

Serieller Hybrid

Hybrid

Bild: mar

Grundsätzliches

Der serielle Hybridantrieb gehört in die Kategorie Vollhybrid. Der bei diesem Hybridsystem eingebaute Verbrennungsmotor ist ein Beruhigungsmittel gegen die berüchtigte Reichweitenangst, der Angst des Fahrers davor, dass das Fahrzeug das gewünschte Ziel nicht erreichen könnte.

Zudem kommt bei der heutigen Ladeinfrastruktur erschwerend hinzu, dass das Aufladen der Batterie nicht immer an einer Schnellladesäule machbar ist. Somit ist das Fahrzeug nicht nach 30 Minuten, sondern erst nach Stunden wieder einsatzbereit: im Vergleich zum schnellen Tankvorgang von ca. 2 bis 4 Minuten bei herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.

Einen zusätzlichen Treiber für dieses Hybridsystem bilden die Verschärfungen der CO₂-Vorschriften. Gerade im Stopp-and-Go-Betrieb kann der Schadstoffausstoss des Verbrennungsmotors auf null gesenkt werden. Weil mit diesem Antriebskonzept elektrisch gefahren werden kann, sind mögliche Zufahrtsbeschränkungen in Städte kein Problem.

Begriffe

Serieller Hybrid versus Range Extender: Diese Systeme zu unterscheiden ist nicht einfach, denn bei beiden wird die mechanische Energie des Verbrennungsmotors nicht direkt für den Antrieb der Räder genutzt.

Beim seriellen Hybridantrieb ist der Fahrbetrieb vorwiegend auf den Verbrennungsmotor abgestützt. Die Energie aus der Batterie ist eher unterstützend. Daraus ergibt sich: grosser Verbrennungsmotor, kleine Batterie. Schliesslich ist der Energiebezug für den Antrieb hauptsächlich vom Fahrmodus abhängig.

Der Range Extender (englisch: *Reichweite erweitern*) ist auch ein serieller Hybrid. Der Verbrennungsmotor ist für die Ladung der Batterie zuständig und der Energiebezug für den Antrieb erfolgt über die Batterie. Daraus ergibt sich: kleiner Verbrennungsmotor, grosse Batterie.

Aufbau und Funktionsweise

Der serielle Hybridantrieb besteht aus einem Verbrennungsmotor, zwei Elektromaschinen, einem Inverter und einer Batterie. Elektromaschinen wirken als Elektromotoren wie auch als Generatoren, je nach Bedarf. Die Elektromaschine 1 ist mit dem Verbrennungsmotor gekoppelt und arbeitet als Generator. Die Elektromaschine 2 ist mit den Antriebsrädern verbunden und ist somit als Elektromotor im Einsatz. Sie kann aber beim Rekuperieren auch als Generator eingesetzt werden. Da die Elektromaschine 2 mit Wechselstrom betrieben wird, die Batterie aber Gleichstrom abgibt, muss ein Inverter (Umrichter) eingebaut sein. Dieser hat die Aufgabe, den Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln und umgekehrt. Die dazu benötigte Leistungselektronik wird je nach Betriebsmodus

stark oder weniger stark beansprucht. Die Batterie wird als Energiespeicher und Energiespender benutzt. Ausser der Elektromaschine 2 können alle Komponenten ortsunabhängig zum Radantrieb eingebaut werden. Dies lässt eine grosse Vielfalt für das Fahrzeugdesign zu und zusätzlich kann die Achslastverteilung optimiert werden. Der serielle Hybridantrieb kommt als autarker Hybrid oder als Plug-in-Hybrid zum Einsatz. Das autarke Hybridsystem ermöglicht, dass das Lademanagement der Batterie dem Fahrer gänzlich entzogen wird. Somit können Fahrstrategien unter Berücksichtigung der Optimierung der Lebensdauer der Batterie ermöglicht werden.

Eine lineare Beschleunigung mit einer entsprechenden Elastizität über einen breiten Geschwindigkeitsbereich ist ein wichtiges Merkmal. Wird ein Fahrzeug mit einer Masse von 2000 kg innerhalb von 10 s von 0 auf 100 km/h beschleunigt, so benötigt es eine Leistung von ungefähr 150 kW. Um all den Ansprüchen gerecht zu werden, benötigt es leistungsfähige Komponenten. Somit ist die Dimensionierung der Elektromaschinen und des Energiespeichers von enormer Wichtigkeit. Diese bestimmen dann die Dauerleistung und die Höchstgeschwindigkeit.

Ein Nachteil des seriellen Hybridantriebs ist die mehrmalige Energieumwandlung. Bei der Wirkungsgradkette können je nach Ausführung im Extremfall bis zu acht und mehr Einzelverluste (elektrisch/mechanisch) auftreten. Somit muss die Betriebsstrategie gegensteuern und versuchen, die Verluste zu minimieren. Weiter muss beachtet werden, dass der doppelte Antriebsstrang zu mehr Gewicht führt. Im Vergleich zum Elektrofahrzeug kann die Batterie jedoch kleiner dimensioniert werden, wodurch das Fahrzeuggewicht niedriger bleibt.

Antriebskonzepte

Wie in der Abbildung dargestellt, kann der Antrieb über einen einzelnen Elektromotor erfolgen. Für die Verteilung des Drehmoments benötigt es zusätzlich ein Differenzial. Eine andere Möglichkeit ist, dass zwei Elektromotoren eingesetzt werden. Dadurch fällt das Differenzial weg und die Drehmomentverteilung kann über die Ansteuerung der Elektro-

motoren erfolgen, was wiederum eine ideale Antriebschlupfregelung ermöglicht. Schliesslich ist auch ein Konzept mit Radnabenmotoren denkbar. Bei dieser Ausführung wird die ungefederte Masse grösser.

Betriebsmodi

Durch den Hybridisierungsgrad weichen die Anforderungen an den Verbrennungsmotor deutlich von den Anforderungen in konventionellen Fahrzeugen ab. Der ständige Wechsel zwischen den verschiedenen Betriebsmodi geschieht nahezu unmerklich, kann aber in den meisten Fällen auf einem Display verfolgt werden. An das Geräuschverhalten muss man sich allerdings erst gewöhnen, weil es dem gewohnten Fahrgefühl widerspricht. Der – sehr leise – Verbrennungsmotor agiert auch akustisch weitgehend entkoppelt von den Befehlen an das Gaspedal. Ein Soundgenerator könnte das fehlende Geräusch der Motordrehzahl im Innenraum erzeugen.

Im *konventionellen Fahrmodus* kommt die Energie für den Antrieb allein vom Verbrennungsmotor. Doch die Antriebsleistung muss mehrmals umgewandelt werden, was den Gesamtwirkungsgrad verschlechtert.

Beim *elektrischen Fahren* erfolgt der Antrieb über den Elektromotor. Die benötigte Energie kommt aus der Batterie und wird durch die Leistungselektronik bereitgestellt. In diesem Modus ist der Verbrennungsmotor ausgeschaltet.

Beim *Boosten* wird der Verbrennungsmotor mit voller Leistung betrieben und zusätzlich kommt gespeicherte Energie aus der Batterie. In diesem Modus stellt der Elektromotor das maximale Antriebsmoment zur Verfügung.

Bei der *Rekuperation* kommt der Elektromotor als Generator zum Einsatz. Dadurch bremst das Fahrzeug elektrisch ab. Die zurückgewonnene Energie wird über die Leistungselektronik (Inverter) der Batterie zugeführt. In dieser Phase ist der Verbrennungsmotor abgeschaltet.

Bei der *Lastpunkthanhebung* stellt sich der Betriebspunkt des Verbrennungsmotors so ein, dass er mit einem besseren Wirkungsgrad arbeitet. Ein Teil der Generatorleistung wird für den Antrieb des Fahrzeugs benötigt und der restliche Teil lädt die Batterie.

