

Studenten der Universität Stuttgart entwickeln elektrischen Rennwagen mit innovativem Batteriemangement

A Winning Formula



Der E0711-2

Motoren:	2 permanentmagneterregte Synchronmotoren mit je 50 kW
Steuerung:	MicroAutoBox II
Akkumulatoren:	Lithium-Polymer-Pouch-Zellen mit 588 V
Gewicht:	266 kg
Beschleunigung:	0 auf 100 km/h in 3,0 s



Das Regelwerk der Formula Student hat strenge Richtlinien, wenn es um die Sicherheit der elektrisch angetriebenen Rennwagen geht. Um diese zu gewährleisten, setzt das GreenTeam Uni Stuttgart bei der Entwicklung seines High-Speed-Boliden auf Technik von dSPACE. Die neue dSPACE MicroAutoBox II steuert die Fahrdynamik, überwacht das Sicherheitssystem und regelt das Batteriemangement.

Das GreenTeam in der Formula Student Electric

GreenTeam Uni Stuttgart ist ein gemeinnütziger Verein, in dem über 30 aktive studentische Mitglieder Elektro-Rennwagen nach dem Reglement der Formula Student Electric entwickeln und bauen. Besonders ist, dass der komplette Entwicklungsprozess, von der Konzeptionierung und Konstruktion über die Fertigung der Teile bis hin zur Montage und Erprobung des Prototyps, von den Studenten selbst gestaltet wird.

Im Oktober 2009 gegründet, war das Ziel die Entwicklung eines Formula-Student-Rennwagens mit einem rein elektrischen Antrieb und die erfolgreiche Teilnahme an Wettbewerben der Formula Student Electric.

Zur Entwicklung des ersten elektrisch angetriebenen Rennwagens wurde das verbrennerangetriebene Weltmeisterschaftsauto von 2008 des

Rennteams, der F0711-3, entsprechend modifiziert und optimiert. Der Fokus lag hierbei vor allem auf der Integration des Elektromotors, der Hochvoltbatterie sowie der erforderlichen Steuerung.

Elektrische Fahrzeugkomponenten

Der zweite Rennwagen E0711-2 der Saison 2010/11 ist mit zwei 50-kW-Elektromotoren, Typ AMK DT7-80-20-POW, ausgestattet, die hinten längs im Fahrzeug verbaut sind und unabhängig voneinander die Hinterräder antreiben. Die notwendige Betriebsspannung wird von einer Hochvoltbatterie, Zellentyp Lithium Polymer (LiPo), geliefert. Ihre Kapazität liegt bei 8,4 kWh mit einer maximalen Spannung von 588 V und einer Energiedichte von 180 Wh/kg. Die Akkumulatoren in diesem Stuttgarter Rennboliden sind in drei Strängen von 140 Zellen in Reihe

angeordnet, womit das Fahrzeug drei unabhängige, parallel geschaltete Batterien hat.

Funktionen eines Batteriemangementensystems (BMS)

Ein BMS wird zur Kontrolle elektrischer und thermischer Vorgänge der Batterie verwendet, wenn mehrere Akkuzellen, die zu einer Batterie zusammengeschaltet werden, überwacht und geregelt werden sollen. In der Fahrzeugtechnik steuert ein BMS darüber hinaus verschiedene Betriebszustände im Fahrzeug, optimiert Lebensdauer und Leistung der Batterie und bringt sie, falls nötig, in einen sicheren Zustand.

Ist das Fahrzeug etwa abgeschaltet, so wird das BMS in einen Schlafmodus versetzt. Befindet sich das Fahrzeug in einem (zyklisch programmierbaren) Wachmodus, können Größen wie Spannung, Stromstärke

oder Temperatur durch das BMS auf Unregelmäßigkeiten oder Ausfälle hin überwacht werden. Diese werden dann in Echtzeit an den Fahrer und auch an das Rennteam übermittelt, die so entsprechende Maßnahmen treffen können.

Anforderungen an das Batteriemanagementsystem

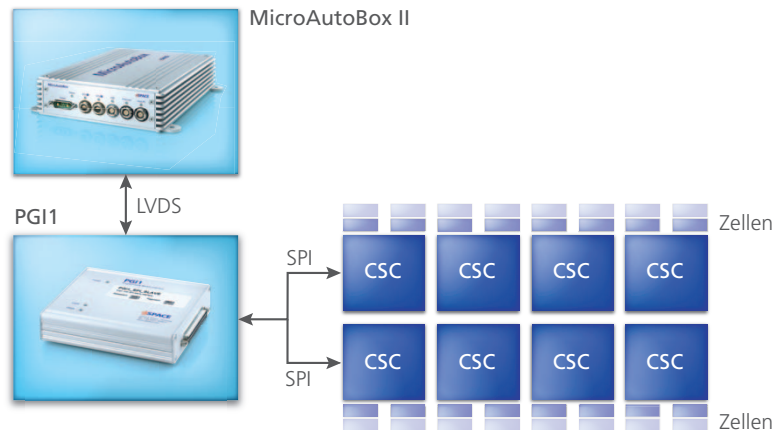
Das Reglement der Formula Student Electric Germany (FSE) gibt für den Rennwagen E0711-2 vor, dass sich ein Batteriesystem selbsttätig abschaltet, wenn dessen Zellen außerhalb der vorgegebenen Parametergrenzen arbeiten. Für den vollen Funktionsumfang des BMS müssen weitere Eingangsgrößen zur Optimierung des Batteriemanagements erfasst und ausgewertet werden. Dazu gehören die Spannungen der einzelnen Zellen und deren Temperaturen. Darüber hinaus müssen Zustände wie Überladung, Tiefenentladung, Überströme, Kurzschlüsse und die Umgebungstemperatur erfasst werden. Dadurch wird das Risiko minimiert, dass eine geschwächte

oder ausgefallene Batteriezelle die anderen Zellen des in Reihe geschalteten Systems und damit die Gesamtleistung beeinflusst. Dies ist besonders in der Formula Student Electric wichtig, da die Batterieladung eines elektrisch angetriebenen Rennwagens auch in einem Ausdauerrennen (insgesamt

22 km) über die gesamte Zeit halten muss, ohne neu geladen zu werden.

Konzeption des BMS

Um einen zuverlässigen Betrieb der Batterie zu gewährleisten, ist das Team folgendermaßen vorgegangen: Die abgegriffene Leistung wird als

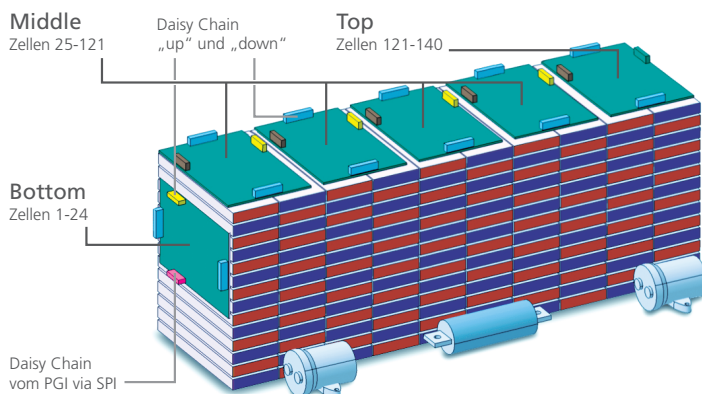


Batteriemanagementsystem: Die dSPACE MicroAutoBox II ist über den LVDS-Bus mit dem dSPACE Schnittstellenmodul PGI1 verbunden und kontrolliert das BMS. Das PGI1 bezieht über SPI-Busse Informationen von den Cell-Supervisor-Controllern, die die einzelnen Zellen überwachen.

„Mit der MicroAutoBox II und dem dSPACE PGI1 können wir elementare Zustände der Hochvoltbatterie präzise erfassen und das Sicherheitssystem steuern.“

Leonardo Uriona, Teamleiter E0711-2





Das Batteriemodul Bottom beinhaltet Batteriezelle 1-24, Middle beinhaltet Batteriezelle 25-121 und Top beinhaltet Batteriezelle 122-140.
Das Bottom-Modul bildet die Schnittstelle zum dSPACE PGI1-Modul mittels SPI-Bus.
Das Top-Modul beendet die Daisy Chain des Bussystems, das die Informationen übermittelt.

Funktion von Temperatur T und Ladezustand SOC (State of Charge) geregelt. Überladung und Tiefenladung werden durch eine Intervallsteuerung verhindert: An der oberen Grenze (4,2 V) wird der Ladevorgang unterbrochen, dann werden alle Zellen auf die niedrigste Spannung balanciert. Sobald alle Zellen die gleiche Spannung haben, wird versucht, diese auf 4,2 V zu laden. Der Ladevorgang wird so iterativ fortgesetzt bis alle Zellen bei ihrem maximalen SOC liegen. An der unteren Ladegrenze (3,5 V) errechnet das System den

erwarteten Spannungsabfall, so dass die Batterielast die untere Grenze nicht überschreitet. Über das Verhältnis der SOC-Kennlinien, der Temperatur und der noch zu fahrenden Kilometer kann das BMS errechnen, wie viel Leistung freigegeben werden kann. Dies geschieht mit Hilfe der dSPACE MicroAutoBox II.

dSPACE Technik im Rennwagen

Die MicroAutoBox II dient als Rechenzentrale für das Batteriemanagementsystem. Sie überwacht das Gesamtsystem und verarbeitet über LVDS (Low Voltage Differential Signaling)-Bus die Informationen aus dem dSPACE PGI (Programmable Generic Interface). Das PGI kommuniziert dann per SPI (Serial Peripheral Interface) mit den einzelnen CSC (Cell Supervisory Controller).

Die Auswertung der Batteriezellen und verschiedene Steuerungsmechanismen übernimmt ein BMS-Modell, das auf einer dSPACE Engineering-Lösung basiert. Das dSPACE-gestützte Batteriemanagement hat sich für das GreenTeam bewährt und wird auch in dieser Form im richtigen Wettbewerb eingesetzt. Die vielen Erfolge des Rennteams mit dem elektrischen



Edward Eichstetter (links)
Edward Eichstetter ist Teamleiter Gesamtfahrzeug des GreenTeam Uni Stuttgart, Deutschland.

Leonardo Uriona (rechts)
Leonardo Uriona ist Teamleiter Gesamtfahrzeugelektronik des GreenTeam Uni Stuttgart, Deutschland.

Rennwagen der zweiten Generation belegen die zuverlässige Funktion des Fahrzeugs.

Die Entwicklung schreitet voran

Das Greenteam Uni Stuttgart konnte in 4 Wettbewerben bereits 3 Top-Platzierungen für sich verbuchen. 2010 wurde in Deutschland und Italien beide Male der Gesamtsieg gefeiert. Auch 2011 bewies das Team seinen Kampfgeist mit dem zweiten Platz in Italien.

Diese Erfolge motivierten das Team, jedes Jahr mit einem neuentwickelten und verbesserten Rennwagen in Deutschland auf dem Hockenheimring und in Italien anzutreten. Darüber hinaus strebt das Team noch weitere Teilnahmen an internationalen Wettbewerben an.

Inzwischen befindet sich das GreenTeam an den Arbeiten für den E0711-3, die nun dritte Generation selbstentwickelter Elektro-Rennboliden. ■

Edward Eichstetter
Leonardo Uriona
GreenTeam Uni Stuttgart

