



# Modellbasierter Emulator von Traktionsbatterien

**Batteriesimulatoren bieten die Möglichkeit die Traktionsbatterien sowie die zugehörigen Managementsysteme (BMS) zu substituieren bzw. zu emulieren und können in ein Gesamtfahrzeugprüffeld integriert werden. ITK Engineering hat einen modellbasierten Ansatz entwickelt, der die Fahrzeugbatterie sowie ihr BMS in Form von Modellen darstellt und auf eine Echtzeitplattform portiert.**

**B**egrenzte Ladekapazität und lange Ladezeiten stellen in der Gesamtfahrzeugentwicklung einen stark limitierenden Faktor bei Dauerlauftests oder bei langen und wiederholten Energie- und Verbrauchsanalysen dar. Aus diesem Grund steigt zunehmend der Bedarf, Fahrzeuge mit elektrifiziertem bzw. mit teilelektrifiziertem Antriebsstrang ohne bordeigene Traktionsbatterie am Prüfstand betreiben zu können. Bei dieser Vorgehensweise müssen die Traktionsbatterien sowie die zugehörigen Managementsysteme (BMS) in Batteriesimulatoren substituiert bzw. emuliert werden. Diese hochdynamischen, leistungsfähigen Gleichstromsteller können in ein Gesamtfahrzeugprüffeld integriert werden. Um ihre Integration optimal, herstellerunspezifisch und fahrzeugenspezifisch zu gestalten, hat ITK Engineering einen modellbasierten Ansatz entwickelt. Dabei wird die Fahrzeugbatterie sowie ihr BMS in

Form von Modellen dargestellt und auf eine Echtzeitplattform portiert. Diese Echtzeitplattform ist mit einer einheitlichen Schnittstelle ausgestattet und dockt sich einerseits an die Fahrzeugkommunikation und andererseits an das Leitsystem des Prüfstands bzw. des Batteriesimulators an. Somit spielt diese die Rolle eines Übersetzers zwischen Antriebsstrang mit seiner Energieanforderung und dem Prüfstand mit seiner Energiebereitstellung. Durch die flexible Konfigurierbarkeit der Modelle wird ein generischer Ansatz verfolgt, der durch simple Bedienung eine Anpassung an die Fahrzeugvariante bzw. Prüfstandsvariante ermöglicht und somit einen Wechsel zwischen verschiedenen Prüfkfigurationen mit minimalem Rüstaufwand gewährleisten kann. Bild 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Gesamtfahrzeugprüfstandes bei dem ein Batteriesimulator als Ersatz für die Traktionsbatterie eingesetzt wird.

## Allgemeiner Ansatz für einen Gesamtfahrzeug-Prüfstand

Ein Gesamtfahrzeugprüfstand besteht im Kern aus einer zentralen Steuerung, im Folgenden auch als Prüfstandleitsystem bezeichnet. Dieses koordiniert u.a. das Steuermodul des Fahrroboters, der mit seinen Laufbändern (bzw. Rollen) den Fahrwiderstand an den Antriebsrädern einprägt. Die gesamten Überwachungs- und Sicherheitsfunktionen sind in der zentralen Steuerung angesiedelt. Dieser Teil des Prüfstandes kommt zum Einsatz beim Betrieb reiner Verbrenner oder beim Betrieb des Fahrzeugs mit bordeigener Traktionsbatterie.

Die größtmögliche Flexibilität im Prüfstandsbetrieb wird erreicht, wenn hingegen das HV-Bordnetz von einem Batteriesimulator gespeist wird. Dieser arbeitet als leistungsfähiger DC-

Steller und wird üblicherweise aus dem dreiphasigen Gebäudenetz versorgt.

In der Regel wird der Batteriesimulator vom Prüfstandleitsystem gesteuert. Eine interne Regelung im Batteriesimulator sorgt für die hochdynamische Umsetzung der Spannungssollwerte in entsprechende Klemmengrößen.

Der Batteriesimulator ersetzt die Batteriezellen durch Bereitstellung elektrischer Energie. Als Substitution für das BMS eignet sich ein Batteriesimulator nur sehr eingeschränkt, da keine einheitliche Schnittstelle zum Antriebsstrang (Kommunikation und Hardwareleitung) vorliegt. Diese Schnittstellen sind fahrzeugspezifisch und unterliegen im Entwicklungsumfeld einem Änderungsfluss. Als intelligenter Ersatz für das BMS wird eine RCP-Einheit (Rapid-Control-Prototyping-Einheit) vorgesehen. Diese kann im Grunde ein beliebiger freiprogrammierbarer Echtzeitrechner sein, welcher über die üblichen Schnittstellen im Automotive-Umfeld verfügt. Der Wirkfluss lässt sich folgendermaßen beschreiben:

- Die RCP-Einheit ist im Antriebsstrang als Ersatz für das BMS über Restbussimulation und Hardware-Signale integriert, sodass die restlichen Komponenten kein Fehlen des BMS feststellen.
- Die RCP-Einheit empfängt die Anforderung des elektrifizierten Antriebsstrangs. Durch ein Modell (siehe Abschnitt 3) werden die Spannungssollwerte ermittelt.
- Die Spannungssollwerte werden an die Prüfstandsteuerung über eine

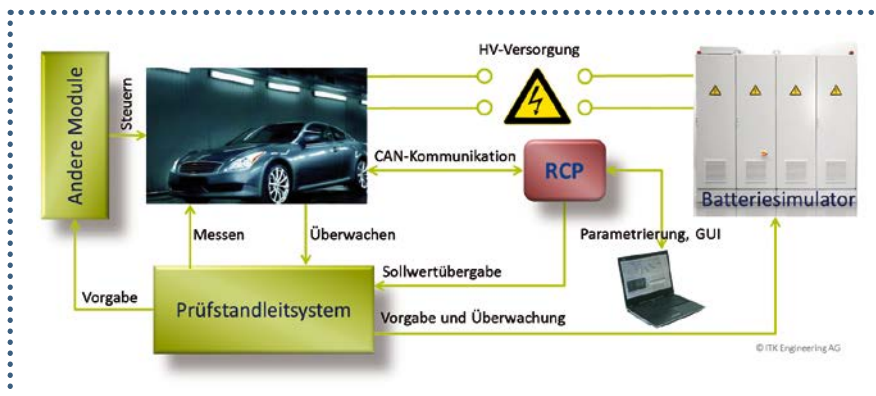
schnelle CAN-Schnittstelle (100 kbit/s) verschickt.

- Die Prüfstandsteuerung empfängt die Spannungssollwerte und gewährleistet die Energiebereitstellung, indem sie den Batteriesimulator ansteuert.
- Die Prüfstandsteuerung überwacht den Prozess der Energiestellung hinsichtlich Sicherheit und Grenzwerte und meldet die Ist-Werte der Spannung und Strom an die RCP-Einheit.
- Über das Batteriemodell regelt die RCP-Einheit die Energiestellung, indem sie den Vergleich zwischen Sollwert und aktuellem Zustand ständig durchführt.

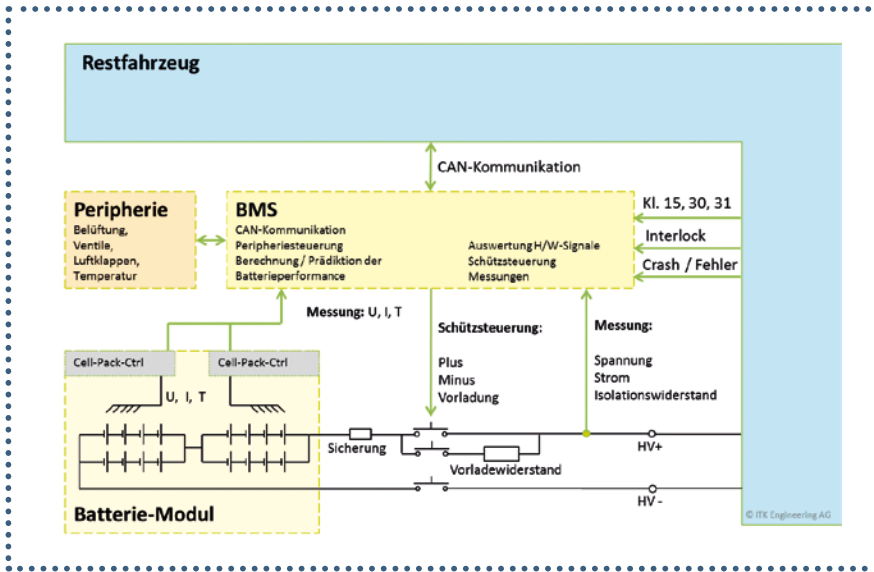
Des Weiteren ist die RCP-Einheit mit einem Bedienrechner und einer GUI (Graphical User Interface) ausgestattet. Der Anwender kann somit das Batteriemodell parametrieren und für den jeweiligen Anwendungsfall konfigurieren.

## Modellierung von Batterie und BMS

Die gesamte Funktionalität der realen Traktionsbatterie und BMS ist in Bild 2 schematisch zusammengefasst. In dem vorgestellten Ansatz ersetzt der Batteriesimulator lediglich die Energiequelle. Die restlichen Komponenten werden von einem in der RCP-Einheit eingebetteten Modell emuliert bzw. simuliert. Dieses bestimmt aus der Historie des Stromverlaufes die zugehörige Klemmenspannung, mit welcher der Batteriesimulator angesteuert wird. Zudem berechnet das Modell weitere »



**Bild 1: Skizze der Testumgebung eines Gesamtfahrzeugprüfstands mit Prüfstandleitsystem und Batteriesimulator als Ersatz für die Traktionsbatterie sowie RCP-Einheit.**



**Bild 2: Schematische Darstellung des Batteriemanagementsystems (BMS) und die Beziehungen zu seiner Umgebung (Fahrzeug, Batterie-Modul, etc.).**

Größen wie SOC, SOH, Stromgrenze, Batterietemperatur, etc. Diese Signale werden in die Restbussimulation eingespeist. Aus Fahrzeugsicht stehen somit sämtliche relevanten Daten zur Verfügung. Damit umfasst das Modell die Nachbildung der eigentlichen Batteriezellen, die Nachbildung der Schütze samt ihrer Steuerung und die Nachbildung der Steuerlogik und Kommunikation mit dem Restfahrzeug. Der Rüstaufwand umfasst lediglich ein Umstecken, somit ist die Versuchsvorbereitung minimal.

### Schnittstelle zum Fahrzeug

Wie das reale BMS stellt das RCP-Modell den Steuergeräten des Antriebsstrangs diverse Informationen bereit. Diese sind relevant, damit der Antriebsstrangkoordinator aus der Momentenanforderung des Fahrers die Momentenverteilung zwischen Verbrenner und E-Maschine vorgeben kann. Auch in Gegenrichtung werden Signale vom Fahrzeug zur RCP-Einheit übermittelt. Es lässt sich eine grobe Übersicht der Schnittstellensignale zusammenstellen, die in der überwiegenden Mehrheit der Fahrzeuge zutrifft:

- Steuerbefehle (Vorladen, Einspeisen, Abschalten),
- Zustand der drei Schütze,
- Fehlermeldungen (z. B. Schütz schließt nicht / klebt),
- Zustand der Hauptsicherung,

- Temperaturen (Zellen, Elektronik),
- Kühlanforderung,
- Elektrische Größen (SOC, Spannung, Strom, Isolationswiderstand, Grenzwerte),
- Vorhersagen zur Leistungsfähigkeit,
- Notwendigkeit von Derating-Maßnahmen.

Die Schnittstellen zum Fahrzeug sind neben diskreten Hardwareleitungen typischerweise CAN-Busse, sowie in der jüngeren Vergangenheit auch Flexray. Naturgemäß sind diese Schnittstellen sehr stark fahrzeugspezifisch und müssen bei der Entwicklung des RCP-Modells berücksichtigt werden.

### Schnittstelle zwischen Modell zum Prüfstand

Ein wesentlicher Vorteil des gewählten Konzeptes ist die indirekte Kommunikation zwischen RCP-Einheit und Batteriesimulator. Dadurch bleibt die Steuerungs- und Überwachungshoheit beim Leitsystem. Ein bereits bestehendes Sicherheitskonzept des Prüfstands wird dadurch nicht berührt. Zwischen RCP-Einheit und Prüfstandsteuerung besteht eine CAN-Schnittstelle, die zur Übermittlung folgender Signale dient:

- Sollwerte für den Batteriesimulator (Spannungssollwert, Stromgrenzwert, etc.),
- Istzustand Batteriesimulator (Istspannung, Iststrom, etc.),
- Steuerungssignale zur Sollwertübergabe,

- Weitere Informationen (Watchdog, Fehlermeldungen).

Für eine sichere Übernahme der Sollwerte von der RCP-Einheit durch die Prüfstandsteuerung ist ein sicherer Übergabemechanismus notwendig. Die RCP-Einheit sendet über CAN eine Anforderung zum Prüfstandleitsystem, um die Sollwertführung zu übernehmen. Die Prüfstandsteuerung akzeptiert diese Anforderung erst nach Überprüfung hinsichtlich der Erfüllung aller notwendigen Bedingungen. So darf z. B. kein Fehler-signal von einer beteiligten Komponente oder System vorliegen. Auch muss die CAN-Verbindung von der RCP-Einheit zur Prüfstandsteuerung zuverlässig funktionieren. Erst dann wechselt die Prüfstandsteuerung in den Modus der externen Sollwertvorgabe und leitet die empfangenen Sollwerte für Spannung und Strombegrenzungen an den Batteriesimulator weiter. In Fehlerfällen (Not-Aus, Prüfstandsfehler, Kommunikationsabbruch, Bedienereingriffe, etc.) wird die externe Sollwertvorgabe blockiert. Die Steuerung fährt ggf. den Batteriesimulator herunter und meldet einen Fehler, der dann vom Anwender zu quittieren ist.

### Fazit

Der dargestellte Ansatz zur Integration von Batteriesimulatoren im Prüffeld zeichnet sich durch die Verwendung eines Modells aus, das die Funktionalität von BMS und Batterie ersetzt. Dieses Modell ermöglicht es, begrenzte Ladekapazität und lange Ladezeiten bei Dauerlauf-tests zu umgehen. Zusätzlich lassen sich verschiedene Fahrzeugprojekte flexibel darstellen. Die Umsetzung ist unabhängig vom Hersteller des eingesetzten Batteriesimulators, beeinträchtigt das Sicherheitskonzept nicht und ist minimalinvasiv im Prüfstandumfeld realisierbar. ■ (oe)

» [www.itk-engineering.de](http://www.itk-engineering.de)



**Dr.-Ing. Hans Schuster** ist Teamleiter Control Systems and Model Based Design bei der ITK Engineering AG.



**Dr.-Ing. Housseem Abdellatif** ist Programm Manager Control Systems and Model Based Design, ITK Engineering AG.