

# Grundlagen der Elektrotechnik



Elektrische  
Leistung

TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

# Elektrische Leistung

- Anwendungen und Größenordnungen
- Definition
- Leistung und Energie
- Kenngrößen
- Wirkungsgrad

# Leistung

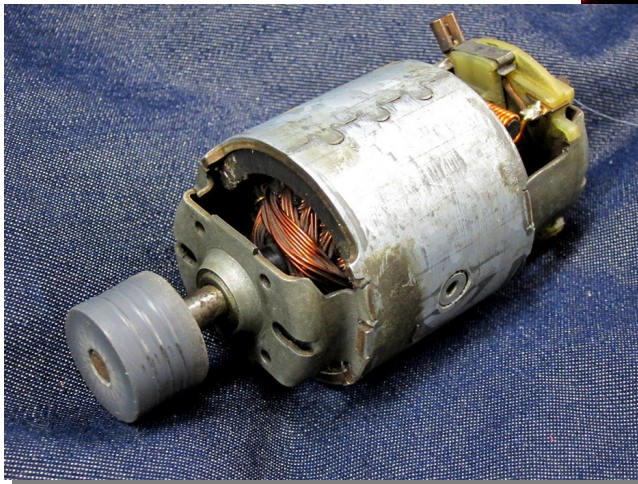
## Erscheinungsformen



Licht



Wärme



Bewegung



Chemische Leistung



Elektromagnetische Strahlung

# Größenordnungen



100mW 1W 10W 100W 1kW 10kW 100kW 1MW 10MW 100MW 1GW

Elektrische Leistung

# Formale Herleitung elektrische Leistung

Es gilt:

$$U = \frac{W}{q} \quad \text{und} \quad I = \frac{q}{t}$$

Aus der Physik kennen wir:

$I$  = elektrischer Strom

$q$  = Ladung

$t$  = Zeit

$U$  = elektrische Spannung

$W$  = Arbeit (=Energie)

$P$  = Leistung

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Leistung = Arbeit pro Zeit}$$

Daraus folgt:

$$P = \frac{U \cdot q}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I$$

*Formelsymbol:*

$P$  (= Power)

*Einheit:*

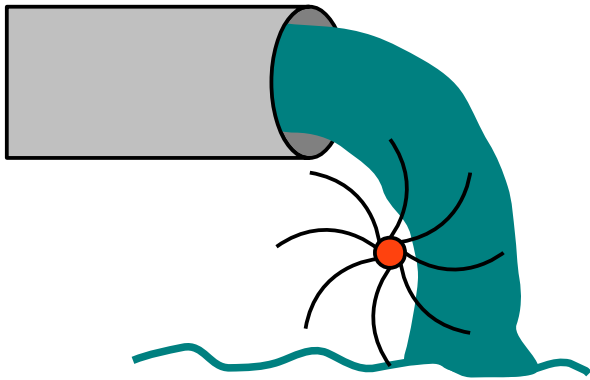
W = Watt

*Weitere Einheiten :*

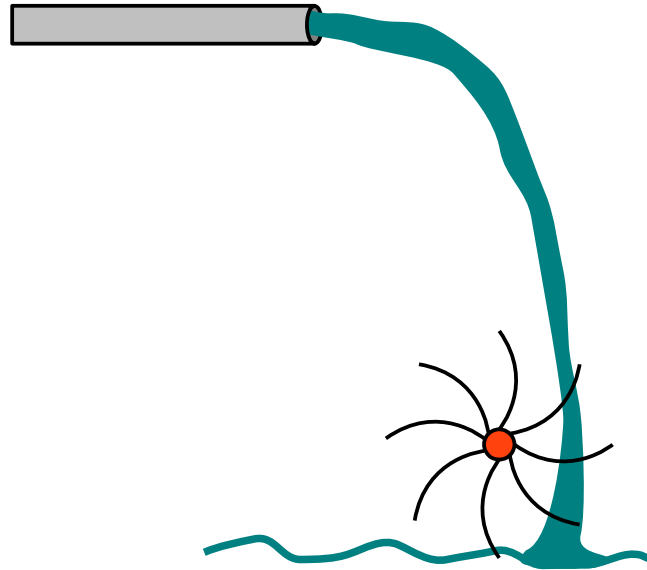
kW, VA, J/s, Nm/s

# Leistung

$$P = U \cdot I$$



Kleine Spannung  
x  
Großer Strom



Große Spannung  
x  
Kleiner Strom

=

= Leistung

# Leistung

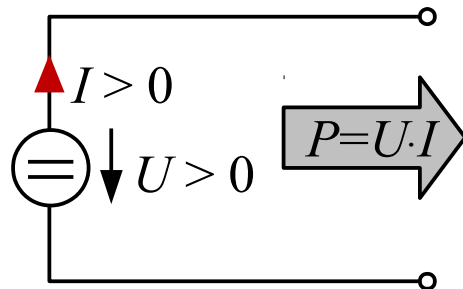
*Beispiele:*

- 20 W Lampe
  - Im Auto: 12V – 1.67A
  - An der Steckdose: 230V - 87mA
- Hochspannungsleitung

# Pfeile an Quellen und Widerständen

Aufpassen:

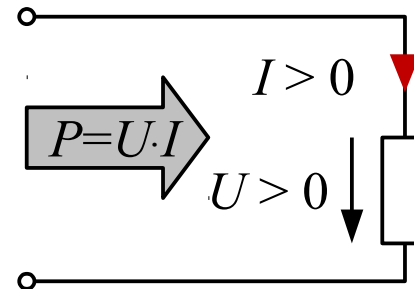
Spannungs- und Stromquelle



Strom- und Spannungs-Pfeile zeigen in *entgegengesetzte* Richtungen!

Generator-Zählfeilsystem

Widerstand



Strom- und Spannungs-Pfeile zeigen in gleiche Richtungen!

Verbraucher-Zählfeilsystem



# Energie

„Gespeichert Leistung“



Benzinkanister

Batterie



Stausee



# Leistung und Energie

## Leistung

Energie pro Zeit,  
Dynamische Größe, zeitabhängig

## Energie, Arbeit

Aufsummierte Leistung,  
Statische Größe, nicht zeitabhängig

Beispiele?

*Formelsymbol: P*

*Einheit: W, kW*

Allgemein:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

Im einfachen Fall:

$$P = \frac{E}{t}$$

*Formelsymbol: A oder E oder W*

*Einheit: J, Nm, Ws, kWh*

Allgemein:

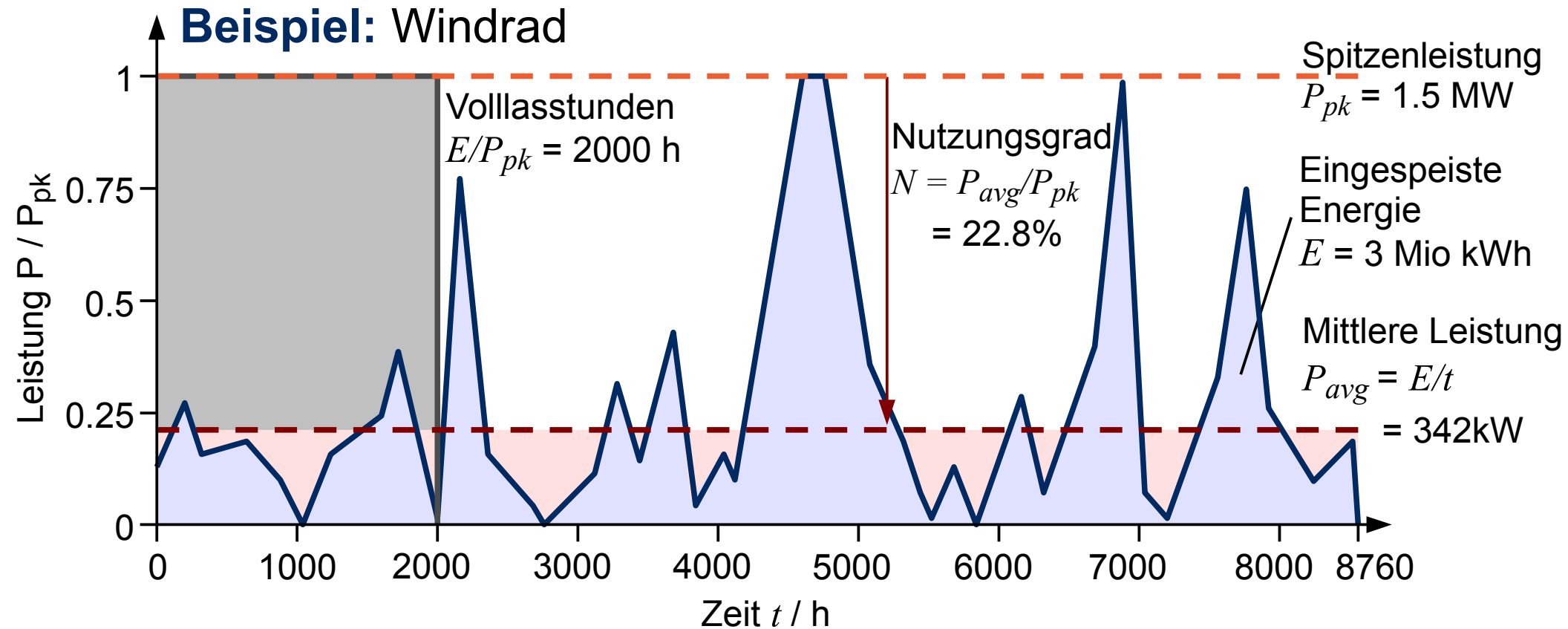
$$E = \int P(t) dt$$

Im einfachen Fall:

$$E = P \cdot t$$

**Achtung!**  
**Begriffe und Einheiten nicht verwechseln!**

# Volllaststunden und mittlere Leistung

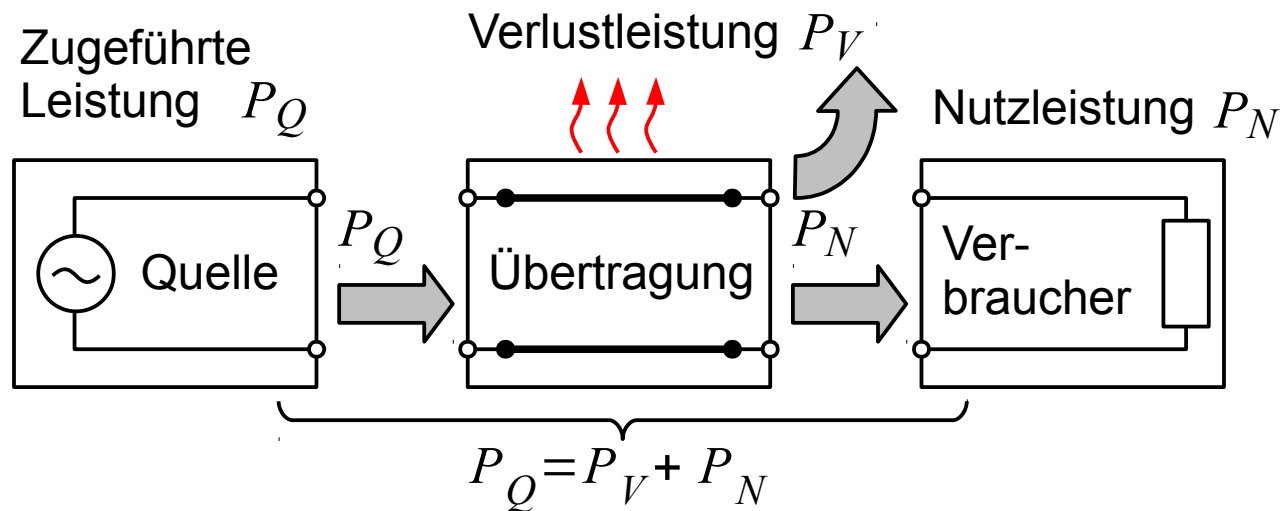


## Definition Volllaststunden:

Volllaststunden entsprechen der Zeit, in der die selbe Energiemenge mit konstanter Spitzenleistung erzeugt würde.

Vergleiche Stunden pro Jahr: 8760h

# Verlustleistung und Wirkungsgrad



**Definition:**  
Wirkungsgrad (= Effizienz)

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Zugeführte Leistung}} \quad \eta = \frac{P_N}{P_Q} = \frac{P_Q - P_V}{P_Q} = \frac{P_N}{P_N + P_V}$$

# Kontakt

## **Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt**

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,  
Fakultät für Informations-, Medien- und  
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

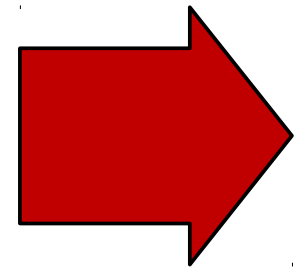
**[eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de](mailto:eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de)**

**<https://www.th-koeln.de/>**

**[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)**



# Anhang

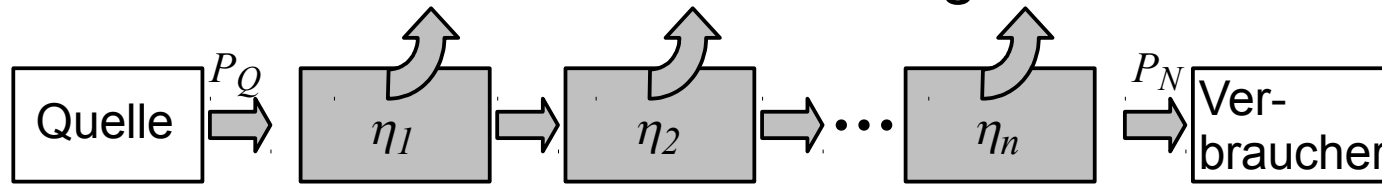


# Technische Wirkungsgrade

Solarzellen üblich	10 % ... 14 %
Si polykrist.	16 %
Si einkrist.	21 %
Ottomotor	30 %
Dieselmotor	40 %
Kraftwerk	38 %
Kernkraftwerk	32,7 %
Pumpspeicherwerk	74 %
Akkumulatoren	55 % ... 80 % (Energiewirkungsgrad)
Elektromotoren	65 % ... 98 %
Pumpen	65 % ... 95 %
Transformatoren	60 % ... 99 %
Wärmepumpe	300 % (Leistungszahl 3)

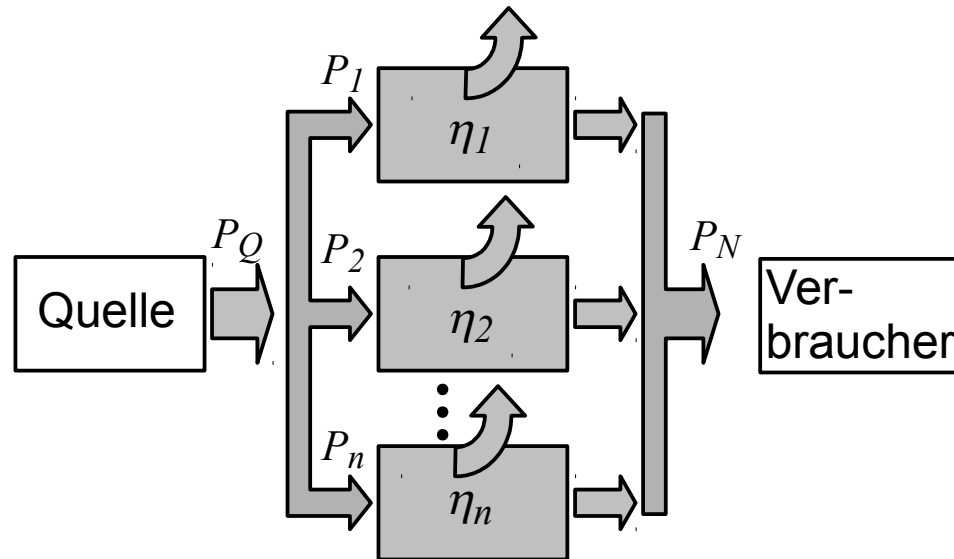
# Wirkungsgrad-Ketten

## Serien-Schaltung



$$\eta_{ges} = \prod_{i=1}^n \eta_i = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

## Parallel-Schaltung



$$\eta_{ges} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_Q} \cdot \eta_i = \frac{P_1}{P_Q} \cdot \eta_1 + \frac{P_2}{P_Q} \cdot \eta_2 + \dots + \frac{P_n}{P_Q} \cdot \eta_n$$