erfahren dabei keine Verschiebung. Die einzelnen Pole der Einphasengruppe werden nun aufgezeichnet und mit Bezugspfeilen versehen. Um die Wicklungsschaltung der drei Einphasen-Einheiten zu erhalten, beginnen wir an irgend einem Punkte des Sekundär-Vektordiagrammes und durchfahren dieses in beliebiger Richtung. Gleichzeitig beginnen wir auch beim entsprechenden Punkte der Sekundärwicklung und durchfahren diese genau so wie das Vektordiagramm, wobei die Verbindungen zwischen den Polen gefunden werden.

Auf diese Art ergibt sich das gesuchte räumliche Schema der drei Einphasen-Transformatoren zum Parallelschalten mit dem Dreiphasen-Transformator der Schaltgruppe Yd7.

## 6. Erdschluss-Relais

Als Erdschluss-Schutzrelais wird in vielen Fällen die Schaltung nach Fig. 7 angewendet. Ein Spannungswandler

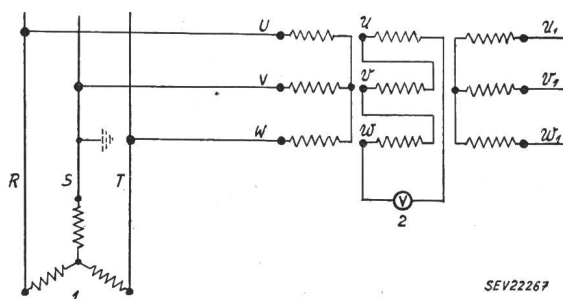


Fig. 7

Schaltung eines Erdschluss-Schutzrelais

- |         |   |
|---------|---|
| 1       | Generator                                     |
| 2       | Erdschlussvoltmeter oder Erdschlussrelais     |
| R, S, T | Pole des Drehstromsystems                     |
| u, v, w | Spannungswandlerklemmen, überspannungsseitig  |
| u, v, w | Spannungswandlerklemmen, unterspannungsseitig |
| u, v, w | Erdschlusswicklung                            |
| u, v, w | Spannungswandlerklemmen, unterspannungsseitig |
| u, v, w | Messwicklung                                  |

weist eine zweite Sekundärwicklung auf, die im «offenen Dreieck» geschaltet ist. Im gesunden Netzbetrieb ist das Voltmeter, bzw. Relais, spannungslos. Tritt aber in irgend einer Phase ein Erdschluss auf, dann erhält das Voltmeter, bzw. Relais, durch Spannungsverlagerung im Netz eine Span-

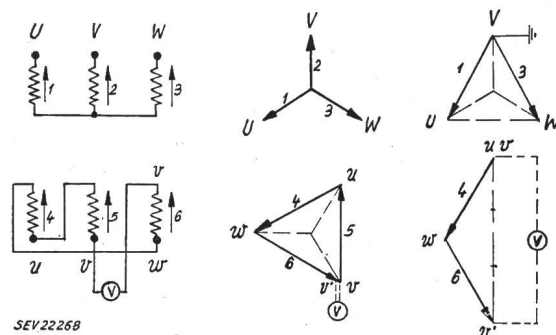


Fig. 8

Vektordiagramme bei gesundem und erdschlussbehaftetem Netzbetrieb

- |              |   |
|--------------|---|
| U, V, W      | Spannungswandlerklemmen und Phasenbezeichnungen, überspannungsseitig  |
| u, v, v', w' | Spannungswandlerklemmen und Phasenbezeichnungen, unterspannungsseitig |
| 1...6        | Bezugspfeile und Spannungsvektoren                                    |
| V            | Erdschlussvoltmeter oder Erdschlussrelais                             |

nung. Die Grösse dieser auftretenden Spannung kann mit Hilfe der bekannten Vektordiagramme bestimmt werden (Fig. 8). Mit den vorgängig besprochenen Überlegungen werden auf Grund der räumlichen Wicklungsbilder die Vektordiagramme zuerst des gesunden Netzbetriebes und dann des kranken Netzbetriebes aufgestellt. Bei einem Erdschluss in der Phase V findet eine Nullpunktverlagerung statt, d. h. der Nullpunkt wandert anscheinend im Vektordiagramm in Fig. 8 von 0 gegen V zu. Wird mit dem primären Vektordiagramm des kranken Netzbetriebes und der räumlichen Wicklungsschaltung das sekundäre Vektordiagramm gebildet, dann zeigt sich, dass die Spannung zwischen v und v' bei einem satten Erdschluss den dreifachen Betrag der Phasenspannung annimmt.

## Literatur

- [1] Brunn, A. von: Graphische Methoden zur Lösung von Wechselstromproblemen. Basel: Schwabe 1938.
- [2] Gastel, A. van: Die Schaltgruppen der Dreiphasen-Transformatoren. Bull. SEV Bd. 33(1942), Nr. 17, S. 465...469.

## Kollaudation des Kraftwerkes Oberaar

621.311.21 (494.246.1)

Die Kraftwerke Oberhasli A.-G. (KWO) haben ihren älteren Anlagen in den Jahren 1950 bis 1953 ein neues Glied angefügt, das die Energie-Erzeugungsmöglichkeiten erheblich erweitert hat. Im Jahre 1925 übernahm die KWO von den Bernischen Kraftwerken (BKW) eine generelle Konzession für die Ausnützung der Aare von der Grimsel bis Innertkirchen und deren Zuflüsse. Diese stützte sich auf einen Beschluss des Regierungsrates des Kantons Bern vom 7. März 1906, der diese Wasserrechtskonzession den Vereinigten Kander- und Hagneckwerken A.-G., der Rechtsvorgängerin der BKW, zusicherte. Die Gründung der KWO liegt 29 Jahre zurück. Von der Gründung bis 1928 waren die BKW alleinige Aktionärin der KWO. 1928 kam die Stadt Basel, 1930 die Stadt Bern und 1939 die Stadt Zürich hinzu. Seit damals ist das Aktienkapital zur Hälfte in den Händen der BKW und je zu einem Sechstel in den Händen der Städte Basel, Bern und Zürich. Seit der Gründung sind folgende wichtige Bauarbeiten ausgeführt worden:

- |             |  |
|-------------|--|
| 1925...1932 | Kraftwerk Handeck I, Stauseen Grimsel und Gelmer |
| 1940...1942 | Kraftwerk Innertkirchen                          |
| 1945...1947 | Ausgleichsbecken Handeck                         |
| 1947...1951 | Kraftwerk Handeck II, Stausee Räterichsboden     |
| 1950...1953 | Kraftwerk Oberaar, Stausee Oberaar               |

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 791

Es folgen «Die Seiten des VSE».