







Grundlagen der elektrischen Energietechnik

Teil 2: Elektromechanische Energieumformung

1. Übung: Energieumformung

SS 2022

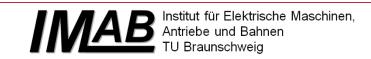
Prof. Dr.-Ing. Markus Henke, Jonas Franzki

Füllen Sie die Tabelle aus.

	Motorisch	Generatorisch
Verhältnis von $P_{mech}$ zu $P_{el}$	Property Comments of Pel	P <sub>mech</sub> > P <sub>el</sub>
Definition des Wirkungsgrades η	M = Puneda Pel	$n = \frac{P_{el}}{P_{mech}}$
Anwendungsbeispiele	e-PKW e-Scooter e-Bike Kompressor im Kuhlschrank ICE	e-PKW ICE Wind Kraftwerk

Quizfrage: Können E-Bikes rekuperieren?





2.1 Sie fahren in Ihrem Elektroauto mit 36 km/h auf den Beschleunigungsstreifen der A2 und wollen mit  $10 \, m/s^2$  beschleunigen, wie viel Beschleunigungsleistung benötigen sie etwa?

$$(m = 2.000 \text{ kg}, \eta = 0.9)$$

$$T = m \cdot a = 2.000 \, \text{kg} \cdot 10 \, \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 20.000 \, \text{N}$$

$$V = \frac{36}{3.6} \, \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10 \, \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

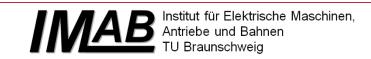
$$P_{\text{mech}} = + v \cdot v = 20.000 \, \text{N} \cdot 10 \, \frac{\text{m}}{\text{s}} = 200 \, \text{kg}$$

$$P_{\text{el}} = \frac{P_{\text{mech}}}{\eta} = \frac{200 \, \text{kg}}{99} = \frac{222,2 \, \text{kg}}{222,2 \, \text{kg}}$$

2.2 Welche Verlustleistung müssen Sie abführen können?

$$P_{V} = P_{el} (1-\eta) = P_{el} - P_{med} = 22,7kW \approx 3 kochfelder a 7,5kW \approx 12 Herdplatten$$

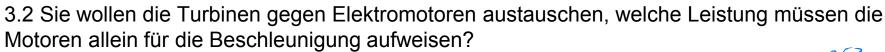




Sie besitzen einen Airbus A320 (MTOW = 89 t) und wollen von 63 km/h auf 252 km/h in 40 s beschleunigen.

3.1 Welche Beschleunigung liegt vor?

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t} = \frac{\frac{252}{3.6} \text{ m}}{\frac{3}{6} \text{ s}} - \frac{63}{3.6} \frac{\text{m}}{5}}{\frac{3}{6} \text{ s}} = \frac{1.31 \text{ m}}{\text{s}^2}$$



$$T=m \cdot a = 89.000 \text{ kg} \cdot 1.31 \frac{m}{s^2} = 116 \text{ S12 N}$$
  $P = T \cdot v = 116.812 \text{ N} \cdot \frac{252}{36} \frac{m}{5} = 8.2 \text{ MW}$ 

$$P = \mp v = 1.16.812 \text{ N} - \frac{252 \text{ m}}{36.5} = 8.2 \text{Mh}$$

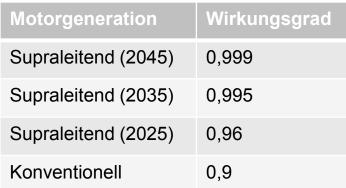
3.3 Sie haben die Wahl zwischen verschiedenen E-Maschinen. Was bedeutet die jeweilige Wahl für ihre Verluste und somit ihr Kühlsystem?

$$P_{VN} = P \cdot (1 - Q) = g_{1} z_{1} w \cdot (1 - \delta_{1} g_{3} g_{3}) = g_{1} z_{1} k w$$

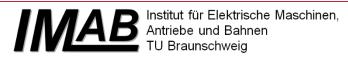
$$P_{V2} = g_{1} z_{1} w \cdot (1 - \delta_{1} g_{3} g_{3}) = 41 k w$$

$$P_{V3} = 328 k w$$

$$P_{V4} = 820 k w$$







Sie wollen eine Offshore Windkraftanlage mit 10 MW Anschlussleistung bauen. Sie können sich zwischen einem Rotor mit Permanentmagneten und einem mit einer Feldwicklung entscheiden. Ihr

Projektleiter gibt Ihnen die Daten der Tabelle.

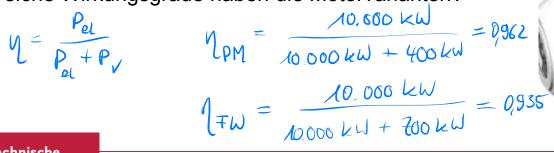
4.1 Wie hoch sind ihre Investitionskosten?

4.2 Welchen Umsatz würden sie idealerweise mit der Anlage erwirtschaften?

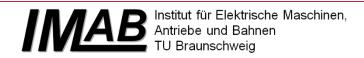
tschaften? 
$$l = 1$$
 $U_a = 10.000 \text{ km} \cdot 4500 \frac{h}{a} \cdot 0.3 \frac{\epsilon}{\text{kmh}} = 13.5 \text{ Mio} \frac{\epsilon}{a}$ 

4.3 Welche Wirkungsgrade haben die Motorvarianten?

$$1_{\text{PM}} = \frac{10.600 \, \text{kW}}{10.000 \, \text{kW} + 400 \, \text{kW}} = 0.962$$







2.5 ... 4 Mio €/MW

4500 h/a

20 Jahre

30 ct/kWh

400 kW

700 kW

Investitionskosten

Einspeisevergütung

Verluste PM-Rotor

Verluste FW-Rotor

Volllaststunden

Lebensdauer

Sie wollen eine Offshore Windkraftanlage mit 10 MW Anschlussleistung bauen. Sie können sich zwischen einem Rotor mit Permanentmagneten und einem mit einer Feldwicklung entscheiden. Ihr Projektleiter gibt Ihnen die Daten der Tabelle.

4.4 Wie viel Umsatz würde Ihnen mit den Motorvarianten jeweils durch Verlustleistung entgehen?

UVPM = 400 kW.	4500 \( \frac{6}{a} \) 20a	· 0,3 € = 10,8 Mio €
UNTW = 700 kW.	4500 h 20a	· 0,3 € = 189 Mo€

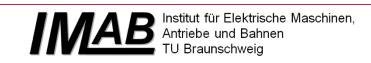
Investitionskosten	2,5 4 Mio €/MW
Volllaststunden	4500 h/a
Lebensdauer	20 Jahre
Einspeisevergütung	30 ct/kWh
Verluste PM-Rotor	400 kW
Verluste FW-Rotor	700 kW

4.5 Was kostet Sie eine Wirkungsgradeinbuße von 0,5% jährlich bzw. auf die Lebensdauer?

$$U_{V0/5a} = 0,005.10000 \text{ kW} \cdot 4500 \frac{\text{W}}{\text{a}}.0,3 \frac{\text{E}}{\text{kWh}} = 67.500 \frac{\text{E}}{\text{a}}$$

$$U_{V0/5} = 67.500 \frac{\text{E}}{\text{a}}.20a = 1.35 \text{ Mio} \text{E}$$





Sie haben sich einen elektrischen Kleinwagen (m = 1577 kg) gekauft mit einer elektrischen Maschine mit folgenden Kennwerten:

$$P_{el} = 100 \ kW$$
$$\eta = 0.9$$

5.1 Welche Beschleunigungs- und welche Verzögerungsleistung ermöglicht die Maschine?

5.2 Welche Verlustleistung tritt jeweils auf?



