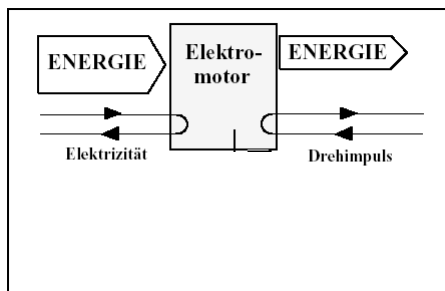


# Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad, Folie 1

## 1. ENERGIEVERLUSTE



$$V = \frac{P_{Verlust}}{P_{hinein}}$$

Ursache endgültiger Energieverluste:

- meist Entropieerzeugung (irreversibel)
- Entropie nutzlos, wenn auf Umgebungstemperatur  $T_0$
- Verlustenergiestrom  $P_V = T_0 \cdot I_{S,erz.}$

**Vermeide Entropieerzeugung!**

Der Wirkungsgrad, Folie 2

## 2. WIRKUNGSGRAD

Wirkungsgrad:  $\eta = 1 - V$

Dient dazu Maschinen zu vergleichen.

Forderungen an  $\eta$  :

dimensionslos

= 0 wenn Gerät absolut schlecht

= 1 wenn Gerät prinzipiell nicht zu verbessern (ideal)

„ideal“ bedeutet:

- keine mechanische Reibung
- keine elektrischen Widerstände
- keine Wärmeleitungsvorgänge
- keine irreversiblen chemischen Reaktionen

Der Wirkungsgrad, Folie 3

## übliche Definition

$$\eta = \frac{\text{in gewünschter Form abgegebene Energie}}{\text{aufgenommene Energie}} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{hinein}}}$$

Forderungen erfüllt?

Elektromotor: 
$$\eta = \frac{UI - T_0 I_{S,erz}}{UI} = 1 - \frac{T_0 I_{S,erz}}{UI} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

Wärmepumpe: 
$$\eta = \frac{TI_S}{UI} = \frac{TI_S}{(T - T_0)I_S} = \frac{T}{T - T_0} > 1$$

Carnotmaschine: 
$$\eta = \frac{UI}{TI_S} = \frac{(T - T_0)I_S}{TI_S} = \frac{T - T_0}{T} < 1$$

Elektroheizung: 
$$\eta = \frac{TI_{S,erz}}{UI} = \frac{TI_{S,erz}}{TI_{S,erz}} = 1$$

Der Wirkungsgrad, Folie 4

## bessere Definition

$$\eta = 1 - V = 1 - \frac{P_V}{P} = 1 - \frac{T_0 \cdot I_{S,erz}}{P_{hinein}}$$

Elektromotor:	$\eta = 1 - \frac{T_0 I_{S,erz}}{UI}$	$\left[ \eta = 1 - \frac{T_0 I_{S,erz}}{UI} \right]$
---------------	---------------------------------------	--

Wärmepumpe:	$\eta = 1 - \frac{0}{P} = 1$	$\left[ \eta = \frac{T}{T - T_0} > 1 \right]$
-------------	------------------------------	---

Carnotmaschine:	$\eta = 1 - \frac{0}{P} = 1$	$\left[ \eta = \frac{T - T_0}{T} < 1 \right]$
-----------------	------------------------------	---

Elektroheizung:	$\eta = 1 - \frac{T_0 I_{S,erz}}{UI} = 1 - \frac{T_0 I_{S,erz}}{T I_{S,erz}} = \frac{T - T_0}{T}$	$\left[ \eta = 1 \right]$
-----------------	---	---------------------------

Der Wirkungsgrad, Folie 5

## Vergleich

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{hinein}}$$

$$\eta = 1 - V$$

Sinnvoll, wenn Energieträger  
Entropie (Wärme) nicht beteiligt  
ist.

Liefert bei reversiblen (idealen)  
Maschinen den Carnot-Faktor:

$$\eta = \frac{T - T_0}{T}$$

In Literatur:

- exergetischer Wirkungsgrad
- Wirkungsgrad 2. Ordnung
- „second law efficiency“

Liefert Carnot-Faktor für  
Widerstandsheizung.

Der Wirkungsgrad, Folie 6