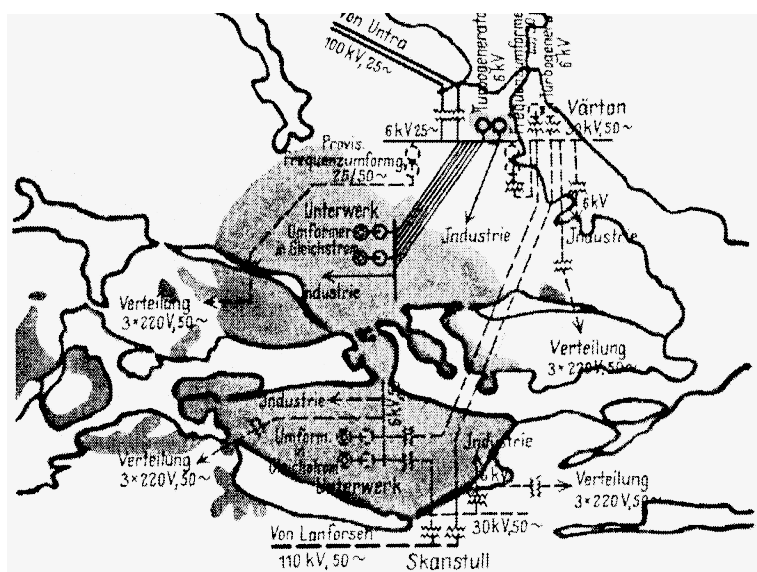




Kupplung des neuen 50-Hz-Systems mit dem 25-Hz-Netz über Synchronumformer in Värmland, Schweden

Generatoren-Konstruktion, Motoren und Umformern. 1894 untersuchte Emil Kolben den Frequenzbereich von zehn bis 140 Hz und benennt Frequenzen 50–60 Hz für die Elektroenergieversorgung als optimal.

In Nordamerika berechnete Tesla 60 Hz als günstigste Frequenz, und in Europa setzten sich die Schweizer Maschinenfabrik Oerlikon MFO und AEG für 50 Hz ein, weil vermutlich 60 nicht in die metrische Standardfolge 1, 2, 5 passte. In Nordamerika, einem Teil Südamerikas und einigen Ländern Asiens gilt 60 Hz als Standard.

Im Jahr 1902 nahm der VDE in den Maschinennormalen als Empfehlung 25 oder 50 Hz auf. In der Ausgabe 1912 wird empfohlen, dass für Neuanlagen und Preislisten 50 Hz gelten soll. In einigen Ländern waren noch lange von den Standardwerten abweichende Frequenzen vorhanden. So erfolgte – als 1919 in Frankreich die Normfrequenz von 50 Hz durch einen Ministerialerlass gesetzlich vorgeschrieben wurde – die Stromversorgung der Pariser Gebiete (innere Stadt + nähere Umgebung) mit folgenden Frequenzen (bezogen auf Gesamtverbrauch):

- 37,7 Prozent mit 41 2/3 Hz (Zweiphasennetz der C. P. D. E. für innere Stadt, Société Nord-Est für das nordöstliche Vorortgebiet)

Der Pulsschlag des Netzes

DIE NETZFREQUENZ IN STARKSTROMANLAGEN



Axel-Rainer Porsch war Störungsingenieur bei der Netzfürsorge der TEAG, Thüringer Energie AG.

Fachkollegen aus den verschiedenen Sparten der Elektrizitätswirtschaft beschäftigten sich seit 1997 mit der geschichtlichen Aufarbeitung der Energiewirtschaft für den Thüringer Raum – von den Anfängen bis heute.

PORSCH UND SCHOSSIG



Walter Schossig war Ingenieur für Relaischutz bei der TEAG, Thüringer Energie AG.

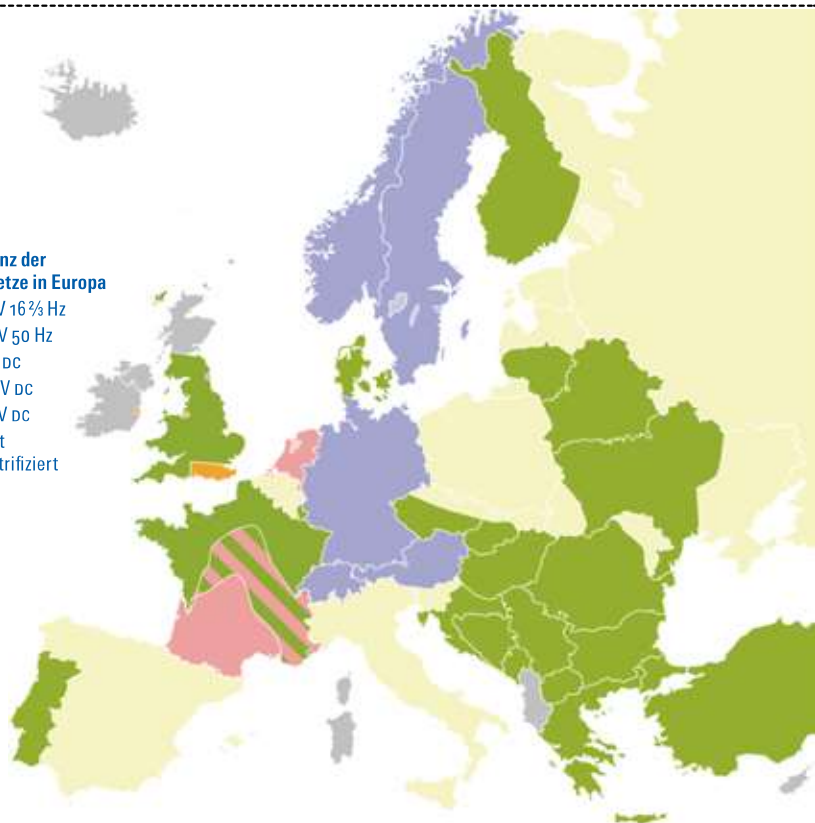
Der Prozess zu 50 Hz war mühsam und erstreckte sich über drei Jahrzehnte. Die Anfänge sind in der Tabelle zusammengestellt. Den Begriff »Frequenz« kannte man zunächst nicht, sondern drückte es aus mit »Zahl von Wechsels in der Minute« (*alternations per minute*), später »volle Perioden je Sekunde« (*cycles per second*), zuweilen ergänzt mit dem Schlangensymbol »~« der Sinuskurve. In Deutschland wurde zu Ehren von Heinrich Hertz die Einheit »Hz« eingeführt und nach Widerständen dieser ab etwa 1933 auch international zugestimmt.

Zur Zeit der Erstanwendungen gab es noch keine Induktionsmotoren, keine elektrische Kraftübertra-

gung und keinen Generatorparallelbetrieb. Hohe Frequenzen waren günstig für das Gewicht von Transformatoren, aber ungünstig bei der

Frequenz der Bahnnetze in Europa

- 15 kV 16 2/3 Hz
- 25 kV 50 Hz
- 3 kV DC
- 1,5 kV DC
- 750 V DC
- nicht elektrifiziert



- 34,7 Prozent mit 25 Hz (Soc. d'Électricité de Paris und Soc. Triphasé)
- 17,6 Prozent mit 50 Hz (Société Est-Lumière im östlichen Versorgungsgebiet)
- 10 Prozent mit 53 ½ Hz (Société Quest-Lumière im westlichen Versorgungsgebiet).

In Schweden wurde in einem Gutachten hinzugezogener Sachverständiger der Übergang auf 50 Hz empfohlen und in Värtan ein Umformer für die Kupplung der 50- und 25-Hz-Netze aufgestellt.

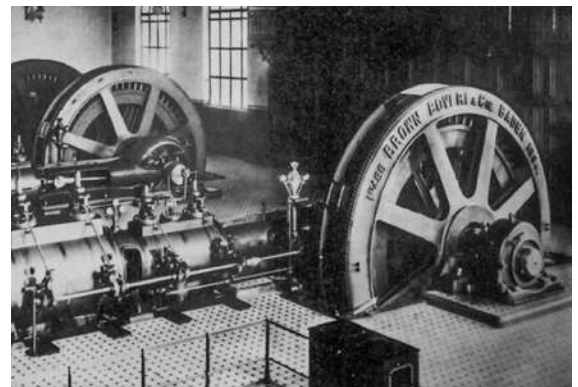
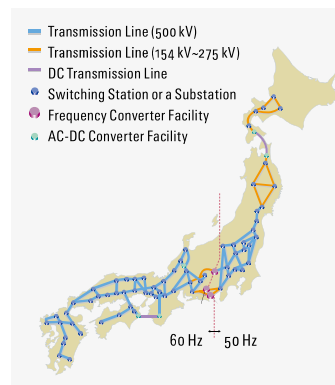
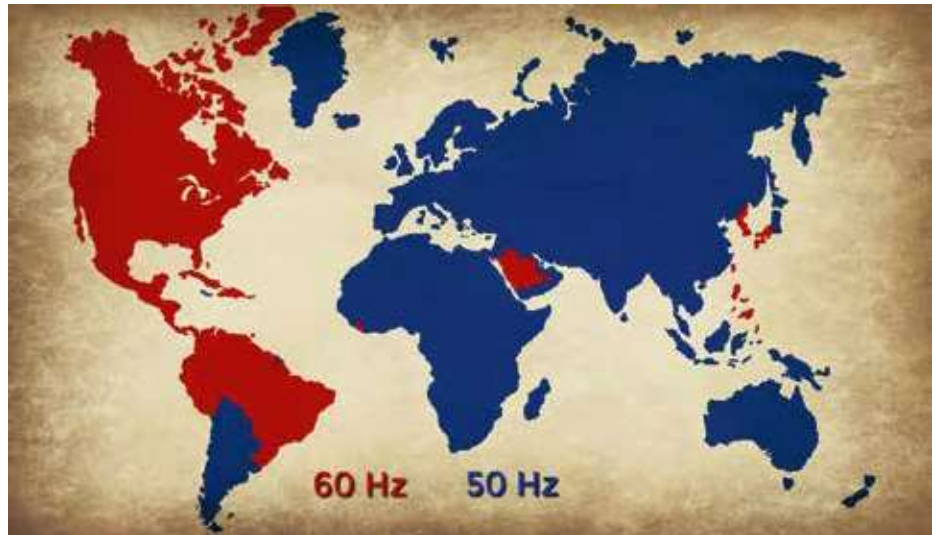
In Japan hatte inzwischen 1896 die AEG im Kraftwerk Tokyo sechs Drehstromgeneratoren je 265 kW, 50 Hz und 1897 die General Electric im Kraftwerk Osaka fünf einphasige 150-kW-Generatoren, 60 Hz, installiert. Um einen Energieaustausch zwischen den dann entstandenen Inselnetzen zu ermöglichen, wurde 1965 in Sakuma die erste Gleichstromkurzkupplung (GKK) errichtet.

Die Netzfrequenz ist ein Qualitäts- und Stabilitätsmerkmal. Für ENTSO-E, Central Europa, gilt 50 Hz mit einem Normal-Regelbereich von ± 200 mHz.

Die preußisch-hessische, die bayrische und die badische Staatsbahnverwaltung schließen 1912/13 das »Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung« mit einer einheitlichen Fahrleitungsspannung 15 kV, 16 ⅔ Hz ab. In Abstimmung zwischen DB, SBB und ÖBB wird 1995 die Bahnfrequenz aus technischen Gründen (um den Bürstenverschleiß der Umformanlage zu optimieren) um 0,2 Hz auf 16,70 Hz erhöht.

Wenn allerdings von einem 16,7-Hz-Netz gesprochen wird, ist das unter Fachleuten umstritten. Bei der Überarbeitung IEC 60038 Nennspannungen 2002 und 2011 wurde die Nenngröße 16 ⅔ Hz beibehalten. In den Mittelspannungsnetzen wird auch die Betriebsspannung höher als die Nennspannung gefahren, und keiner kommt auf die Idee, von – zum Beispiel – einem 21-kV-Netz zu sprechen.

Einen groben Überblick über die weltweit in den Übertragungs- und Verteilnetzen und den Europäischen Bahnnetzen verwendeten Frequenzen geben die Abbildungen.



Netzfrequenz der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber, weltweit
BILD OBEN

Frequenzgebiete in Japan mit Gleichstrom-Kurzkupplung (GKK)
BILD MITTE

Einphasen-Wechselstromgenerator in Frankfurt am Main, 750-PS-Dampfdynamo mit 64 Polen bei 85 U/min, 45 ⅓ Hz
BILD RECHTS



Weitere Informationen zur Geschichte der Energieversorgung finden Sie unter www.ak-stromgeschichte-thuerings.de bzw. unter www.walter-schossig.de – oder scannen Sie einfach den QR-Code.

ANWENDUNG

JAHR

TECHN. DATEN

FREQUENZ

Westinghouse	1886	Ws-Generator	133 ⅓ Hz
Turin-Lanzo	1884	20 kW, 2.000 V	133 Hz
Haselwander	1887	Ds-Synch.-Gen, 100 V	32 Hz
Lauffen-Frankfurt	1891	Ds-Übertr, 15 kV	40 Hz
Limmatkraftwerk	1892	150 kW, 1 kV, Ws	40 Hz
Frankfurt/Main	1893	2 kV, Ws	45,3 Hz
wkw Neumühle Cassel	1890	2,2 kW, Ws	70 Hz
Bad Reichenhall	1890	198 kW, 2 kV, Ws	62,5 Hz
wkw Lauffen	1891	210 kW	40 Hz
wkw Treis/Mosel	1891	16 kW, 1.000/100 V	50 Hz
wkw Landsberg/Lech	1891	77 kW, Ws	60 Hz
dkw Köln	1891	1.280 kW, Ws	50 Hz
wkw Lindenberg/Allgäu	1892	180 kW	65 Hz
wkw Fürstenfeldbruck	1892	76 kW	40 Hz
BKW Burghausen/Salzach	1892	25 kW	65 Hz
dkw Westerland	1892	80 kW	50 Hz
wkw St. Blasien	1893	80 kW	50 Hz
Weltausstellung Chicago	1893	300 PS	30 Hz
dkw Rückenbach	1893	72 kW	65 Hz
wkw und dkw Partenkirchen	1893	120 kW	65 Hz
Wellsjön-Grängesberg (S)	1893	95 kV, Ds-Übertragung	70 Hz