

ENERGIEVERSORGUNGSNETZE EINFÜHRUNG

Dipl. Ing. (FH) Matthias Düerkop
Oktober 2024

- Umrechnungsfaktoren zwischen verschiedenen Energieeinheiten

Quelle: Quaschnig: Regenerative Energiesysteme.

	kJ	kcal	kWh	kg SKE	kg RÖE	m³ Erdgas
1 Kilojoule (1 kJ = 1000 Ws)	1	0,2388	0,000278	0,000034	0,000024	0,000032
1 Kilocalorie (kcal)	4,1868	1	0,001163	0,000143	0,0001	0,00013
1 Kilowattstunde (kWh)	3.600	860	1	0,123	0,086	0,113
1 kg Steinkohleeinheit (SKE)	29.308	7.000	8,14	1	0,7	0,923
1 kg Rohöleeinheit (RÖE)	41.868	10.000	11,63	1,428	1	1,319
1 m³ Erdgas	31.736	7.580	8,816	1,083	0,758	1

- Vorsätze und Vorsatzzeichen

Quelle: Quaschnig: Regenerative Energiesysteme.

Vorsatz	Abkürzung	Wert	Vorsatz	Abkürzung	Wert
Kilo	k	10 ³ (Tausend)	Milli	m	10 ⁻³ (Tausendstel)
Mega	M	10 ⁶ (Million)	Mikro	μ	10 ⁻⁶ (Millionstel)
Giga	G	10 ⁹ (Milliarde)	Nano	n	10 ⁻⁹ (Milliardenstel)
Tera	T	10 ¹² (Billion)	Piko	p	10 ⁻¹² (Billionstel)
Peta	P	10 ¹⁵ (Billiarde)	Femto	f	10 ⁻¹⁵ (Billiardenstel)
Exa	E	10 ¹⁸ (Trillion)	Atto	a	10 ⁻¹⁸ (Trillionstel)

- Gleich-/Wechselstrom in der el. Energieübertragung

- Gleichstrom:

Vorteile: - Es wird nur Wirkleistung übertragen

- kein Skineffekt

- keine Begrenzung der Leitungslänge durch a) den kapazitiven Ladestrom oder

b) den Ferranti-Effekt = Spannung steigt am Ende der Leitung (Stichleitung)

- Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) bei $U > \pm 500 \text{ kV}$:
Übertragungsverluste ca. 3% pro 1000km

Nachteile: - nicht transformierbar

- Gleichstrom lässt sich schlecht abschalten

- Gleichrichtung oder Erzeugung hoher Spannung ist mit Aufwand verbunden

- Wechselstrom:

Vorteile: - transformierbar

- Abschaltung: Unterbrechung im Strom-Nulldurchgang

Nachteile: - Blindleistung erhöht die Leitungsverluste

- Die Leitungslänge ist begrenzt

- Drehstrom:

Vorteile: - Für die dreifache Übertragungsleistung sind nur 3 Leiter erforderlich

(gegenüber 6 Leitern bei Gleich-/Wechselstrom [gleiche Übertragungsleistung]).

- Die Summe der 3 Leistungen ist zeitlich konstant.

- mit 4. Leitern stehen 2 verschiedene Spannungen zur Verfügung.

Vergleich Energieübertragungsfähigkeit

gut

■ Rohölpipeline >



■ Erdgaspipeline >>

2 AKW oder Stadt mit 2,6 Mio Menschen
↑

■ HÖS-Netz (D: 380 kV, 4000 A -> 2.600 MVA), typisches 4-er Bündel (Freileitung)

▼ ■ HGÜ (D: 1.050 kV, 2000 MW -> ca. 1.900 A), Kabeldurchmesser ca. 15 cm (Einleiterkabel)

Schlecht

Schaltung	U_{str}	I_{str}	Scheinleistung
	$U_\lambda = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$I_\lambda = I$	$S = 3 \cdot U_\lambda \cdot I_\lambda = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$
	$U_\Delta = U$	$I_\Delta = \frac{I}{\sqrt{3}}$	$S = 3 \cdot U_\Delta \cdot I_\Delta = 3 \cdot U \cdot \frac{I}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

4

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

Ganz schön wenig,
oder?

Einleitung

- Historische Entwicklung des Elektroenergiesystems
- Grundbegriffe

Quelle: Schufft: Taschenbuch der Elektrischen Energietechnik.

Energiequellen umfassen das technisch und wirtschaftlich nutzbare, in der Natur vorkommende Energieangebot.

Energieträger sind Stoffe, deren Energieinhalt für Energieumwandlungsprozesse nutzbar ist. So kann man potentielle und kinetische Energie aus Wasser gewinnen, chemische Energie aus Erdgas, nukleare Energie aus Uran.

Primärenergie (auch Rohenergie) ist der Energieinhalt der von der Natur bereitgestellten Energieträger.

Sekundärenergie wird durch Umwandlung (Veredlung) von Primärenergie gewonnen, z. B. Elektroenergie, Dieselmotorkraftstoff, Dampf, Koks.

Endenergie ist vom Verbraucher eingesetzte Energie als eine Mischung aus Sekundärenergien, z. B. Elektroenergie, und direkt verwendbaren Primärenergien, z. B. Erdgas.

Nutzenergie ist die vom Verbraucher endgültig genutzte Energie, z. B. die Wärme- und mechanische Energie in einer Waschmaschine.

Energiebedarf stellt die gesamte Energiemenge dar, die im Wertschöpfungsprozess und für individuelle Bedürfnisse benötigt wird.

Energieverbrauch ist die gesamte Energiemenge, die zur Deckung des Energiebedarfs bereitzustellen ist.

Energieressourcen bezeichnen die Menge von Stoffen mit chemischer oder nuklearer Energie (auch Energierohstoffe), deren Existenz bekannt ist, vermutet oder geschätzt wird.

Energiereserven sind der Anteil der Ressourcen, der derzeit technisch und wirtschaftlich gewonnen werden kann.

Reichweite beschreibt den Zeitraum, in dem Energiereserven unter Annahme eines bestimmten Verbrauchs zur Verfügung stehen.

- 1820 Entdeckung der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms (Oersted)
- 1826 Entdeckung des Ohm'schen Gesetzes (Ohm)
- 1831 Entdeckung der Induktion (Faraday)
- 1856 Erfindung der Doppel-T-Anker-Maschine (v. Siemens)
- 1866 Erfindung der Dynamomaschine (v. Siemens)
- 1876 Erfindung des Telefons (Bell)
- 1879 Inbetriebnahme einer elektrischen Eisenbahn (v. Siemens)
- 1879 Erfindung der Glühlampe mit Kohlefaden im Vakuum (Edison)
- 1882 Inbetriebnahme einer Gleichstromübertragung von Miesbach nach München, 57 km, Wirkungsgrad 22 % (v. Miller, Deprez)
- 1882 Inbetriebnahme eines öffentlichen Elektrizitätswerkes in London (Edison)
- 1885 Erfindung des Transformators (Deri, Blathy, Zimpfrowsky)
- 1887 Inbetriebnahme der Gleichstromübertragung von Kriegstetten nach Solothurn mit 2500 V über 8 km mit einer Übertragungsleistung von 50 PS (37 kW) und einem Wirkungsgrad von 70 %
- 1887 Erfindung der dreiphasigen Synchronmaschine (Haselwander)
- 1889 Erfindung des Drehstrommotors mit Kurzschlussläufer (v. Dolivo-Dobrovolski)
- 1891 Inbetriebnahme einer Drehstromübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt/M. über 175 km mit 15 kV (v. Miller)
- 1905 Inbetriebnahme der 50-kV-Übertragungsleitung zwischen Moosburg und München
- 1911 Inbetriebnahme einer 110-kV-Übertragungsleitung von Riesa nach Lauchhammer
- 1922 Inbetriebnahme einer 220-kV-Übertragungsleitung von Letmathe nach Ronsdorf
- 1952 Inbetriebnahme einer 380-kV-Übertragungsleitung
- 1965 Inbetriebnahme einer 765-kV-Übertragungsleitung
- 1985 Inbetriebnahme einer 1200-kV-Versuchsleitung in der damaligen Sowjetunion

ca. 150 kW



Stromarten

- „Stromkrieg“: Edison (Gleichstrom) <-> Westinghouse (Wechselstrom)
- Derzeit benötigt ein großer Teil der Verbraucher Gleichstrom (Schaltnetzteile). Warum setzt man nicht vermehrt Gleichspannung ein?
 - Transformierbarkeit
 - damals gab keine DC-Verbraucher
 - hohe Spannung weniger Verluste

Es war halt schon
immer so...

Eigenschaften elektrischer Energie

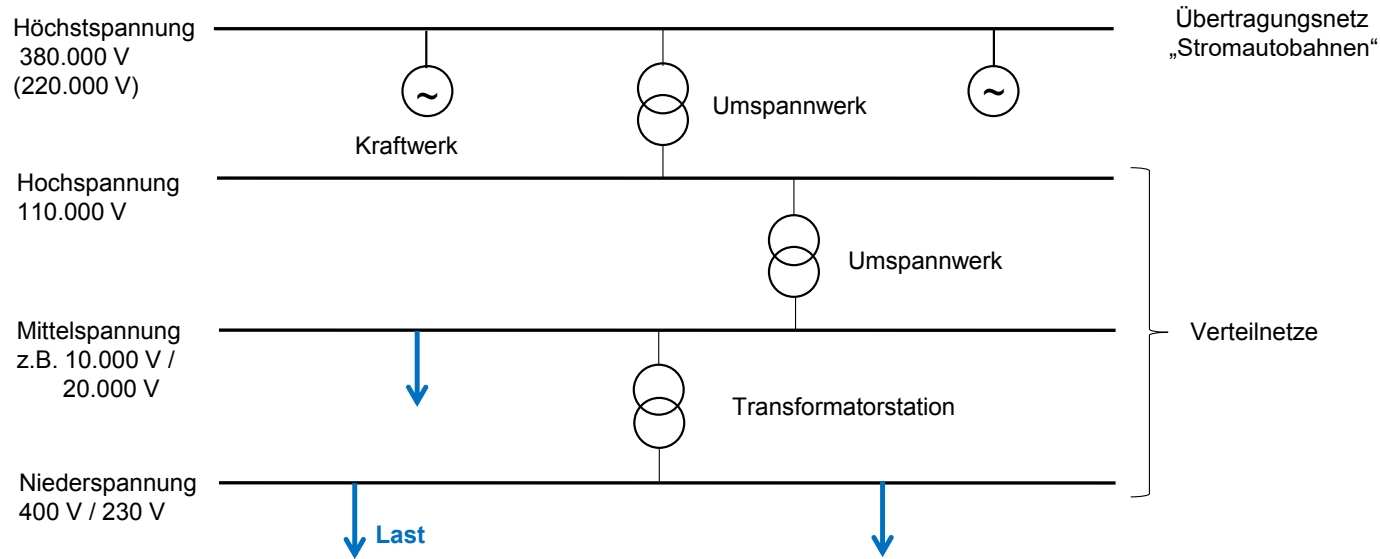
- Nicht speicherbar
- Gleichgewicht Erzeugung/Verbrauch erforderlich; Wirkleistungsregelung über Frequenz
- vielseitig einsetzbar, daher „hochwertige“ Energieform
- leicht umwandelbar in andere Energieformen

Topp, oder...



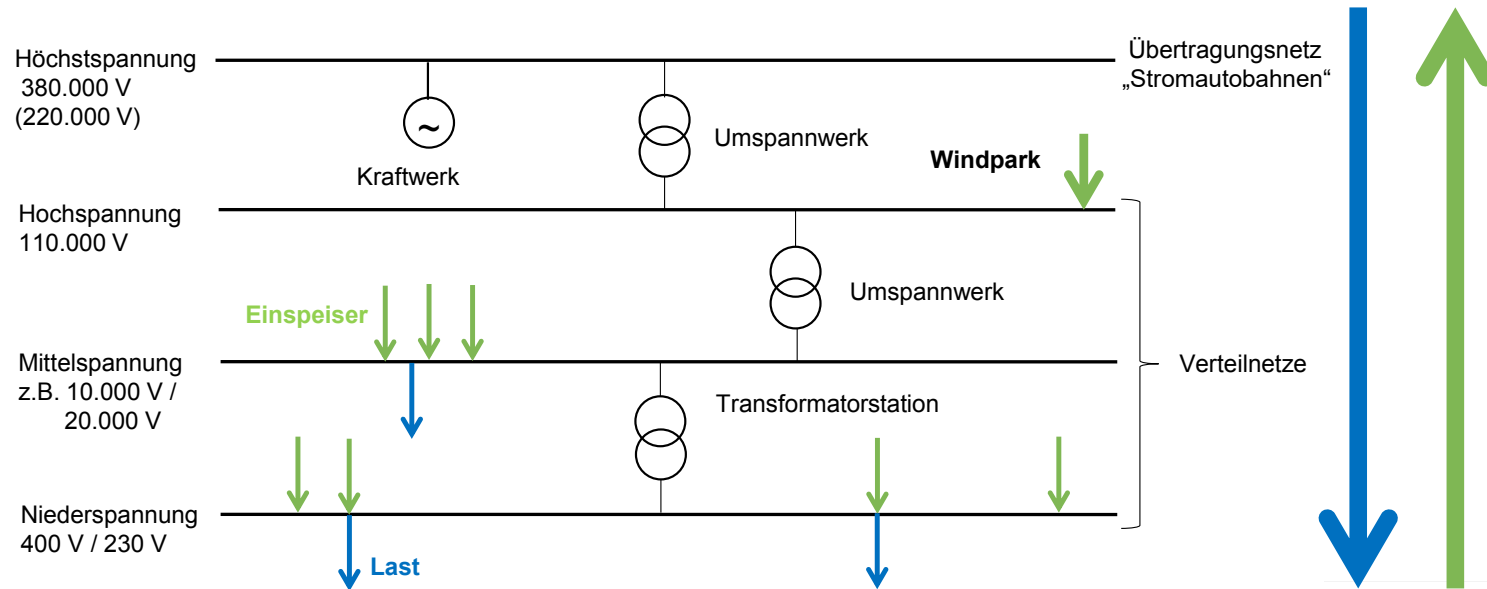
STADTWERK AM SEE Strom-Netzgebiet

Stromnetz in Deutschland (Vier Spannungsebenen)



Derzeitige u. zukünftige Herausforderungen für Verteilnetze (technisch)

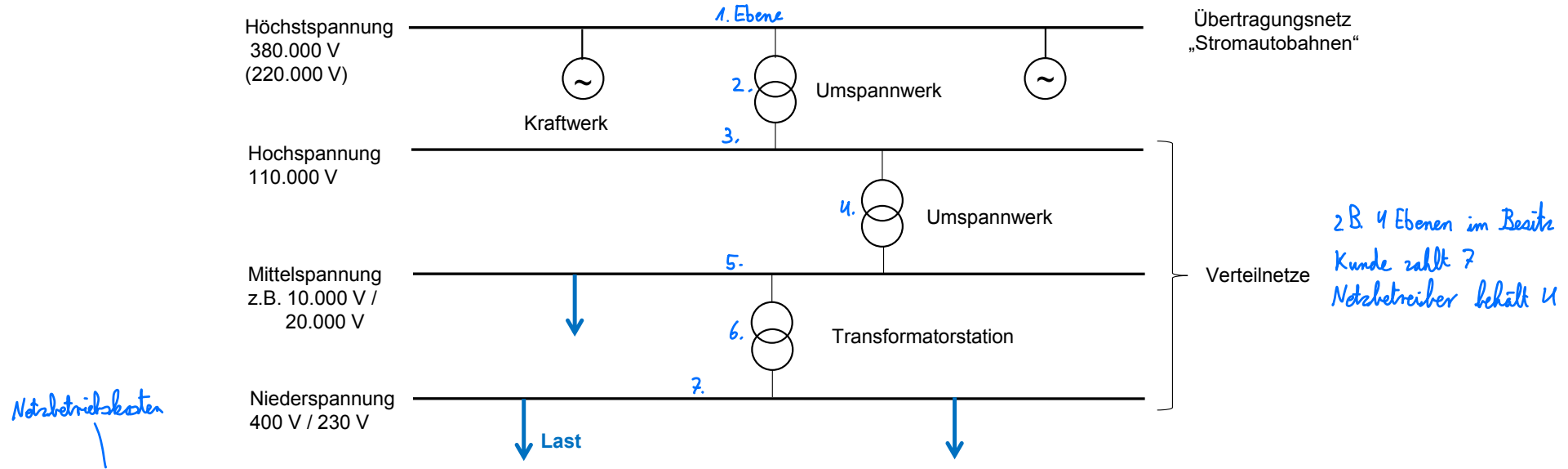
Heutiger u. zukünftiger Leistungsfluss
(zu lastschwachen Zeiten)



*PV speist Kapazitive Blindleistung ein
PV bezieht Induktive Blindleistung*

Bisheriger Leistungsfluss

Energiewirtschaftliche Betrachtung



- Netzentgelt: Anteil am Strompreis - Ebenen abhängig
- Erlösobergrenze - max. Einnahme für Gewinn *
- Strom- / Gasnetz: Natürliches Monopol -> Regulierung durch Behörde
- 11 • Netzentgelt: Erhoben für Verbrauch, nicht für Einspeisung -> Sozialisierung in Zukunft?

* sind Kosten angemessen

Sektorkopplung / „All-Electric“-Szenario

- Stadtwerk am See: Jahreshöchstlast Gasnetz ca. 3 – 4-fach höher als die des Stromnetzes
- Reserven im Stromnetz vorhanden, aber begrenzt
- Messungen/netzdienliche Steuerungen im NS-Netz: § 14 a EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) -> intelligente Stromnetze versus Netzausbauverpflichtung
- Ggf. doch molekülbasiertes leitungsgebundenes Energieversorgungsnetz sinnvoll?
 - Wasserstoff
 - Wasserstoffbeimischung im Gasnetz
 - Methanisierung von Wasserstoff
 - Lösung für Speicherthematik z.B. bei „Dunkelflaute“?
 - Langzeitspeicher benötigt; bisherige Speicher: Stunden- oder Tagesspeicher
- Unabhängig von Netzbetrachtung: El. Erzeugungsleistung verfügbar? (z.B. bei Gasmangellage)

A photograph of two men in a kitchen. The man on the right, wearing a dark blue shirt and a black cap, is holding a large black torch that is emitting a large, bright flame. He is smiling and looking towards the camera. The man on the left, wearing a dark beanie and a plaid shirt, is also smiling and looking towards the camera. The background shows a kitchen setting with various items on the counter.

STADTWERK AM ANTWORTEN

m.dueerkop@web.de
0160/92891302

Matthias Düerkop
Matthias.Dueerkop@stadtwerk-am-see.de
T 07541 505-538

STADTWERK
AM SEE

