

Leistungsverzweigt

Hybrid

Allgemeines

Auch bei leistungsverzweigten Hybridsystemen erfolgt die Übertragung der Leistung in zwei verschiedenen Formen, nämlich mechanisch und elektrisch. In Bild 1 wird der gesamte Energiefluss vereinfacht dargestellt.

Letztendlich ist dieses Antriebssystem eine Kombination aus seriellem und parallelem Hybrid und wird auch Mischhybrid genannt.

Dadurch werden die Eigenschaften der beiden Hybridarten in einem System zusammengeführt und das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten noch verfeinert.

Da es aus einem Verbrennungsmotor und zwei verschiedenen Elektromaschinen besteht (Bild 1), grenzt es sich ganz klar von den anderen Hybridsystemen ab. Eine der Elektromaschinen ist vorwiegend als Generator und die andere als Elektromotor im Einsatz.

Das leistungsverzweigte Hybridsystem ermöglicht wie das Parallelhybridsystem, einen 2-Rad- wie 4-Rad-Antrieb. Beim 4-Rad-Antrieb steht die Zugkraftaddition im Vordergrund. Beim 2-Rad-Antrieb werden durch die Drehzahladdition die Leistungen des Verbrennungsmotors und des Elektromotors zusammengeführt.

Natürlich können die unterschiedlichen Systeme auf die verschiedensten Arten kombiniert werden, z.B. auf der Vorderachse der leistungsverzweigte Hybridantrieb und auf der Hinterachse der vollelektrische Antrieb (Lexus).

Im Bild 1 (Toyota) ist ein kupplungsloses System im Einsatz. In der Neutralposition «N» liefert der Schaltstellungssensor das entsprechende Signal an das Steuergerät. Über die Leistungselektronik des Inverters werden die Leistungstransistoren ausgeschaltet. Dadurch sind beide Elektromaschinen ohne Funktion. Somit wird in der Schaltstellung «N» die Hochvoltbatterie nicht geladen.

Sinkt der Ladezustand der HV-Batterie in der Schaltstellung «P und Zündung ein» unter einen vorgegebenen Wert

(ca. 30%), wird der Verbrennungsmotor automatisch gestartet und der Ladevorgang eingeleitet. Dabei treibt der Verbrennungsmotor den Motor-Generator 1 an. Der erzeugte Wechselstrom wird im Inverter gleichgerichtet und der HV-Batterie zugeführt. Es gibt noch andere E-Signale, welche einen automatischen Motorstart hervorrufen, z.B. eine zu tiefe Motortemperatur oder eine grosse elektrische Last. Fährt das Fahrzeug rein elektrisch, wird der Strom aus der HV-Batterie im Inverter umgerichtet und zum Motor-Generator 2 geführt. Fährt das Fahrzeug mit laufendem Verbrennungsmotor, fließt der Strom vom Motor-Generator 1 zum Inverter. Ein Teil des Stromes wird für die Ladung der HV-Batterie benötigt und der Rest steht für den Antrieb von Motor-Generator 2 zur Verfügung. Die Aufteilung ist hauptsächlich vom Ladezustand der HV-Batterie und der Position des Fahrpedalsensors abhängig.

Bei einer starken Beschleunigung aus dem Stand bezieht der Motor-Generator 2 den Strom vom Motor-Generator 1 und zusätzlich aus der HV-Batterie. Dabei können die positiven Eigenschaften des Elektromotors bei tiefer Drehzahl und somit bei kleiner Fahrzeuggeschwindigkeit noch besser genutzt werden, denn im Gegensatz zum Verbrennungsmotor erreicht der Elektromotor (Bild 3) das maximale Drehmoment bereits aus dem Stand heraus. Mit diesem Hybridsystem kann somit das Fahrzeug zusätzlich beschleunigt werden.

Power Split

«Power Split» kommt aus dem Englischen und bedeutet sinngemäss «Leistung aufteilen». Damit ist der mechanische und elektrische Pfad gemeint.

Der mechanische Pfad wird über den Verbrennungsmotor und der elektrische Pfad über die Elektromaschine definiert. Die getrennten Pfade müssen schliesslich bei einem 2-Rad-Antrieb wieder zusammen geführt werden, damit der Energiefluss zu den Antriebsrädern

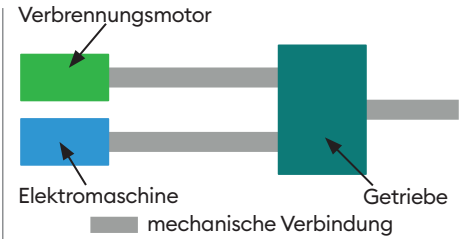


Bild 2: Energiepfade

stattfinden kann. Dies ist in Bild 2 ersichtlich. Dazu benötigt es ein Getriebe wie z.B. ein Planeten- oder E-CVT-Getriebe. Beim 4-Rad-Antrieb kann die Verteilung direkt auf die entsprechende Achse stattfinden.

Betriebspunktverschiebung

Befährt ein herkömmliches Fahrzeug ohne Betriebspunktverschiebung (Lastpunktanhebung) eine ebene Fahrbahn mit konstanter Geschwindigkeit von z.B. 80 km/h, wird vom Verbrennungsmotor nur eine geringe Leistung abverlangt. Somit wird der Treibstoffverbrauch in Liter pro 100 km gering sein.

— Drehmoment — Leistung

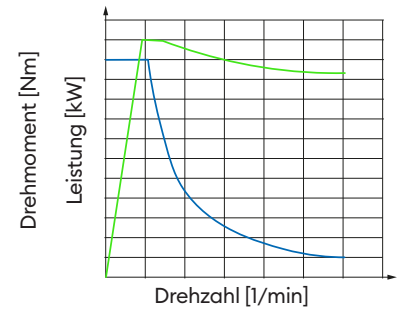


Bild 3: Diagramm Elektromotor

Doch in diesem Lastzustand ist der Wirkungsgrad jedes Verbrennungsmotors schlecht und somit der spezifische Treibstoffverbrauch (Bild 4) hoch.

Besteht nun die gleiche Fahrsituation bei einem Hybridfahrzeug mit Betriebspunktverschiebung, wird automatisch die Ladung der HV-Batterie eingeleitet. Durch die zusätzliche Last wird der Verbrennungsmotor im effizientesten Bereich betrieben und der spezifische Treibstoffverbrauch wird kleiner.

— Drehmoment [Nm]
— spez. Treibstoffverbrauch [g/kWh]
— Leistung [kW]

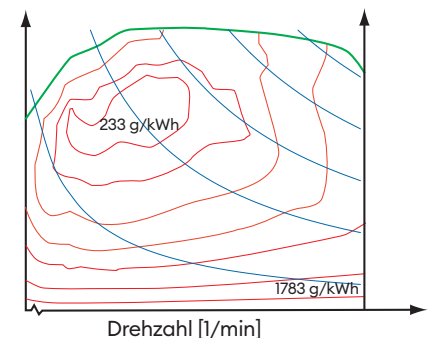


Bild 4: Muscheldiagramm

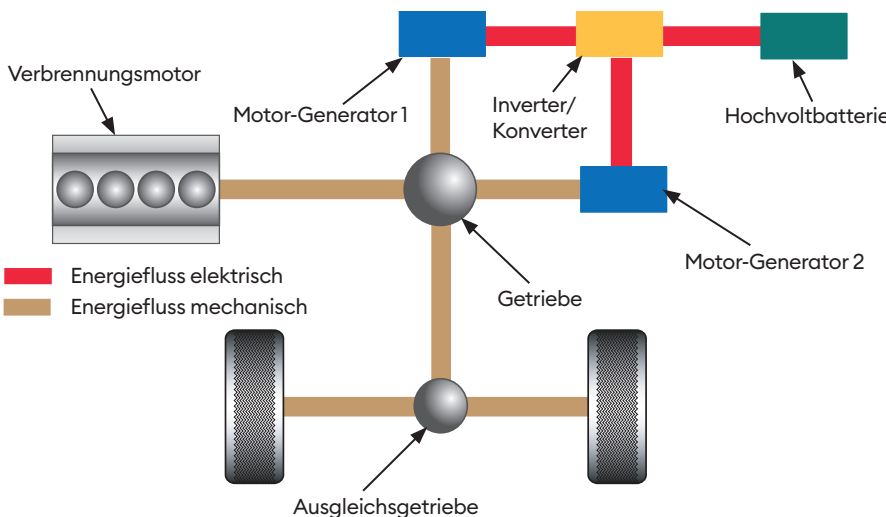


Bild 1: Grundsätzlicher Aufbau und Energiefluss eines leistungsverzweigten Hybridsystems