



Basics of Electrical Power Generation Energie transport



Stand: 2011
1 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

GE Global Research
Freisinger Landstrasse 50
85748 Garching
kontakt@reg-energien.de

Inhalte

1. Wechselspannung
2. Energienetz

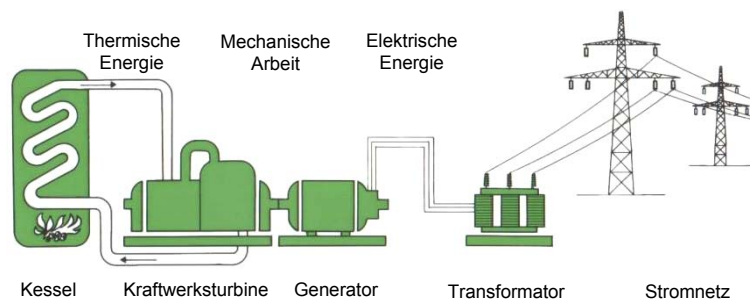
Stand: 2011
2 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Wechselspannung

Schema der Energieerzeugung

- Im konventionellen Kraftwerk wird thermische Energie in mechanische Arbeit umgewandelt.
- Aus mechanischer Arbeit macht ein Generator elektrisch Energie
- Die Einspeisung von elektrischer Energie erfolgt über Transformatoren in das „Stromnetz“



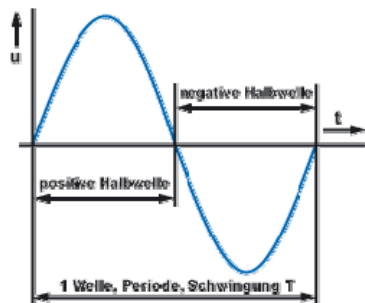
Stand: 2011
4 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Wechselspannungen

Wechselspannung:

- Spannung, deren Polarität regelmäßig wechselt
- Bekannteste Form: Sinusförmige Wechselspannung

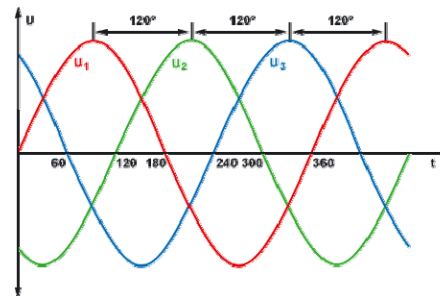


Stand: 2011
5 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Dreiphasenwechselspannung:

- Erzeugt Dreiphasenwechselstrom (ugs. Drehstrom)
- Sie besteht aus drei Wechselspannungen mit 120° Phasenunterschied



Source: <http://www.elektronik-kompodium.de>

Dreiphasenwechselspannung

$$U_1 = \hat{U} \cos \varphi \quad I_1 = \hat{I} \cos \varphi$$

$$U_2 = \hat{U} \cos \varphi \quad I_2 = \hat{I} \cos \varphi$$

$$U_3 = \hat{U} \cos \varphi \quad I_3 = \hat{I} \cos \varphi$$

$$P = U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left[\cos^2 \varphi + \cos^2 \left(\varphi + \frac{2\pi}{3} \right) + \cos^2 \left(\varphi + \frac{4\pi}{3} \right) \right]$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left\{ \frac{1}{2} (1 + \cos 2\varphi) + \frac{1}{2} \left[1 + \cos 2 \left(\varphi + \frac{2\pi}{3} \right) \right] + \frac{1}{2} \left[1 + \cos 2 \left(\varphi + \frac{4\pi}{3} \right) \right] \right\}$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left\{ \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi + \frac{1}{2} \cos 2 \left(\varphi + \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{2} \cos 2 \left(\varphi + \frac{4\pi}{3} \right) \right\}$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left\{ \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi + \frac{1}{2} \cos 2\varphi \cos \frac{4\pi}{3} - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin \frac{4\pi}{3} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi \cos \frac{8\pi}{3} - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin \frac{8\pi}{3} \right\}$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left\{ \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi + \frac{1}{2} \cos 2\varphi \cos \frac{4\pi}{3} - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin \frac{4\pi}{3} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi \cos \frac{8\pi}{3} - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin \frac{8\pi}{3} \right\}$$

$$P = \hat{U} \hat{I} \left\{ \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\varphi - \frac{1}{4} \cos 2\varphi + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2\varphi - \frac{1}{4} \cos 2\varphi - \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2\varphi \right\}$$

$$P = \frac{3}{2} \hat{U} \hat{I} = \text{const.}$$

Es gilt:

$$P = U \cdot I$$

$$P = \hat{U} \cos \varphi \cdot \hat{I} \cos \varphi$$

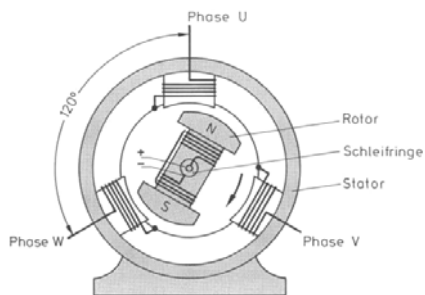
$$P = \hat{U} \cdot \hat{I} \cos^2 \varphi$$

► Gleichbleibende Leistung, trotz sich ändernder Spannungen & Ströme

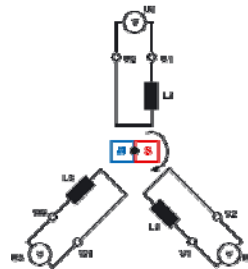
Generator

- Generatoren erzeugen Wechselspannung
- Durch Drehung des Rotors (Konstantmagnet) wird in den Spulen U V W ein Wechselstrom induziert
- Die Spulen sind in einem Winkel von 120° angeordnet \rightarrow Dreiphasenwechselspannung

Aufbau:



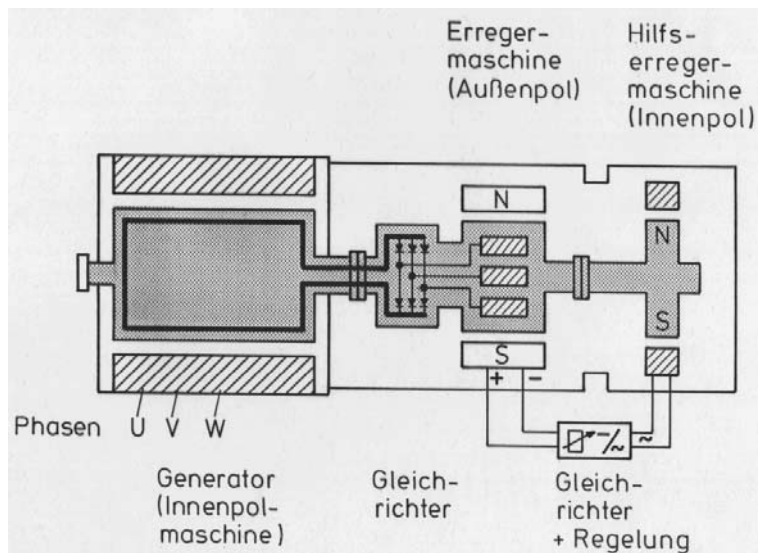
Ersatzschaltung:



Stand: 2011
7 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Generatorkonstruktion: mehrstufig



Stand: 2011
8 / 19

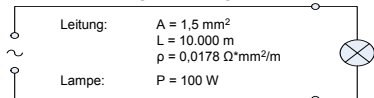
Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Energienetze

Verluste beim Energietransport

1) Bekannte Zusammenhänge: $U = R \cdot I$ $R_L = \rho \frac{L}{A}$ $P = U \cdot I$ $P = R \cdot I^2$

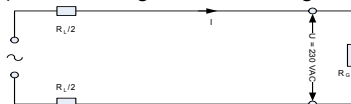
2) Berechnung Leitungswiderstand und benötigte Stromstärke:



$$R_L = 0,0178 \cdot 2 \frac{10.000}{1,5} \Omega = 237 \Omega$$

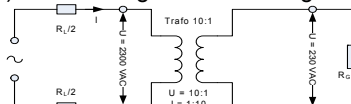
$$I = \frac{P}{U} = \frac{100W}{230V} = 0,43A$$

3) Berechnung Verlustleistung:



$$P_V = R_L I^2 = 237 \cdot 0,43^2 = 45W$$

4) Berechnung Verlustleistung nach Transformation:



$$I = \frac{P}{U} = \frac{100W}{2.300V} = 0,043A$$

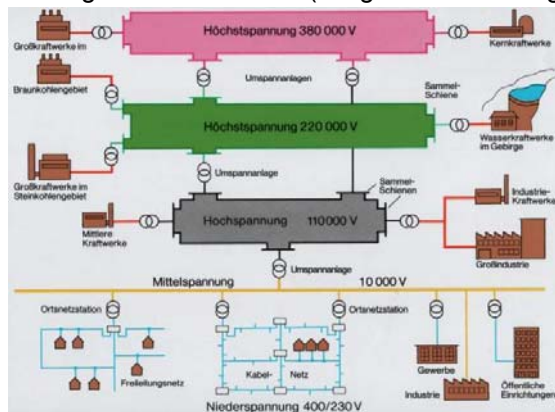
$$P_V = R_L I^2 = 237 \cdot 0,43^2 = 0,45W$$

Verluste abhängig von Stromstärke (I) und Leitungswiderstand (R)

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Energietransport

- Der Energietransport erfolgt über Transportnetze (Höchst- und Hochspannung) und Verteilnetze (Niederspannung)
- Geringe Transportverluste werden durch hohe Spannung und niedrigen Strom erreicht (bei gleicher Leistung)

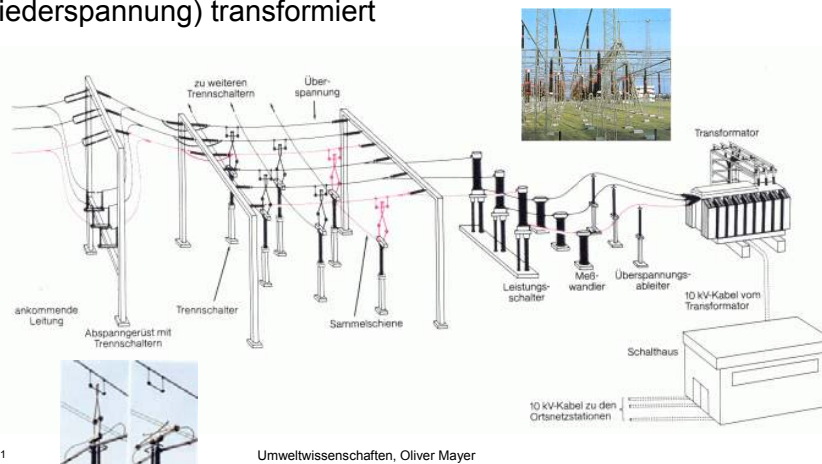


Stand: 2011
11 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Umspannwerke (Trafostationen)

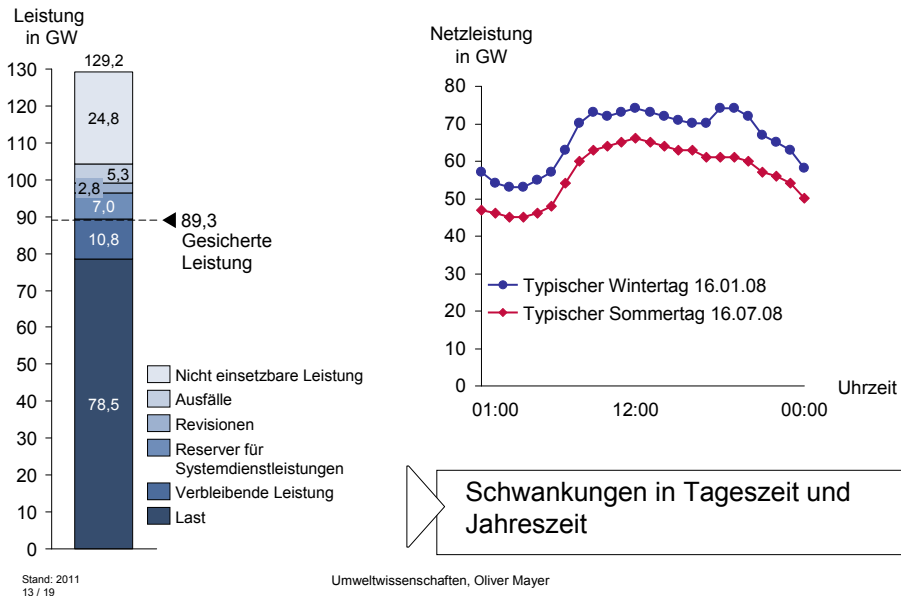
- Umspannwerke sind die Knotenpunkte im Stromnetz
- Elektrizität des regionalen Verteilnetzes (10 bis 36 kV Mittelspannung), wird auf die Ortsnetzspannung (400 / 230 V Niederspannung) transformiert



Stand: 2011
12 / 19

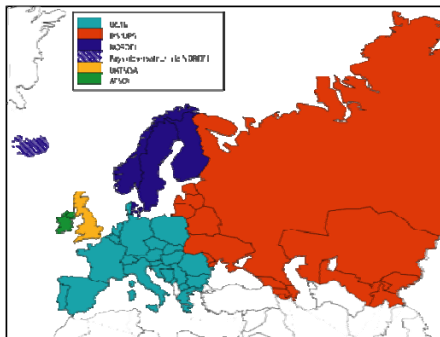
Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Netzbelastung in Deutschland



UTCE*-Netz

- Das UTCE-Netz stellt die Verknüpfung zwischen überregionaler, regionaler und lokaler Energieversorgung dar
- Das europäische Verbundsystem ist ein europaweites engmaschiges Netz aus Hoch- und Höchstspannungs-Leitungen zur Stromverteilung
- Es existieren in Europa mehrere solche Verbundsysteme



Vorteil Verbundsystem:
Schwankungen können erheblich besser ausgeglichen werden als wenn jedes Land ein eigenes autarkes Netz betreiben würde

Stand: 2011
14 / 19

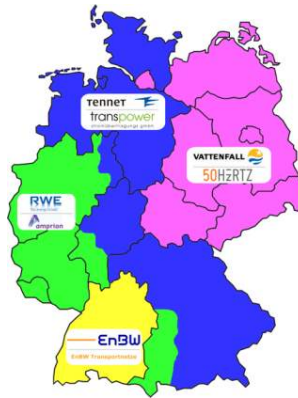
*UTCE: Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity
Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Versorgung in Deutschland

- Es gibt vier Haupt-Netzbetreiber
- Alle sind Mitglieder im UCTE und somit auch am europäischen Verbundsystem beteiligt
- Das deutsche Stromnetz ist ca. 1,6 Mio. km lang
- Ca. 71% sind unterirdisch verlegt (2003)

Die Aufgaben der Netzbetreiber ist folgende Qualitätsmerkmale zu gewährleisten:

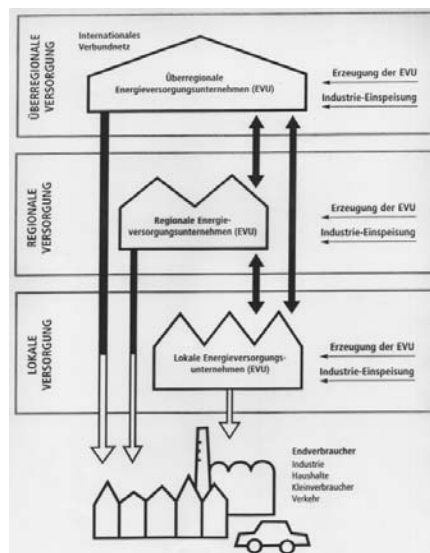
- Versorgungszuverlässigkeit
- Spannungsgüte
- Frequenzqualität
- Energiemix



Stand: 2011
15 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

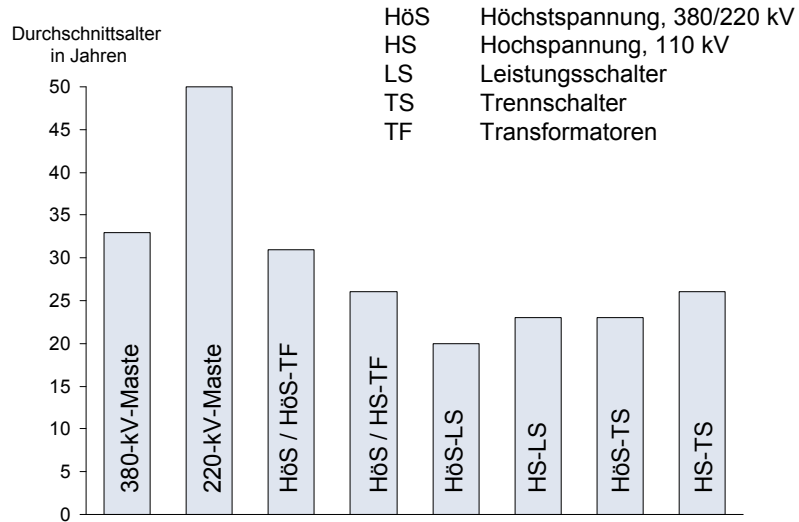
Struktur der Energieversorger



Stand: 2011
16 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

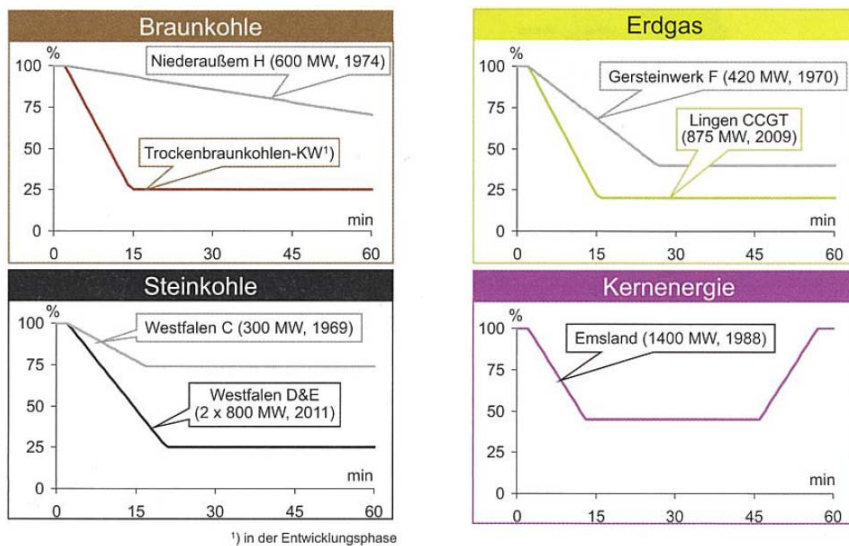
Alter der Stromnetze



Stand: 2011
17 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Regelung der Kraftwerke



Stand: 2011
18 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Zusammenfassung

- Verwendung von Wechselspannungen im E-Netz
- Erzeugung durch Generatoren
- Elektrische Transportverluste abhängig von Stromstärke (I) und Leitungswiderstand (R)
- Transformation: Hohe Spannung, niedriger Strom
→ geringere Transportverluste
- Leistungsschwankungen werden durch Verbundnetze ausgeglichen
- 4 Netzbetreiber in Deutschland

Stand: 2011
19 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Frei

Stand: 2011
20 / 19

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer