

# Betriebsstrategie 1

## Hybrid

### Allgemeines

Durch die Betriebsstrategie (Bild 1) eines Hybrid- oder Elektroantriebs erfolgt das Zusammenwirken von Energiewandler, Energiespeicher und Drehmomentwandler nach einem vorgegebenen Raster. Dessen Festlegung ist eine komplexe Aufgabe und verlangt ein strukturiertes Vorgehen, um das vollständige Potenzial des Antriebs zu nutzen. Dabei nimmt das Energiemanagement eine wichtige Rolle ein.

Beim parallelen und leistungsverzweigten Hybrid werden die Betriebsarten rein elektrisch, rein verbrennungsmotorisch oder hybridisiert unterschieden. Beim seriellen Hybridantrieb erfolgt der Antrieb auf die Räder immer elektrisch. Dies kann mit ein- oder ausgeschaltetem Verbrennungsmotor realisiert werden. Elektrofahrzeuge fahren natürlich nur in der rein elektrischen Betriebsart.

Je nach Ausführung des Fahrzeuges sind unterschiedliche Betriebsstrategien möglich. Doch schlussendlich hängt das Zusammenwirken der Komponenten vom Hybridantrieb und der Vernetzung der Teilsysteme ab. Bei Hybridfahrzeugen nimmt die Lastpunktverschiebung eine wichtige Rolle ein, damit der Verbrennungsmotor mit einem guten Wirkungsgrad betrieben wird.

Die Betriebsstrategie hat jedoch immer die Aufgabe, den Antriebsstrang so anzusteuern, dass die vom Fahrer vorgegebene Fahrpedalstellung als Hauptführungsgrösse bei möglichst geringem Schadstoffausstoss effizient umgesetzt wird. Dieser Vorgang wird hauptsächlich durch die übergeordnete Hybridsteuerung realisiert. Weitere Fahrerwünsche sind: Bremspedalbetätigung, Fahrmodiswitchstellung. Die Aufzählung ist nicht abschliessend.

Bei den Nebenführungs-/Nebenregelgrössen werden mehrere Systeme berücksichtigt. Bei der Sicherheit steht die Fahrdynamik im Vordergrund. Eingriffe durch das ABS und ESP müssen zu jeder Zeit möglich sein. Bei der Überwachung der Hochvoltbatterie müssen der Ladezustand (SOC) und die Betriebstemperatur

berücksichtigt werden. Ist die Batterietemperatur zu tief, so werden die Heizelemente im Batterie-Kühlkreislauf erwärmt. Ganz allgemein: die energieeffiziente Regelung des «Thermomanagements» - Hochvoltbatterie, elektrische Baugruppen, Verbrennungsmotor - maximiert die elektrische Reichweite. Die Klimaautomatik und somit der Klimakompressor als Nebenaggregat muss die vom Fahrer gewünschte Innenraumtemperatur ermöglichen.

Um die erwähnten Funktionen ausführen zu können, müssen die Zustandsgrössen miteinbezogen werden.

Zur Optimierung der Betriebsstrategie muss über das Blickfeld des Fahrers hinausgeschaut werden. Zum einen wird auf Einrichtungen des Fahrzeuges zugegriffen: Daten von der Kamera und Raddrehzahlsensoren sind heute unerlässlich.

Zum anderen wird auf externe Daten zugegriffen: Das vorausliegende Streckenprofil sowie aufgezeichnete Fahrprofile anderer Fahrzeuge sind Beispiele.

Beim Streckenprofil können Kurven, Gefälle, Steigungen, Kreisel, Kreuzungen und vielleicht sogar Geschwindigkeitsbegrenzungen hinterlegt sein. Dadurch kann das Geschwindigkeitsprofil bis zu einem gewissen Grad berechnet werden. Somit ist die Anbindung an das Navigationssystem oder die Kommunikation über die Mobilfunkverbindung mit anderen Fahrzeugen unerlässlich. Durch den Zugriff auf einen Backend-Server können abgespeicherte Fahrprofile abgerufen werden.

### Rekuperation

In einem rollenden Fahrzeug steckt kinetische Energie (Bewegungsenergie). Sie ist von der Masse und der Geschwindigkeit abhängig. Sie lässt sich mit der nachfolgenden Formel berechnen.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$E_{kin}$ : kinetische Energie in Joule

$m$ : Masse in Kilogramm

$v$ : Geschwindigkeit in Meter/Sekunde

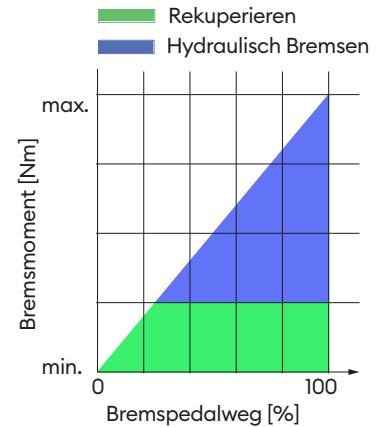


Bild 2: Bremsstrategie

Beim Bremsen (Verzögerungsphase) wird ein grosser Anteil dieser Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt. Die Bremsung kann auf zwei Arten erfolgen. Entweder wird ein direkter Bremsengriff eingeleitet oder der Fahrer nimmt den Fuss vom Fahrpedal und das Betriebsstrategie-Management entscheidet sich für eine Bremsung anstelle eines «Segelns». Idealerweise wird dabei die Bremsleistung zum grössten Teil von der E-Maschine und nur zu einem kleinen Teil von der hydraulischen Bremsanlage erbracht. Im Bild 2 wird eine mögliche Strategie des Bremsvorgangs aufgezeigt. Zuerst wird elektrisch und in der zweiten Phase zusätzlich hydraulisch abgebremst. Wenn viel elektrische Energie benötigt wird, so steht das elektrische Bremsen im Vordergrund und wenn nicht, das hydraulische Bremsen.

Die Rekuperation kann im Vergleich zur Lastpunktverschiebung die Hochvoltbatterie markant effizienter laden, da kein Treibstoff benötigt wird.

Die E-Maschine arbeitet in dieser Phase als Generator und speist das Fahrzeugbordnetz bzw. die Hochvoltbatterie. Die Rekuperationsleistung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Dimensionierung des elektrischen Systems und die Fahrstabilität sind einige davon. Das Fahrzeug darf durch die Rekuperation nicht ins Schleudern geraten. Besonders bei schlechten Strassenverhältnissen könnte die Abbremsung (Rutschgefahr) tragische Folgen nach sich ziehen.

Die Rekuperation wird auch durch die Koppelung des Verbrennungsmotors beeinflusst. Sobald der Motor an den Antriebsstrang gekoppelt ist, verringert sich das mögliche Rekuperationspotenzial durch das vorhandene Schleppmoment. Innerhalb der Systemgrenzen wird situationsbezogen vom Fahr- in den Schubbetrieb gewechselt. Zum Teil wird dem Fahrer über das Display mitgeteilt, dass er den Fuss vom Fahrpedal nehmen soll. Somit wird nicht unnötig Energie verbraucht. Wenn notwendig, kann sogar über eine schwache Rekuperation zusätzlich verzögert werden und das ohne dass der Fahrer Einfluss nehmen muss. Wiederum gibt es Fahrzeuge, bei denen manuell (Paddels) die Rekuperationsstärke eingestellt werden kann.

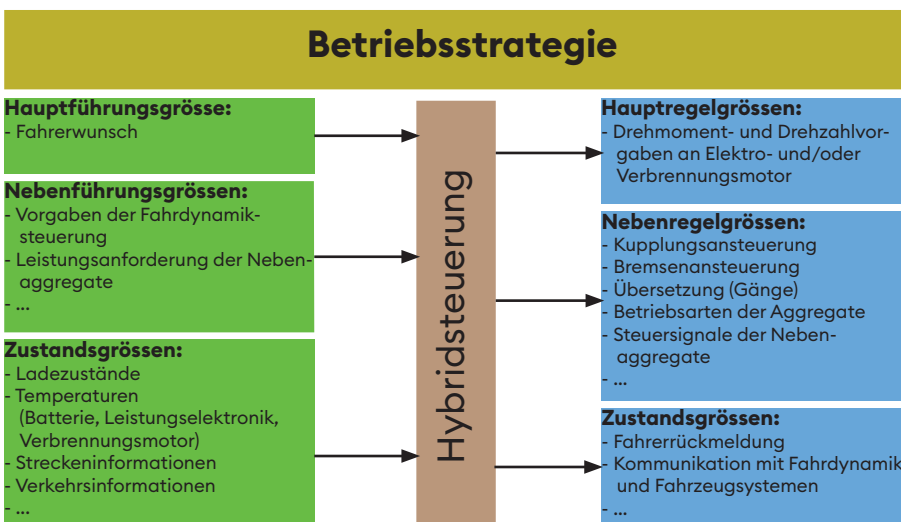


Bild 1: Ein- und Ausgangsgrössen