

## Aufgabenstellung: P4-Parallelhybrid

Es soll ein Plug-in **P4-Parallelhybrid mit elektrischer Hinterachse** für die simulationsbasierte Auslegung modelliert werden. Es soll ein **geeignetes Energiemanagement implementiert werden**, welches die **Betriebspunkte** der **Verbrennungskraftmaschine**, der **E-Maschinen** (Permanentenerregte Synchronmaschine) und der HV-Batterie so einstellt, dass ein möglichst geringer Verbrauch resultiert.

Annahmen:

- Kosten der elektrischen Energie aus dem Versorgungsnetz:  $0.12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
- Kraftstoffkosten:  $1.45 \frac{\text{€}}{\text{l}}$
- Ladewirkungsgrad der Ladesäule: 95 %
- Fahrzeugparameter:  $m = 1000 \text{ [kg]}$ ,  $c_r = 0.01$ ,  $A_{\text{sec}} = 2 \text{ [m}^2\text{]}$ ,  $c_w = 0.2$
- Verbrennungsmotor: Hubvolumen  $V = 1-2 \text{ [l]}$
- HV-Batterie: spezifische Leistungsdichte  $75 \text{ W/kg}$ , Energiedichte  $50 \text{ Wh/kg}$
- E-Maschine inkl. Leistungselektronik: Leistungsdichte  $0.75 \text{ kW/kg}$
- Leistungsaufnahme aller elektrischer Nebenverbraucher  $1.5 \text{ kW}$
- Rad-Straßen Wirkungsgrad  $\eta_{wh} = 95\%$

Die folgenden Teilaufgaben sind:

- 1) Aufbau eines P4-Parallelhybriden mit elektrischer Hinterachse als MATLAB oder Simulink-Modell.
- 2) Es **müssen** der WLTP und der MVEG-Zyklus für die Untersuchung der Auslegung benutzt werden.
- 3) Getriebe: es soll mit einfachen Mitteln ein 7-Gang Automatikgetriebe modelliert werden. Für beide Testzyklen muss eine geeignete Schaltstrategie entwickelt werden.
- 4) E-Maschine: die E-Maschine muss geeignet dimensioniert werden.
- 5) Batteriemodell: die Batteriekapazität **sollte** so dimensioniert werden, so dass der MVEG 3x hintereinander rein elektrisch durchfahren werden kann.
- 6) Die Komponenten **müssen** so ausgelegt werden, dass eine Höchstgeschwindigkeit von  $160 \text{ km/h}$  dauerhaft erreicht werden kann.
- 7) Energiemanagement: Anfangs-Ladezustand 90% der maximalen Speicherkapazität der HV-Batterie. Der WLTP soll solange durchfahren werden, bis die HV-Batterie auf 50% der maximalen Speicherkapazität entladen ist. Danach soll der WLTP im charge-sustaining Mode nochmal durchfahren werden. D.h., der End-Ladezustand darf vom Anfangs-Ladezustand (50%) nur geringfügig abweicht (+-1%). Zeitabhängige Betriebsmodus-Steuerungen sind **nicht zugelassen**. Die Aufgabe des Energiemanagement ist es per Lastpunktanhebung/absenkung die HV-Batterie zu laden/entladen und den Betriebsmodus zwischen elektrischen und hybridischen Fahren zu wählen.
- 8) Wie ist ihre Fahrzeugauslegung? Zeigen Sie die Betriebspunkte der Komponenten VKM, EM und HV-Batterie. In welchen Betriebsbereichen wäre eine Optimierung der Komponenten sinnvoll. Begründung liefern!

- 9) Zeigen Sie die Wirkungskette für Rekuperation, Lastpunktverschiebung und E-Fahren schematisch auf. Welche Vorgaben machen Sie bei der Auslegung des Energiemanagements. Begründen Sie ihre Design-Entscheidung.
- 10) Wie hoch sind die Kraftstoff- und elektrischen Energiekosten in  $\frac{\text{€}}{100\text{km}}$  für die Teilaufgabe 6?