

Sonderdruck aus

VDE ETG-Mitgliederinformation Juli 2015

H: HISTORIE DER ELEKTROTECHNIK

H1 20 Jahre Elektrische Wiedervereinigung Deutschlands



*Dipl.-Ing. (FH) Walter Schossig,
VDE Thüringen, Gotha*

Die Entwicklung des Verbundbetriebes in Deutschland begann nach dem Ersten Weltkrieg. Nach dem Zweiten Weltkrieg erfolgte der Aufbau eines zonenübergreifenden Verbundnetzes. Die Trennung Deutschlands in Ost und West machte auch vor dem Verbundnetz nicht Halt. Lediglich ein Export von Ost nach West erfolgte in begrenztem Maße. Nach 40 bzw. 50jähriger Trennung konnte im Jahre 1995 die elektrische Wiedervereinigung des 50-Hz-Verbund- und des 16 2/3-Hz-Bahnnetzes vollzogen werden.

Der Beginn des Verbundnetzes

Die Entwicklung von der ortsgebundenen Versorgung zur Überlandversorgung – sie fiel in die Zeit etwa von der Jahrhundertwende bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges – war durch die staatliche Zerrissenheit gehemmt. Nach der Errichtung der Mittelspannungsnetze war nach dem Ersten Weltkrieg deren Verknüpfung durch Hochspannungsleitungen dringend notwendig. Dem diente das Reichsgesetz von 1919, welches das Reich ermächtigte, das Eigentum oder das Recht der Ausnutzung von Anlagen, welche zur Fortleitung mit 50 kV und mehr bzw. Erzeugung mit Leistungen von 5 MW und mehr zu übernehmen.

Gemäß einem Vertrag von 1924 zwischen der Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG (ThELG), Gotha und der Preußischen Elektrizitätswerk A.G. kam es 1925 zum Bau einer 60-kV-Kuppelleitung zwischen dem KW Breitungen (Thüringen) und dem KW Borken (Hessen). Ein Jahr später erfolgt mit der Inbetriebnahme der 100-kV-Leitung Jena-Zeitz-Böhlen die Anbindung Thüringens an Sachsen. In Berlin wurden 1930 durch Oskar von Miller, dem Gründer des Bayernwerkes und des Deutschen Museums in München, in einem von der Reichsregierung in Auftrag gegebenen Gutachten erste Pläne für ein europäisches Verbundnetz vorgelegt. Am 17. April 1930 fahren nach dem Konzept „Verbundwirtschaft“ von Arthur Koepchen, RWE, die Steinkohlenkraftwerke im Ruhrgebiet, die Braunkohlenkraftwerke im Kölner Raum, darunter das Goldenbergwerk, 500 MW, und die Wasserkraftwerke im Schwarz-

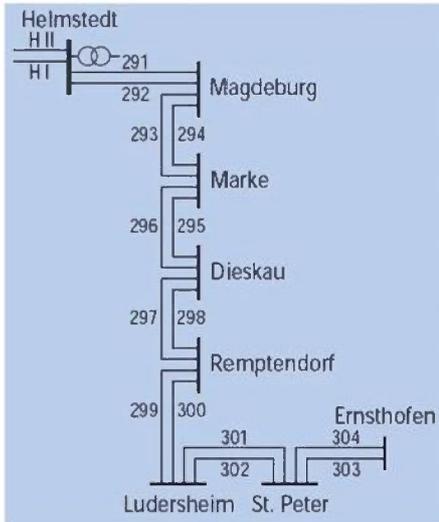


Bild 1: 220-kV-Reichssammelschiene, 1941

wald am Hochrhein sowie in den Alpen, zusammen 230 MW, zum ersten Mal parallel. Über eine 800 km lange 220-kV-Leitung des RWE ist das rheinisch-westfälische Industriegebiet mit den Voralpen verbunden [1].

Nachdem 1936 ein Übereinkommen der Bayernwerk A.-G. (BAG) mit der Thüringenwerk A.-G. über eine gegenseitige Stromlieferungshilfe getroffen wurde, ermöglichte bereits ein Jahr später die Inbetriebnahme der 110-kV-Leitung Neuhaus-Kulmbach den Stromtausch zwischen Thüringen und Bayern. Verhandlungen im Jahre 1939 zwischen der Elektrowerke AG Berlin (EWAG) und der BAG über den künftigen Strombezug gingen davon aus, dass aus einer voraussichtlich im Oktober 1940 fertig gestellten 220-kV-Leitung Dieskau (bei Halle)-Ludersheim (bei Nürnberg)-Linz (Oberösterreich) Strom für die BAG bereitgestellt wird.

Im Oktober 1939 schlugen die Elektrowerke AG in einer Denkschrift vor, in Deutschland ein reichseigenes 220-kV-Hochspannungs-Freileitungsnetz aufzubauen. Planmäßig ging dann auch 1940 die 220-kV-Leitung Dieskau-Remptendorf-Ludersheim bei Nürnberg bis zur österreichischen Grenze nach St. Peter bei Braunau am Inn als 220-kV-Reichssammelschiene in Betrieb.

Ab April 1941 bezog die BAG Braunkohlenstrom der Elektrowerke AG über die 220-kV-Doppelleitung Remptendorf (Thüringen) - Ludersheim (Bayern). Im darauf folgenden Dezember ist durch diese 220-kV-Nord-Südleitung das mitteldeutsche Braunkohlengebiet mit den bayrischen und österreichischen Wasserkraftwerken verbunden (Bild 1).

1943 wird die Verbindung Mitteldeutschland im Raum Magdeburg gebaut. Bild 2 zeigt das 220/110-kV-Netz der Deutschen Verbundgesellschaft (DVG) im Jahre 1948 [6].

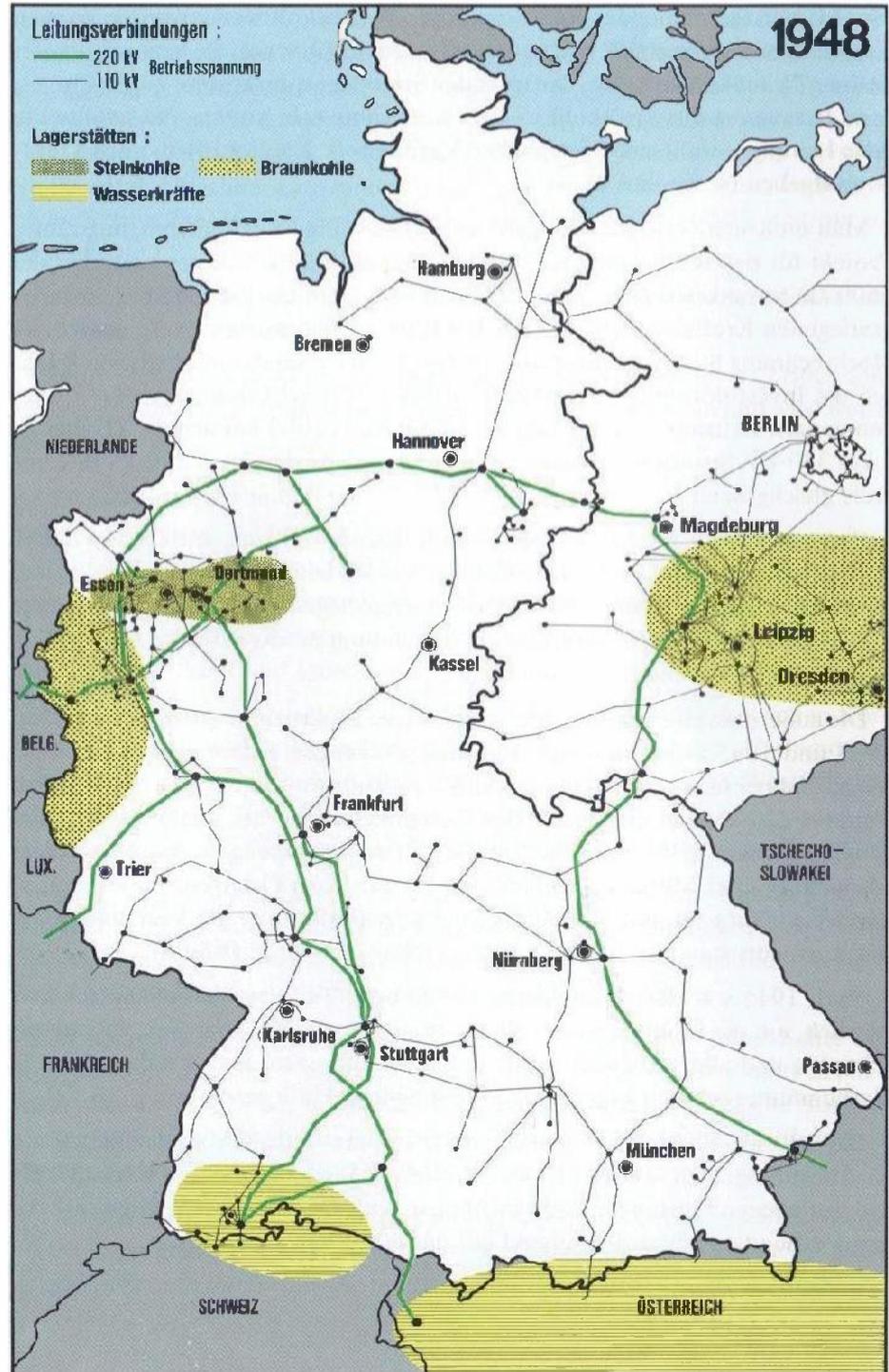


Bild 2: 220/110-kV-Netz Deutschland, 1948

Trennung des Verbundnetzes in Ost und West

Mit der Kapitulation des Deutschen Reiches und dem Wirksamwerden des Potsdamer Abkommens beginnt die unterschiedliche Entwicklung in den einzelnen Besatzungszonen [2]. Dies führt im April 1946 im UW Remptendorf (Thüringen) zur Demontage der Abgänge Haupt- und Regeltransformator 1 und der Leitung 298 nach Ludersheim im Rahmen der Reparationsleistungen.

Am 5. März 1952 veranlasst die DDR-Regierung die Abtrennung Westberlins innerhalb von wenigen Stunden sowie die Unterbrechung der Elektroenergielieferung aus dem KW Breitenungen zum Überland-

werk Rhön (ÜWR) ohne Vorankündigung.

1954 erfolgt die Trennung des DDR-Verbundnetzes vom BRD-Netz, indem die 110-kV-Leitung Hagenow-Boitzenburg-Bleckede vor der Elbkreuzung durchschnitten und die 110-kV-Leitung KW Harbke-UW Helmstedt sowie die 220-kV-Leitung Magdeburg-Helmstedt jeweils vor der Grenze unterbrochen wurden. Außerdem wurde die „220-kV-Reichssammelschiene“ beim UW Remptendorf getrennt. Das BRD-Netz wurde 1951 Bestandteil der Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie (UCPTE) und das DDR-Netz 1962 Teil des Vereinigten Energiesystems (VES) „Frieden“ des Ostblockes.

Wirtschaft

Immer mehr Städte und Gemeinden beziehen Elektrizität aus der DDR

Beim Strom gibt's keinen Stacheldraht

10 Prozent von „drüben“
 Dies bestätigt auch der Pressesprecher der „Licht- und Kraftwerke Harz“, Manfred Graetsch. In dem Bereich seines Werkes decke die DDR allein zehn Prozent des Strombedarfs und versorge damit knapp 15 000 Bundesbürger in fünf Orten. Den restlichen Strom beziehen die Ostharzer größtenteils von der Preußen-Elektra, die auch die EAM versorgt. Graetsch: „Wir sind mit den zuständigen Stellen in der DDR sehr zufrieden, zumal der Strom aus dem Osten effektiv nahezu zwölf Prozent billiger ist.“

Bild 3: Auszug aus der „HNA“ 18.04.1984

Zwei zwischenzeitliche Projekte aus dem Jahre 1973 und 1974 über den Strombezug Westberlins und der BRD aus dem Steinkohlenkraftwerk Dolna Odra südlich von Stettin (PL) und dem Kernkraftwerk Kaliningrad (Königsberg UdSSR), die vermutlich auch für die DDR-Wirtschaft von großem Nutzen gewesen wären, scheiterten an der Regierung der DDR. So kam es schließlich durch Winterauswirkungen am Neujahrstag 1979 um 15:04 Uhr zur „Schwarzschtaltung“ Thüringens.

Stromlieferung von Ost nach West über die innerdeutsche Grenze

Im Gegensatz zu dieser großen Linie wurde die Stromlieferung von Thüringen in die damalige BRD nie ganz unterbrochen (Bild 3) [8].

Zurückzuführen ist dies auf einen Vertrag des Herrn von Scharfenberg aus dem Jahre 1913 über Lieferung von Strom von den Wasserkraftwerken Falken (Thüringen) und Wanfried (Hessen) zur ÜLZ Mühlhausen. Daraus wurde später ein Liefer-



Bild 4: Distanzschutz RD10, EAW, UW Katharinenberg, 30-kV-Leitung Wanfried

und Rückliefervertrag mit den „Werramühlen Wanfried“. Die Überlandzentrale (ÜLZ) Mühlhausen betrieb über die Landesgrenzen Thüringen-Hessen die 10-kV-Leitungen Döringsdorf-Spinnhütte-Wanfried sowie Großburschla-Altenburschla und das Elektrizitätswerk (EW) Wanfried die 10-kV-Leitung Wanfried-Falken-Mihla.

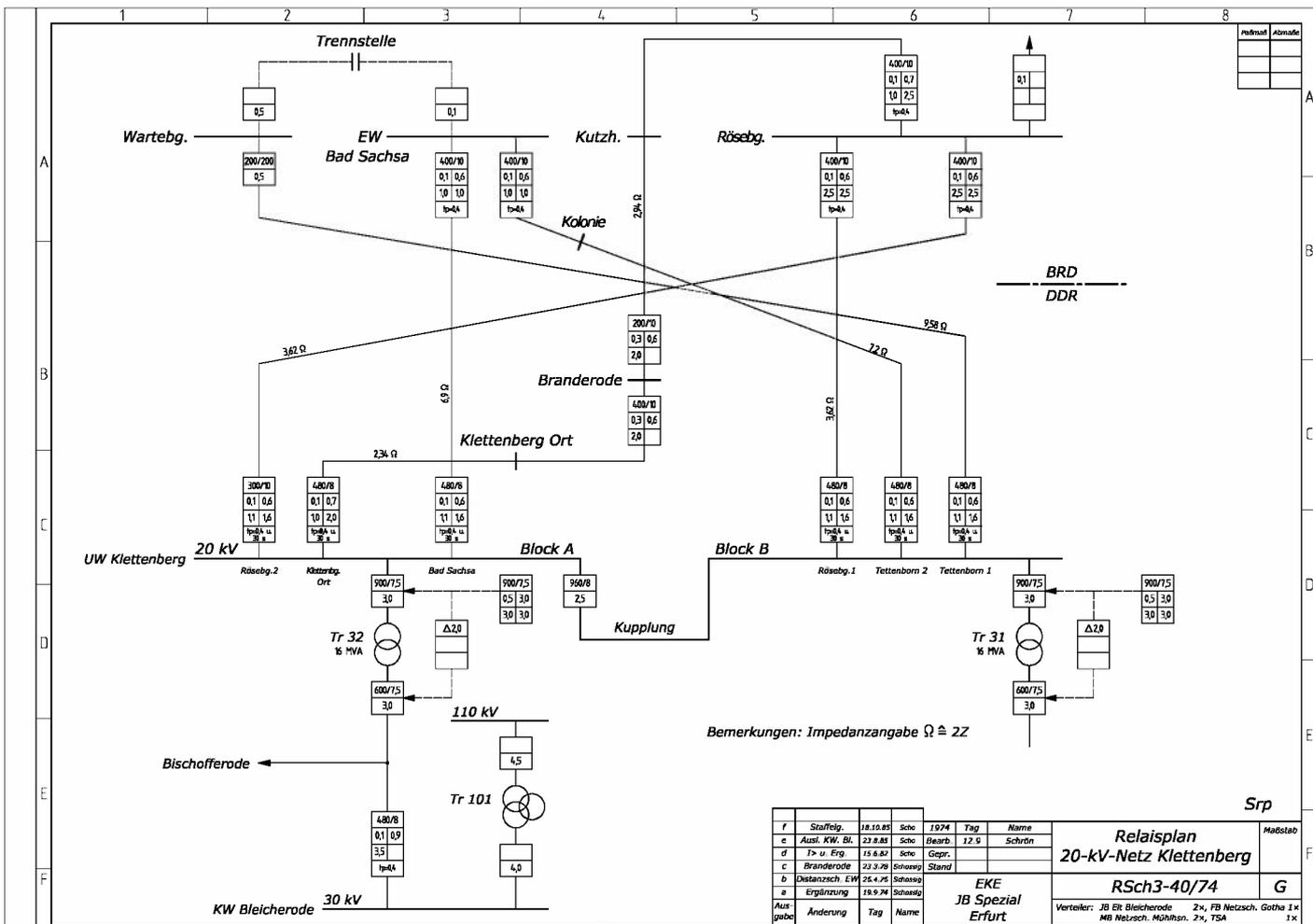


Bild 5: Schutzrelaisplan Westversorgung Klettenberg/Bad Sachsa

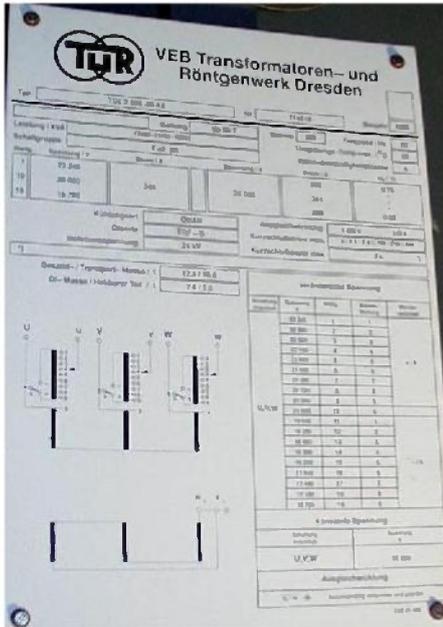


Bild 6: Typenschild, Regeltrato EW Ellrich

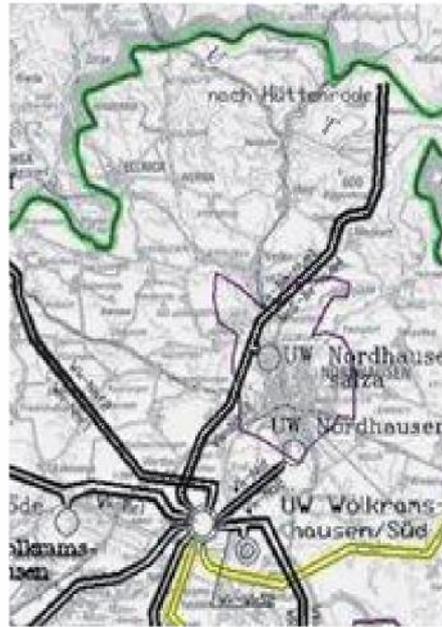


Bild 7: 110-kV-Doppelleitung Wolkrashausen-Neuhof



Bild 8: UW Wolkrashausen, 110-kV-Schaltfeld Neuhof

Als 1952/53 die grenzüberschreitenden Stromversorgungsleitungen außer Betrieb genommen werden, blieben diese Leitungen für den „Energieexport“ bestehen.

Durch das Energiekombinat Erfurt (EKE) wurden 1970 und 1980 zwei 30-kV-Leitungen vom UW Katharinenberg (Thürin-

gen) zum EW Wanfried (Hessen) errichtet (Bild 4).

Im Harz versorgte die EV Bleicherode die Licht- und Kraftwerke Harz (LKH) und das Stadtwerk Bad Sachsa. Diese waren ebenfalls schon vor 1945 Kunden der ÜLZ Bleicherode. Die Versorgung erfolgte nun vom UW Klettenberg (Bild 5 zeigt den

Schutzrelaisplan) und vom EW Ellrich über 10 bzw. 15 und später 20 kV. Im EW Ellrich wird 1983 zur Verbesserung der Spannungsverhältnisse extra ein 23, 24...20...16, 76/20-kV-Regeltransformator, Typ TDL 2500, TuR, 10 MVA, Ya0(d) (Bild 6), zur Speisung von Röseberg (BRD) in Betrieb genommen.

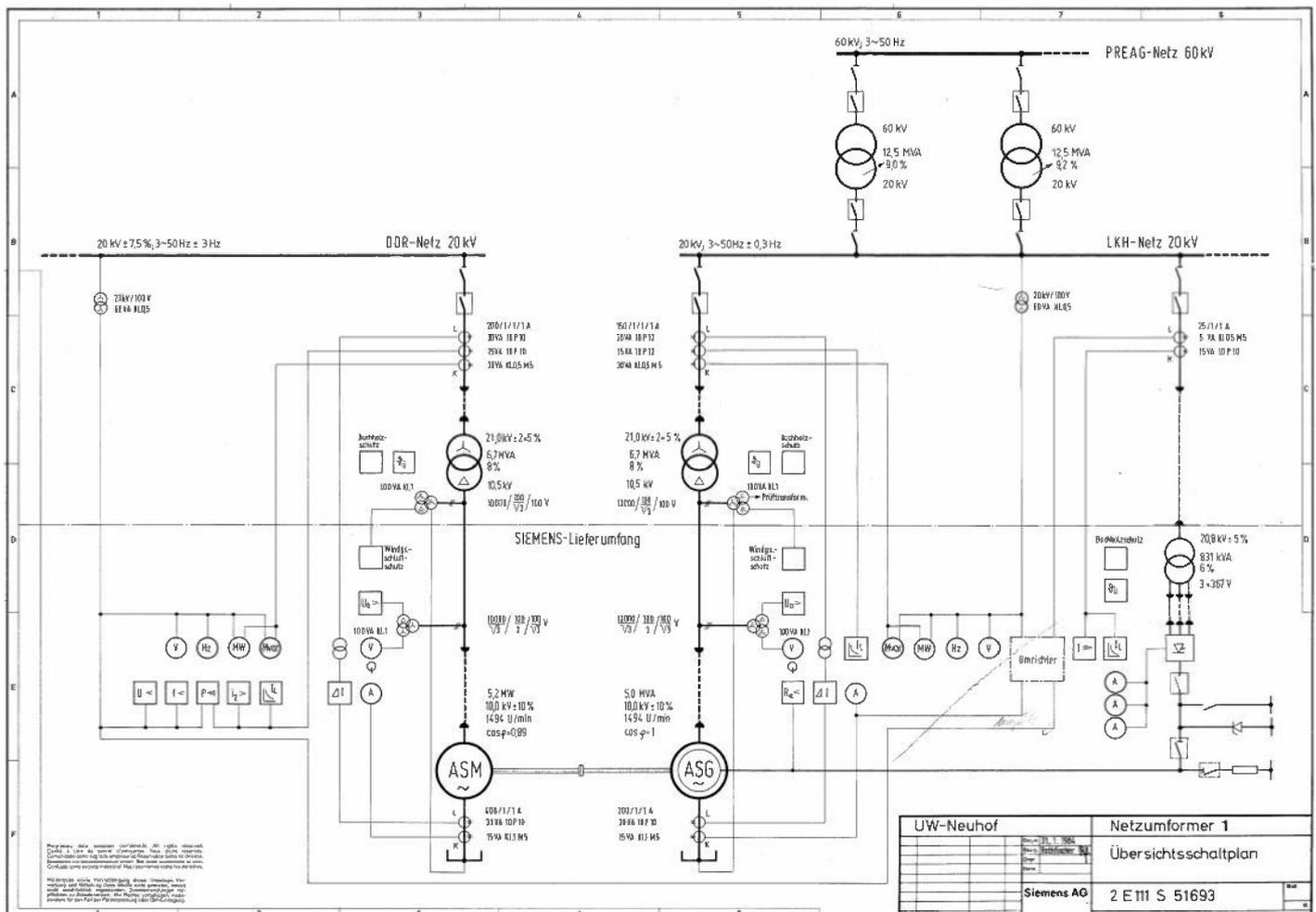


Bild 9: Übersichtsschaltplan Frequenzumformer 1, UW Neuhof

Mit steigender Leistung wurde zusätzlich vom UW Wolkramshausen (Thüringen) zum UW Neuhoof (Niedersachsen) im Jahre 1985 eine 110-kV-Doppelleitung errichtet (Bild 7 und 8) und beim LKH in Neuhoof ein Frequenzrichter, bestehend aus zwei Asynchronmotoren 5,2 MW, Typ 1TF6328 und Asynchrongeneratoren von je 5 MW, Typ 1TT6328, 10 kV und 1494 U/min, der Firma Siemens (Bild 9), aufgestellt, um die Frequenzschwankungen (Bild 10) des osteuropäischen Netzes auszugleichen. Für den Endausbau waren insgesamt 5 Umformer geplant.

Darüber hinaus ist lediglich noch bekannt, dass eine aus der Vorkriegszeit stammende 15-(später 20-)kV-Leitung im Harz von Benneckenstein, Energiekombinat Magdeburg, nach Hohegeiß (LKH) in Niedersachsen speiste. Des Weiteren gab es noch einige 0,4-kV-Verbindungen, wie von Roteshütte (Thüringen) nach Hessen und von der Station Wustung bei Liebau (der Ort Liebau wurde 1975 im Rahmen der „Grenzsicherung“ liquidiert) nach Bayern sowie von Potsdam zu einer Pumpstation in Westberlin.

Diese so genannte „Westversorgung“ besaß für die DDR-Wirtschaft eine hohe Priorität.

Zum einen durften Fehler im BRD-Netz keine Auswirkungen auf das DDR-Netz haben und zum anderen war wegen der für die DDR sehr wichtigen Devisen eine hohe Versorgungszuverlässigkeit gefordert. Die über das BRD-Gebiet verlaufende 110-kV-Doppelleitung vom UW Remptendorf (Thüringen) nach Neuhaus/Schierschnitz (Thüringen) musste stillgelegt und durch eine neu zu bauende 110-kV-Doppelleitung Taubenbach-Sonneberg 1980 ersetzt werden. Zur Verbesserung der Versorgung wurde automatische Spannungsregelung SR166 und Umschaltautomatik RUmN+Rü, BRA im UW Klettenberg und Spannungsregler SR180, BRA im EW Ellrich eingebaut.

Da Material in der DDR immer einen Engpass darstellte, wurde extra eine Störreserve für die Westversorgung vorgehalten. Die Entwicklung der Energielieferungen vom Energiekombinat Erfurt (EKE) in die Bundesrepublik Deutschland von 1951 bis 1989 zeigt Tabelle 1.

Jahr	Energielieferung
1951	ca. 38 GWh
1952	ca. 15 GWh
1955	ca. 15 GWh
1960	ca. 20 GWh
1970	ca. 34 GWh
1980	ca. 70 GWh
1986	ca. 170 GWh
1989	ca. 175 GWh

Tabelle 1: Lieferung EKE an BRD

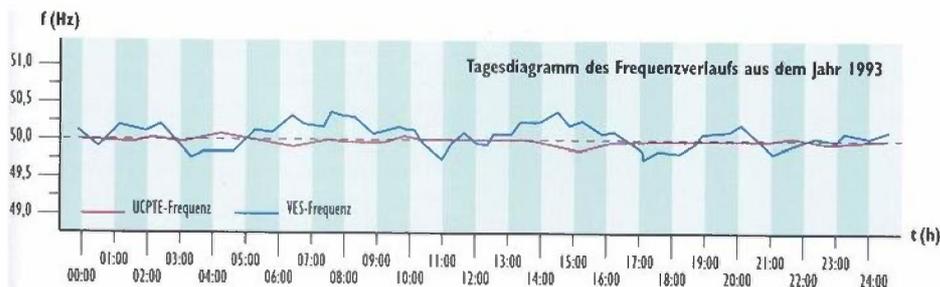


Bild 10: Tagesdiagramm des Frequenzverlaufs aus dem Jahr 1993

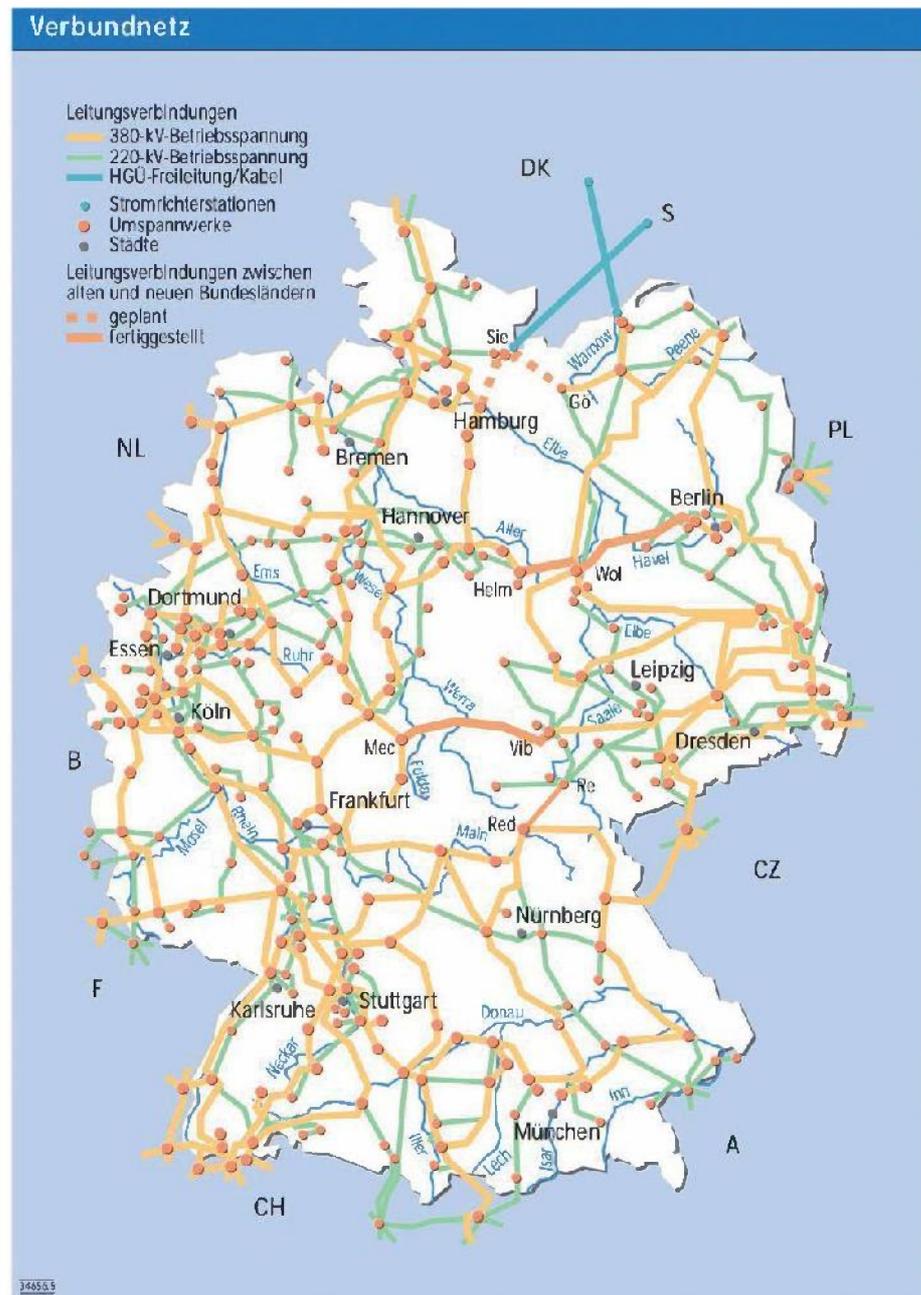


Bild 11: Deutsches Verbundnetz, 50 Hz, Stand: 1. 1. 1996, (Quelle DVG, mod.)

Die Elektrische Wiedervereinigung

Im März 1988 kam es zu einem Vertrag zwischen der PreussenElektra AG, der BEWAG und der DDR-Außenhandlungsgesellschaft INTRAC über den Bau einer 380-kV-Leitung Helmstedt-Wolmirstedt bei Magdeburg-Berlin(West) und der Einrichtung einer Gleichstromkurzkupplung in Wolmirstedt zur Kupplung mit dem 220-

kV-Netz der DDR. Während die Gleichstromkurzkupplung (GKK) durch die Wende gegenstandslos und dessen Bau abgebrochen wurde, stellte die 380-kV-Leitung eine wichtige Verbindung für die Ankopplung des DDR-Netzes und später auch des Netzes der CENTREL-Staaten (Polen, Tschechien, Slowakei, Ungarn) an das UCPE-Netz dar.

Als erster Teilabschnitt des im März 1988 geschlossenen Vertrages geht am 3. Oktober 1989 die 380-kV-Leitung Helmstedt-Wolmirstedt zunächst mit 220 kV für einen Richtbetrieb aus der BRD in die DDR in Betrieb. Nach den 1989 und 1990 eingetretenen Veränderungen war elektrische Leistung im VEAG-Netz frei und diese Leitung wurde unter Einbeziehung eines Systems der 380-kV-Leitung Ragow-Wolmirstedt für einen 220-kV-Richtbetrieb von Blöcken des KW Lübbenau in Richtung Helmstedt benutzt. Dabei wurden die beiden Systeme der Leitung Ragow-Wolmirstedt mit unterschiedlichen Frequenzen betrieben und es konnten Schwebungen auf dem 220-kV-System festgestellt werden.

Im August 1990 wurde der Stromvertrag zwischen der DDR, der Treuhandanstalt, der PreussenElektra, der RWE und der BAG abgeschlossen. Bereits im Oktober/November 1990 erarbeitet die VEAG ein „Arbeitsprogramm zur Vorbereitung und Aufnahme des Verbundbetriebs mit dem DVG/USPTE-Netz“ aus [3][7]. 1992 erfolgt die Inbetriebnahme des neuen Leistungs-Frequenz-Reglers Simatic-S5-Konfiguration mit Bedien- und Anzeigesystem Coros [10] und im Dezember 1993 sind die Voraussetzungen in den Kraftwerken der VEAG, so u.a. Regelfähigkeit nach UCPT-Anforderungen und 520 MW Primär- und 380 MW Sekundärregelleistung, für die Parallelfahrweise mit dem UCPT-Netz abgeschlossen.

Das VES-Netz zerfällt 1993 durch ungenügenden und unkontrollierten Leistungsausgleich in drei Teile, dem Verbundsystem von Ungarn, Polen, Rumänien, Slowakei und Tschechien sowie der VEAG, dem Verbundsystem von Bulgarien, der Ukraine und einem Teil Russlands und das Vereinigte Verbundsystem von Russland mit einem Teil der Ukraine. Am 01.02.1995 erfolgt die Aufnahme des Dauerbetriebes des Projektes „Wartenkomplex HSL“ und „Meldebild“ bei der VEAG, Berlin [9].

Auf den Tag genau 51 Jahren nach der ersten Leitung zwischen Bayern und Mitteldeutschland geht schließlich am 20.12.1991 die 380-kV-Verbindung Redwitz-Remptendorf (zunächst nur mit 220 kV) in Betrieb.

Mit der Fertigstellung der drei 380-kV-Verbindungsleitungen

- Helmstedt (Niedersachsen)-Wolmirstedt (Sachsen-Anhalt)
- Mecklar (Hessen)-Vieselbach (Thüringen) und
- Redwitz (Bayern)-Remptendorf (Thüringen)

und umfangreichen Regelversuchen sowie Nachrüstung von Frequenzsteuereinrichtungen in den Kraftwerken der Vereinigten

Energiewerke AG (jetzt Vattenfall Europe) waren die Voraussetzungen für die Parallelschaltung gegeben (Bild 11). Die Leitung Siems-Görries im Norden war für später geplant und ist inzwischen am 18.12.2012 als 380-kV-Nordleitung zwischen Schwerin und Hamburg in Betrieb gegangen.

Am 01.12.1992 wurde in Berlin über 110-kV-Kabel vom UW Jägerstraße zum UW Mitte eine Verbindung zwischen Ost- und Westberlin geschaffen. Damit wurde der 40 Jahre dauernde Inselbetrieb Westberlins aufgehoben und eine Kupplung mit dem osteuropäischen Netz geschaffen. Am 7.12.1994 wurde dann über die fertiggestellte 380-kV-Leitung UW Reuter-UW Teufelsbruch (BEWAG) – UW Wolmirstedt (VEAG) eine stabile Verbindung in Betrieb genommen. Damit war der über 40 Jahre dauernde Inselbetrieb von West-Berlin ohne Kupplung zum VEAG-Netz offiziell beendet.

Der Bau der 380-kV-Leitung Mecklar-Vieselbach (Bild 12) hatte sich auf hessischem Gebiet erheblich verzögert. Am 8.9.1995 konnte schließlich das unter Spannung setzen dieser Leitung mit Prüfung der Phasengleichheit erfolgen.

Am Mittwoch, dem 13. September 1995, wird um 9:31 Uhr die Inselfaltung des VEAG-Netzes hergestellt. Um 9:34 Uhr wird die Parallelschaltung über die 380-kV-Leitung Helmstedt-Wolmirstedt im UW Helmstedt durch Einschaltung des 380-kV-Kuppelschalters mit dem UCPT-Netz vorgenommen. (Am 1.7.1999 wurde das UCPT-Netz in das UCTE-Netz umbenannt und ist heute Bestandteil des ENTSO-E-Netzes.) Danach erfolgte die Einschaltung der 380-kV-Verbindung Mecklar-Vieselbach und der mit 220 kV betriebenen 380-kV-Leitung Redwitz-Remptendorf.



Bild 12: Leitungen der Wiedervereinigung, Nähe Gotha, 380 kV, 50 Hz u. 110 kV, 16 2/3 Hz“.

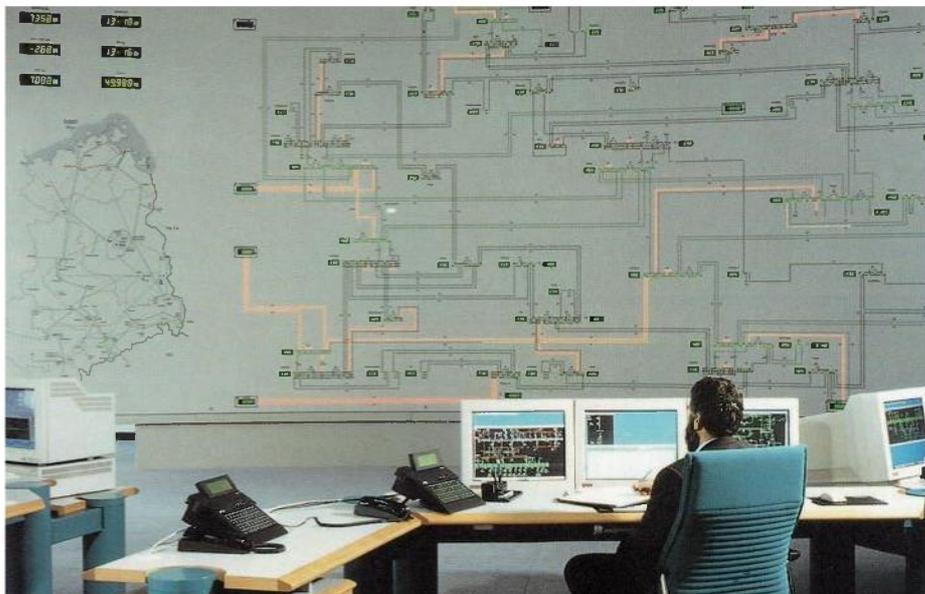


Bild 13: VEAG-Steuerstelle in Berlin



Bild 14: Schutz UW Remptendorf, Abg. Redwitz 253/254, Hauptschutz Distanzrelais PD551 mit AWE-Zusatz RM1-80, AEG und Reserveschutz Leitungsdiff. 7SD512 mit Signalübertragungsgerät SWT2000D, Siemens

Somit war die „Elektrische Wiedervereinigung Deutschlands“ vollzogen. Bild 13 zeigt die zentrale Steuerstelle der VEAG in Berlin und Bild 14 die Schutztafeln im UW Remptendorf, 220(380)-kV-Abgang Redwitz 253 und 254.

Fünf Wochen später folgen die CENTREL-Staaten. Vorrangig waren am 29./30.09.1993 Testversuche zum Parallelbetrieb und im Mai 1994 eine durchgängige Inbetriebnahme der Primärregelung in den Kraftwerken von CENTREL und VEAG. In der Sitzung der UCPTA Ad-hoc Gruppe Ost/West-Verbundbetrieb („Exekutivkreis“) zu Fragen des Anschlusses des CENTREL an das UCPTA-Netz am 13.05.1994 wird als Ziel der Parallelschaltung noch das Jahr 1997 angestrebt. Vom 15.-29.09.1995 führen die CENTREL-Partner erfolgreich den mit der UCPTA vereinbarten Betriebsversuch „Inselbetrieb“ durch. Die Vollversammlung der UCPTA stimmt am 28.09.1995 dem Anschluss des CENTREL-Netzes zu. Bereits am 18.10.1995 um 12:30 Uhr wird eine probeweise Parallelschaltung des CENTREL-Netzes mit dem UCPTA-Netz über die 380-kV-Leitungen Röhrsdorf, VEAG – Hradec, CEZ (CZ) und Kiesdorf-Mikulowa (PL) sowie die 220-kV-Leitungen Vierraden-Krajnik (PL) und später Umgehungsschiene GKK Etzenricht mit Zuschaltung in Hradec (CZ) vorgenommen. Somit wird von Spanien bis Polen und nach der Resynchronisierung der UCPTA-Südost-Europa-Netzzone im Jahr 2004 ein synchrones 50-Hz-System, dem heutigen Verbundnetz Regional Group Continental Europe, RG CE, der ENTSO-E betrieben. Desweiteren gehören dazu die Netze von Marokko, Algerien und Libyen (1997) und Türkei (2010) als weit über die Grenzen der ENTSO-E hinausgehender synchroner Frequenzbereich (Trans European Synchronously Interconnected System/ TESIS). Als weitere Stütze dienen die HGÜ-Verbindungen zur skandinavischen RG Nordic

„BALTIC CABLE“ (D-S), „KONTEK“ (D-DK), „SKAGERRAK“ (DK-N) und „SWEPOL“ (S-PL) sowie die Ärmelkanalverbindung (F-UK) zur RG UK. Die bisher dem Energieaustausch Ost-West dienenden GKK Etzenricht (D-CZ), Dürrrohr (A-CZ) und Wien-Südost (A-H) gingen außer Betrieb.

Die Parallelschaltung der 110-kV-16 2/3-Hz-Bahnnetze der ehemaligen Deutschen Bundesbahn (BRD), DB und der ehemaligen Deutschen Reichsbahn (DDR), DR, war schon am 14.3.1995 um 15:06 Uhr über die Leitung Lehrte (Niedersachsen) – Heeren (Sachsen-Anhalt) erfolgt. Der erste Synchronisierungsversuch war bereits um 13:28 Uhr gelungen [4][5].

Damit waren erstmalig nach ebenfalls 50 Jahren der Trennung die 110-kV-Bahnenergienetze wieder verbunden (Bild 15). Die Inbetriebnahme der Bahnstromleitung von der thüringischen Landesgrenze bei Eisenach bis nach Bebra erfolgte am 29.2.1996 und am 23.6.2001 wurde mit der dritten Leitung Saalfeld-Weimar zwi-

schen alten und neuen Bundesländern die Versorgungszuverlässigkeit im 110-kV-Bahnnetz weiter gesteigert. Bei der Trassenauswahl wurde dem Prinzip entsprochen, Energieversorgungsleitungen zu bündeln. Die 110-kV-Bahnstromleitungen verlaufen – soweit möglich – parallel zur 380-kV-Drehstromleitung und an der Landesgrenze Hessen-Thüringen sogar auf einem gemeinsamen Gestänge. Mit dem Verbund der Österreichischen Bundesbahnen stellt das 110-kV-Netz DB/ÖBB auf Grund der Stromkreislänge von 21.000 km und der flächenmäßigen Ausdehnung das größte, gelösch betriebene Hochspannungsnetz der Welt dar.

Ein sicherer und zuverlässiger Betrieb eines Verbundnetzes ist vom korrekten und konformen Zusammenspiel aller Übertragungsnetzbetreiber abhängig. Spezielle Vorkehrungen, Spielregeln und Schutzmechanismen dienen dazu, dass eine Kaskadierung von Grossstörungen vermieden wird. Der ENTSO-E-Verbund ermöglicht einen wirtschaftlichen Netzbetrieb und



Bild 15: 110-kV-Bahnnetz, 16 2/3 Hz, Stand 01.09.1996 [5]

bildet somit das Rückrat für eine zuverlässige Versorgung. Die Deutschen Übertragungsnetzbetreiber sind zusammen mit ihren europäischen Partnern der Garant dafür.

Literatur

- [1] Schnug, A.; Fleischer, L.: Bausteine für Stromeuropa. Eine Chronik des elektrischen Verbunds in Deutschland. 50 Jahre Deutsche Verbundgesellschaft. Deutsche Verbundgesellschaft e.V., Heidelberg 1999
- [2] Wessel, H.A. (Hrsg.), Glaunsinger, W.; Elsner, M.; Döring, P.; Horstmann, T.; Trocka-Hülsken, I.; Herzig, T.; Seifert, P.; Pundt, H.; Swietly, cE.A. u.a.: Demontage, Enteignung, Wiederaufbau. Teil 2, Ausg. 2002, Band 17, Geschichte der Elektrotechnik, VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach
- [3] Tillmann, H.-B.: Anschluß des VEAG-Netzes sowie des CENTREL-Netzes an das UCPT-Verbundnetz. VDI Berichte Nr. 1245 (1996), S. 317-329
- [4] Jergas, E.; Schaarschmidt, J.: Bahnenergie-Hochspannungsnetz der Deutschen Bahn. Elektrische Bahnen eb 93(1995)9/10, 300-302
- [5] Nießen, M.; Schaarschmidt, J.: Elektrischer Betrieb bei der Deutschen Bahn im Jahre 1996. Elektrische Bahnen eb 95(1997)1/2, 3-11
- [6] Lehmhaus, F.: Von Miesbach-München 1882 zum Strom-Verbundnetz. Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte 51(1983)3, R. Oldenburg Verlag, München 1983
- [7] VEAG verbindet: Elektrische Wiedervereinigung 1995. VEAG Vereinigte Energiewerke AG, Berlin, VEAG II/95
- [8] Neuhaus, S.; Rauchhaus, H.; Schossig, W.: Die Rolle Thüringens bei der elektrischen Vereinigung, Trennung und Wiedervereinigung Deutschlands. In: Strom ohne Grenzen, S. 123-197, Reihe Geschichte der Elektrotechnik, Bd.23, Berlin • Offenbach, VDE VERLAG, 2008
- [9] Berndt, D.; Fähmann, G.; Benke, H.-W.; Specht, B.; Scheibner, G.; Röllinger, H.; Blotevogel, K.; Monschau, H.; Zwerschke, F.: Erneuerte Leittechnik der Veag-Hauptschaltleitung/Lastverteilung im Dauerbetrieb. Elektrizitätswirtschaft 95(1996)21, S.1385-1397
- [10] Berndt, D.; Penner, W.: Neuer Leistungs-Frequenz-Regler beim ÜNB Vattenfall Europa Transmission. ew 104(2005)7, S.20-25