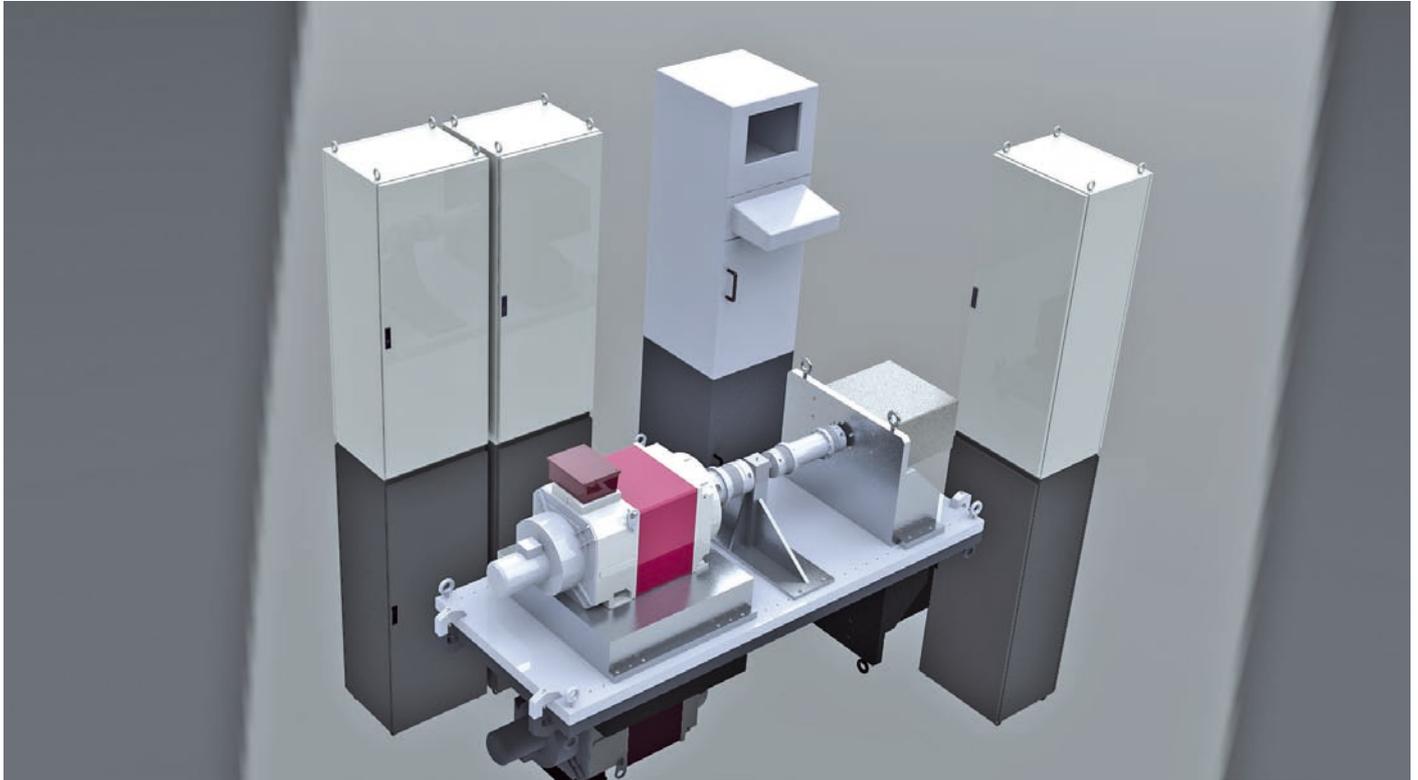


Auf dem Prüfstand

So lässt sich die Zukunft der Elektromobilität schon heute testen



Ingo Völlmecke

Viele Komponenten, die in Zukunft in elektrisch betriebenen Fahrzeugen eingesetzt werden, befinden sich heute noch in der Entwicklung oder der Erprobung. Die Verifikation der Ergebnisse erfolgt auf Prüfständen, die neben der elektrischen Versorgung für den Fahrbetrieb auch entsprechende elektrische Belastungseinheiten für den Bremsbetrieb zur Verfügung stellen. Lesen Sie, warum diese Prüfstände für die kostengünstige Erprobung und eine erfolgreiche Entwicklung der Antriebstechnik unumgänglich sind.

Neben einer Betrachtung der Einzelkomponenten rückt eine ganzheitliche Wertung des kompletten elektrifizierten Antriebsstrangs immer weiter in den Fokus. Parallel zur Optimierung der Komponenten, die beim aktuellen Stand der Technik nahezu abschlossen ist, werden weitere Verbesserungen nur über eine übergreifende, elektromechanische Optimierung möglich sein, die auch das Einsatzgebiet der jeweiligen Fahrzeuge einbezieht. Diese Optimierung muss neben dem Zusammenspiel der einzelnen Komponenten auch die Zielapplikation mit all ihren Randbedingungen

berücksichtigen. In **Bild 2** ist der gesamte elektromechanische Antriebsstrang mit den Einzelkomponenten skizziert.

Zielapplikation auf dem Prüfstand

Die Umsetzung und Weiterentwicklung der Elektromobilität sind einem rapid wachsenden Druck durch die gesellschaftlichen Anforderungen ausgesetzt. Schon vor der Initiierung der Kampagne zur Elektromobilität durch die Bundesregierung im August 2009 befanden sich erste Prototypen auf der Straße, deren Daten jetzt den Entwicklungsabteilungen zur Verfügung stehen. Neben der reinen Auswertung der Messdaten und der damit einhergehenden Optimierung der Fahrzeugkomponenten können diese Daten für weitergehende Untersuchungen auf Prüfständen genutzt werden, auf denen eine komplette Abbildung des Antriebsstrangs möglich ist.

Dieses Nachfahren der Straßendaten unter teilsynthetischen Umgebungsbedingungen kann damit zur Verifikation von Abweichungen im Flottenversuch und der Bewertung von Modifikationen genutzt werden. **Bild 3** zeigt, wie aus den einzelnen

Versuchs- und Prüfstandsdaten neue Vorgaben für die Entwicklung und Modifikationen für die Zielvorgaben generiert werden können.

Im Flottenversuch

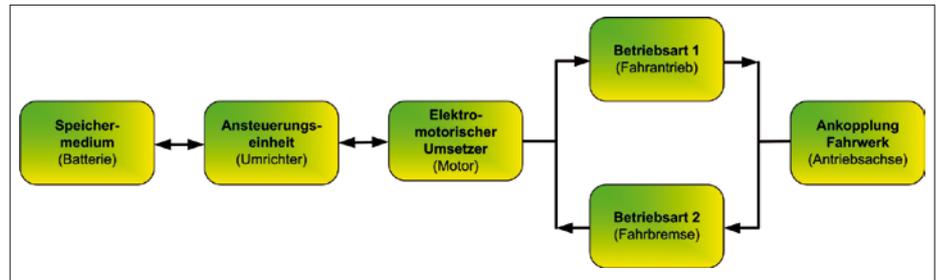
Bei den Flottenversuchen werden relevante Messdaten in Versuchsfahrzeugen mit intelligenten Datenloggern aufgezeichnet. Neben den elektromechanischen Daten können auch meteorologische Daten erfasst werden. Zusätzlich zu den Primärparametern werden weitere Messdaten aus Feldbussystemen und GPS-Bewegungsdaten aufgezeichnet. Anhand der GPS-Daten können Bewegungsprofile erstellt werden, die zur Verifikation der Lade- und Entladevorgänge innerhalb des Elektrostrangs genutzt werden. Die Bewegungsprofile werden zudem zur Generierung von berufspezifischen Setups genutzt.

Die Datenlogger für die Flottenversuche benötigen neben der reinen Messfunktionalität weitergehende Funktionen, wie sie z. B. von Messgeräten der Cronos PL-Serie von imc zur Verfügung gestellt werden. Dazu zählen unter anderem die Multitriggerung unterschiedlicher Ereignisse, die Online-Datenverarbeitung, die Datenreduktion von analogen und digitalen Signalen bei Erhalt der Zeitsynchronität oder die permanente Speicherung von Messdaten bei einem Spannungsausfall mit definierter Abschaltung und Abschluss/Sicherung der Messdatendateien.

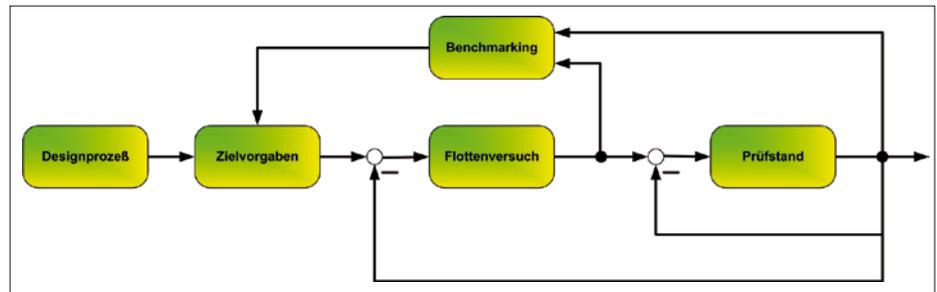
Diese zusätzlichen Funktionalitäten sichern eine durchgehende Datenaufzeichnung, die auch im Rahmen der Entwicklung und Optimierung besonders interessanter Fehlersituationen noch sicher funktioniert. Zudem werden die anfallenden Datenmengen minimiert, so dass bei fixem Speicherplatz eine längere Messzeit auf der Straße möglich ist. Hilfestellung bei der Entwicklung und Anpassung geben Feldbusassistenten oder das Messsystem Online-Famos für die Datenverarbeitung auf Hochsprachenebene. Diese Tools werden bei Automobilherstellern schon seit mehreren Jahren weltweit im harten Straßeneinsatz eingesetzt.

Prüfstand zur Off-Road-Messung

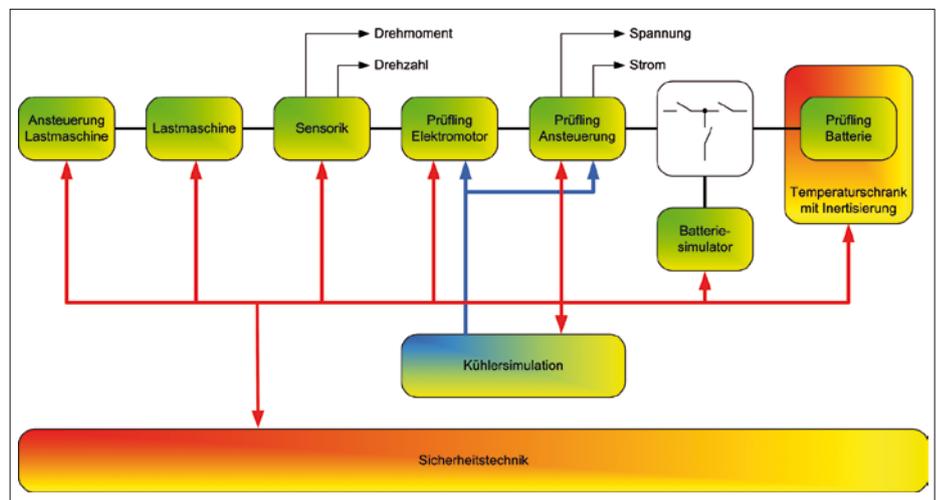
Die Generierung von Messdaten aus Flottenversuchen ist eine notwendige Methode zur Vertiefung der Kenntnisse über den Alltagseinsatz. Diese Kenntnisse sind jedoch für nicht hinreichend für die Verifikation von Optimierungen, die im Zuge von Kostenreduktion und Gewichtseinsparungen durchgeführt werden. Für die Beurteilung dieser Fälle schwanken die Randbedingungen des Flottenversuchs in der Regel zu stark. Deshalb werden Prüfstände zur Verifikation von Systemänderungen und zur Durchführung von Dauerläufen eingesetzt.



2: Schematische Darstellung des Gesamtantriebsstrangs.



3: Flottenversuche auf dem Prüfstand.



4: Aufbau eines Prüfstands für einen elektromobilen Antrieb.

Die Randbedingungen von Testläufen auf Prüfständen sind im Rahmen der geforderten Abhängigkeiten konstant. Sie können sogar bewusst erzwungen werden, wenn entsprechende Komponenten vorgesehen werden.

Für den Aufbau eines Prüfstands werden für einen umfassenden Test die in Bild 4 dargestellten Komponenten benötigt. Diese Komponenten werden von einer zentralen Sicherheits- und Steuerungstechnik überwacht und angesteuert. Die Überwachungsanlage berücksichtigt dabei sowohl die elektromechanischen als auch die chemischen Prozessgrößen, soweit sie nicht von einer separaten Sicherheitseinrichtung (Batterie-Management-System) überwacht werden. Begleitend hierzu werden passive Schutzmaßnahmen, z. B. für den Fall einer Batteriehavarie, getroffen.

Neben der Steuerung des Prüfstands, der Messdatenaufnahme und der Bereitstellung von Steuerungssignalen sind weitere Sig-

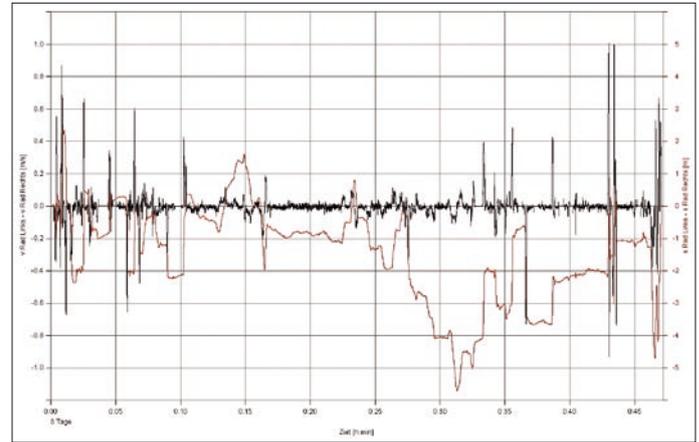
nale für den Betrieb des Prüflings erforderlich. Die Systemkomponenten, die heute in sicherheitsrelevanten Bereichen der Automobilindustrie verbaut werden, benötigen zusätzliche Signale, die weitgehend über



5: Doppelprüfstand für den synchronen Test von Radnabenmotoren.



6: Zeitverlauf von Geschwindigkeit und zurückgelegtem Weg für eine beispielhafte Fahrt von Berlin nach Potsdam.



7: Zeitverlauf der Differenzgeschwindigkeit v und des Differenzweges s zwischen dem linken und dem rechten Antriebsrad auf der Fahrt von Berlin nach Potsdam.

Feldbusysteme wie CAN oder Flexray zur Verfügung gestellt werden. Diese Signale werden von einem Restbussimulator zur Verfügung gestellt. Das im Prüfstand integrierte Mess- und Steuersystem kann zur Protokollierung des Datenflusses zwischen den einzelnen Komponenten genutzt werden.

Implementierte Prüfungen

Der Ausbau der Prüftechnik ist für alle Aufgabenstellungen der Elektromobilität ausgelegt und stellt einen Pool von Prüfkonfigurationen zur Verfügung.

Untersuchung von Einzelkomponenten:

Zu den Einzelkomponenten des Antriebsstrangs zählen z. B. die Kennlinienaufnahme des Motors (generatorisch oder motorisch), Sonderprüfungen wie Leerlauf- oder Kurzschlussversuch, Bestimmung der Leistungsdaten der Ansteuerung, Untersuchung von Batteriezuständen bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen, Auswirkung verschiedener Kabeltypen und Kabellängen. Bei diesen Prüfungen wird die Leistungsfähigkeit der Komponenten überprüft, so dass Aussagen über Parameterstreuungen getroffen werden können.

Prüfung mit simulierten Komponenten:

Bei diesen Prüfarten werden Teilbereiche des Antriebsstrangs durch simulierte Komponenten ersetzt. So können z. B. Messungen mit einer Batteriesimulation durchgeführt werden, bei denen sowohl der Lade- als auch der Entladevorgang reproduzierbar simuliert werden. Dabei können entweder unterschiedliche Kennlinien der Batterie, unterschiedliches thermisches Verhalten oder Alterungszustände simuliert werden. Vorteil dieser Tests ist es, dass Parameterschwankungen bei aufeinander folgenden Prüfungen vermieden werden, wie sie bei realen Objekten auftreten können. Die Prüfungen werden am kompletten Antriebsstrang durchgeführt. Der Fokus liegt

auf der Betrachtung des Verhaltens von Einzelkomponenten, die aber in einer synthetischen Umgebung präziser geprüft werden können.

Prüfungen am realen Antriebsstrang:

Neben den beschriebenen Prüfungen an Teilkomponenten sind die Prüfungen am realen Antriebsstrang von besonderem Interesse. Diese geben Aufschluss über die Leistungsfähigkeit der Gesamtanlage, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten und ermöglichen erst die Aufdeckung von Optimierungspotentialen. Dazu wird der komplette Antriebsstrang auf dem Prüfstand aufgebaut. Als Prüfungen werden entweder Daten von realen Streckenfahrten herangezogen oder synthetische Verläufe, die zu Testzwecken generiert werden. Die Vorgabe für die generatorische oder die motorische Betriebsart des Energiewandlers wird von der Ansteuerungseinheit in Lade- und Endladevorgänge der Batterie umgesetzt. Neben den Vorgaben für längere Fahrten können auch isolierte, transiente Vorgänge und deren Auswirkungen auf den Antriebsstrang überprüft werden. Dazu zählen z. B. Parkvorgänge, Misuse-Tests, Start-Stopp-Vorgänge, Anfahr- oder Abbremsvorgänge, Steigungs- oder Gefällefahrten, Kurvenfahrten usw.

Radnabenmotoren:

Neben der Überprüfung von Einzelmotoren im Antriebsstrang als elektrische Komponenten eines Hybridantriebs oder als elektromechanischer Wandler in einem reinen Elektrofahrzeug werden in Zukunft auch einzelne Wandler direkt an den Rädern eine zunehmende Bedeutung erlangen. Diese Einzelantriebe benötigen eine aufwendigere Steuerungstechnik, da Abweichungen zwischen den Raddrehzahlen sofort zu einer Querbeschleunigung des Fahrzeugs führen. Die Prüfstände zur Überprüfung eines solchen Setups erfordern einen besonderen Aufbau und eine individuelle Vorgabe der Drehzahlen der Einzelräder

(Bild 5). Die Vorgaben für die Einzelräder können bei aktuellen Fahrzeug-Setups unter Berücksichtigung der Fahrdynamik den Steuergeräten für ABS, ASR oder ESP, welche die Einzeldrehzahlen erfassen, entnommen werden. Hierbei besteht der Prüfstand aus zwei mechanisch getrennten Belastungseinheiten mit den entsprechenden Prüflingen und deren Ansteuerungen. Die Speisung erfolgt im motorischen Betrieb über die Batterie des Fahrzeugs. Bei der generatorischen Betriebsart muss die Ansteuerung der Prüflinge die Ladespannung der Batterien synchronisieren. Neben der elektromechanischen Überprüfung der beiden parallelen Antriebsstränge kann die für dieses Fahrzeug-Setup besonders wichtige Synchronisationssoftware auf dem Prüfstand validiert werden.

Wichtige Daten für die Entwicklung

In den Bildern 6 und 7 sind beispielhaft die Messdaten für eine Fahrt von Berlin nach Potsdam angegeben. Anhand dieser Daten können nun Prüfprofile generiert werden, die eine Vorgabe von unterschiedlichen Drehzahlen für die einzelnen Radmotoren ermöglichen.

Die realen Straßendaten werden neben weiteren Messgrößen als Grundlage für den systematischen Test der einzelnen Komponenten und den Gesamttest des kompletten elektrifizierten Antriebsstrangs genutzt. Mit Hilfe der am Prüfstand bestimmten Erkenntnisse wird eine Bewertung durchgeführt, die in den Entwicklungsprozess eingreift und die Optimierung der jeweiligen Komponenten unterstützt.

IMC
8909850

WWW
www.vfv1.de/#8909850