Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 100 (2009)

Heft: 6

Artikel: Lithiumionen-Batterien als Speicher für Elektrofahrzeuge : Teil 2 : technischer Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen

Autor: Vezzini, Andrea

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856384

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Lithiumionen-Batterien als Speicher für Elektrofahrzeuge

Teil 2: Technischer Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen

Während der erste Teil des Artikels im Bulletin SEV/VSE 3/2009 sich mit dem aktuellen Stand der Lithiumionen-Batterietechnologie befasst, geht der zweite Teil nun der Frage nach, welche Einsatzmöglichkeiten sich in Elektro- und Hybridfahrzeugen ergeben. Aus den Anforderungen an solche alternative Antriebssysteme für den alltäglichen Gebrauch lassen sich dann die Spezifikationen für die Batterie ableiten. Der Einsatz im Auto mit den Ansprüchen in Bezug auf Zuverlässigkeit und Lebensdauer ergibt zudem zusätzliche Anforderungen an das Systemdesign.

Dass bei der aktuellen Diskussion um alternative Antriebe die Hybridtechnologie im Vordergrund steht, erklärt sich einerseits dadurch, dass die etablierten Hersteller keine reinen Elektrofahrzeuge anbieten, sondern nur Hybridmodelle (weltweit 29

Andrea Vezzini

Modelle im Jahr 2009, Tendenz steigend). Andererseits besteht bei vielen Käufern aber auch die Angst, mit einem reinen Elektroantrieb wegen der begrenzten Reichweite auf der Strasse liegen zu bleiben und dann wegen fehlender Ladegelegenheit oder wegen der langen Ladezeit unnötig aufgehalten zu werden. Da im Allgemeinen ein Fahrer weiss, wie weit er zu fahren gedenkt, erklärt sich diese Angst durch ein generelles Misstrauen in die Zuverlässigkeit der Batterie bzw. der Reichweiten- und Ladezustandsangaben. Zudem steht eine reine Batterielösung unter dem Verdacht, nicht immer verfügbar zu sein, da die Ladezeit je nach Batterietyp und Ladegerät mehrere Stunden beträgt.

Die Hybridtechnologie bietet hier die Gewissheit einer praktisch unlimitierten Reichweite, da durch die Kombination des Verbrennungs- mit dem Elektromotor sich die Vorteile der jeweiligen Antriebstechnik ergänzen und deren Schwächen aufgehoben werden. Hinzu kommt, dass die Automobilindustrie auf den Umstand hinweist, dass nur mit der Hybridtechnologie und deren relativ kleinem Batterievolumen ein marktgerechter Preis möglich sei. Reine Elektrofahrzeuglösungen werden mit dem Hinweis auf zu hohe Batteriekosten als gegenwärtig nicht realisierbar beurteilt. Heute verfügbare Fahrzeuge wie der Tesla Roadster oder das Stadtfahrzeug von Think untermauern leider diese Aussage: Im Vergleich zur Konkurrenz mit Verbrennungsmotor kosten sie mindestens das Doppelte.

Der Einsatz von Leistungselektronik, elektrischen Maschinen und Batterietechnologie in Hybridfahrzeugen bereitet nun aber trotzdem den Weg für rein elektrische Fahrzeuge. In diesem Zusammenhang kündigen die Automobilhersteller an, in den kommenden 5 Jahren Fahrzeuge auf den Markt zu bringen, die bis zu 100 km elektrisch fahren. Dies ist das Resultat der Erfahrungen von Hybridfahrzeugen.

Grundlagen der Hybridtechnologie

Hybridfahrzeuge, die heute käuflich sind, kombinieren meist einen etwas schwächeren Elektroantrieb mit einem Verbrennungsmotor, der genügend Kraft aufweist, um gängige Höchstgeschwindigkeiten jenseits

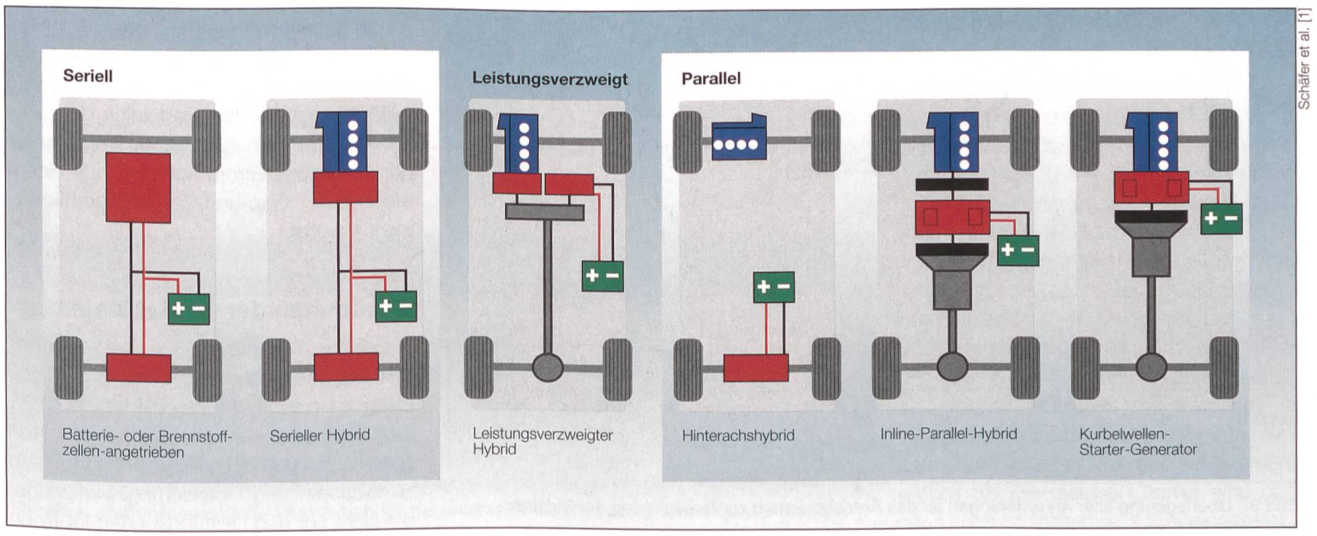


Bild 1 Anordnung des Elektromotors in verschiedenen Varianten der Hybridtechnologie.

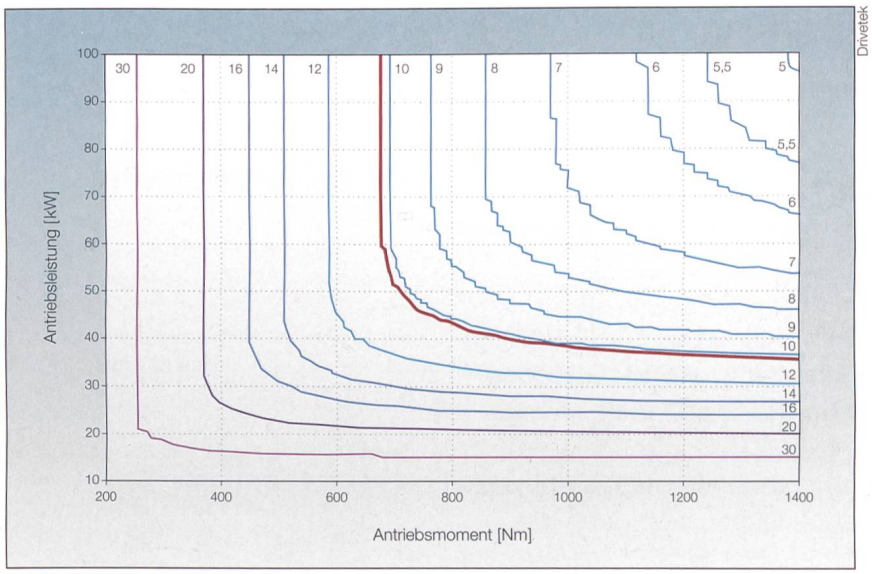


Bild 2 Beschleunigungszeiten 0–100 km/h für ein Fahrzeug mit einem Leergewicht von 720 kg in Funktion der Antriebsleistung und des Antriebsmoments am Rad.

der 140-km/h-Grenze zu erreichen. Dabei wird der Elektromotor in Abhängigkeit der gewählten Hybridstrategie auf unterschiedliche Art in den Antriebsstrang integriert. Daraus abgeleitet ergeben sich die Klassifizierungen nach Bild 1.

Die Grösse der Batterie und die Fähigkeit, rein elektrisch zu fahren, nimmt mit zunehmender elektrischer Antriebsleistung zu. Insbesondere in der Variante des seriellen Hybrids ist die elektrische Antriebsleistung grösser als die des mitgeführten Verbrennungsmotors. Man spricht in diesem Fall von einem Range-Extender-Konzept oder APU (Auxiliary Power Unit).

Der gleichzeitig mit dem Verbrennungsmotor arbeitende Elektromotor verbessert den Gesamtwirkungsgrad der Antriebskette durch eine Kombination der folgenden Strategien: Die Start/Stopp-Automatik stoppt den Motor, wenn er keine Leistung liefern muss. Zudem wird der Strom für die elektrische Bordspannung mit dem Generator effizienter erzeugt als mit dem normalerweise verwendeten Klauenpolgenerator. Wichtig ist ausserdem, dass der Elektromotor den Verbrennungsmotor beim Beschleunigen unterstützt, womit Letzterer mit weniger dynamischen Lastwechseln arbeiten kann. Zudem wird die Last an den optimalen Arbeitspunkt des Verbrennungsmotors angepasst (Load Point Uprating). So arbeitet der Motor mit einer höheren Effizienz und lädt dann gleichzeitig die Batterie.

Auch beim Bremsen verpufft die Energie nicht einfach in Wärme, sondern wird in der Batterie gespeichert. So kann das Fahrzeug in Regionen geringer Leistung rein elektrisch fahren – mit entsprechend hohem Wirkungsgrad. In Hybridfahrzeugen, die ihre gesamte Fahrenergie nur aus Treibstoff beziehen (autarke Hybridfahrzeuge), wird die Batterie von einem ausgeklügelten Energiemanagement immer in einem für die Lebensdauer optimalen Ladezustand gehalten (siehe Teil 1 dieser Artikelserie).

Steckdosenhybrid und Elektrofahrzeuge

Die im vorherigen Absatz gemachten Bemerkungen zum Thema Hybridantrieb gelten natürlich auch für sogenannte Steckdosenhybride (Plug-in-Hybrid, PHV). Hauptmerkmal hier ist, dass solche Fahrzeuge über typische Pendlerdistanzen rein elektrisch fahren. Da dies auch auf Autobahnen möglich sein soll, erfordert es einen elektrischen Antriebsstrang mit der Leistung eines Verbrennungsmotors. Auch die Batterie muss entsprechend gross dimensioniert werden. Der Unterschied zu autarken Hybridsystemen ergibt sich nun aus der Tatsache, dass die Antriebbatterie direkt aus dem Versorgungsnetz mit elektrischer Energie geladen wird. Durch die höhere Energieeffizienz des elektrischen Antriebs und bei genügend hohem Anteil CO_2-freier Energieproduktion ergibt sich bei Plug-in-Hybriden deshalb eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs und eine Reduktion der CO_2-Emmissionen.

Das Gleiche gilt natürlich verstärkt für Elektrofahrzeuge, weshalb Plug-in-Hybride als Wegbereiter der rein elektrischen Fahrzeuge angesehen werden. Bei kürzlich an der Berner Fachhochschule durchgeführten Messungen am Elektrofahrzeug Mitsubishi iMiEV ergab sich eine Reduktion der CO_2-Emmissionen um rund 60%, selbst wenn der elektrische Strom komplett aus einem modernen Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk stammt.

Bestimmen der Antriebsleistung

Bei der Auslegung der elektrischen Antriebskomponenten eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs gilt es, die Antriebsleistung und das Gewicht der mitgeführten Batterie zu optimieren. Hierzu benötigt man Simulations- und Optimierungswerkzeuge, die nicht nur den Leistungsbedarf für einen Betriebspunkt bestimmen, sondern die

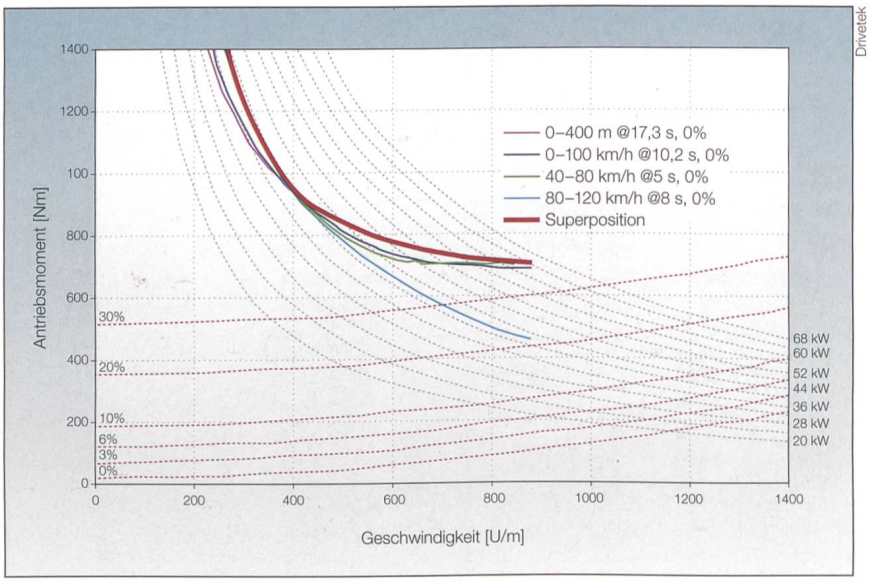


Bild 3 Überlagerung aller Anforderungen an das Antriebssystem zur Bestimmung der Maximal- und Dauerleistung.
Die rote Linie stellt die Eckpunkte (Nennbetriebspunkt) aller infrage kommenden elektrischen Maschinen dar.

umgesetzte Energie über vordefinierte Betriebszyklen ermitteln. Dabei ist es wichtig festzustellen, in welchen Betriebspunkten der grösste Anteil der Energie umgesetzt wird. Die Berner Fachhochschule hat dazu Werkzeuge entwickelt, die aus den dynamischen und statischen Antriebsanforderungen Hüllkurven für die elektrische Antriebskomponente ableiten (Bilder 2 und 3).

Die resultierende Hüllkurve definiert die geforderte Spitzenleistung des Antriebs. Einer der grossen Vorteile des elektrischen Antriebs im Vergleich mit dem Verbrennungsmotor ist nun die Möglichkeit, die elektrische Maschine kurzzeitig mit einem Mehrfachen der Dauerleistung zu betreiben. Daraus ergeben sich die Spezifikationen für Dauer- und Spitzenleistungen.

Werden nun die auf diese Weise ausgelegten elektrischen Antriebe in Verbrauchssimulationen eingesetzt, ergeben sich Histogramme für die umgesetzte Energie, wie in Bild 4 dargestellt. Für den Fall des Zürcher Pendlerzyklus, einem realitätsnahen Fahrzyklus, der an der ETH Zürich entwickelt wurde, ist ersichtlich, dass der Wirkungsgrad sowohl für Geschwindigkeiten unter 50 km/h als auch für typische Überlandgeschwindigkeiten optimiert werden muss.

Betrachtet man zudem Bild 5, so ist ersichtlich, dass eine Optimierung besonders für den Teillastbereich erfolgen muss. Dadurch wird auch der Bereich der Dauerleistung definiert, in dem der elektrische Antrieb seinen besten Wirkungsgrad haben sollte.

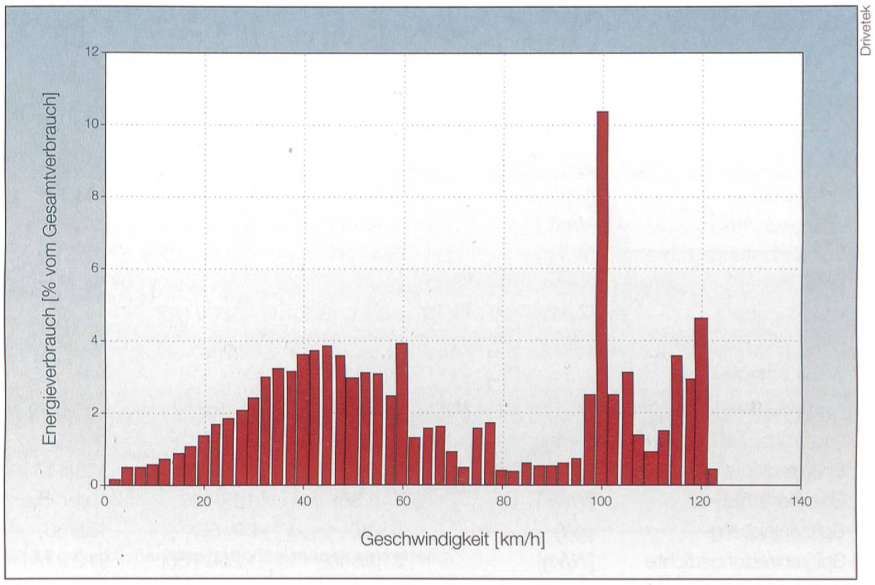


Bild 4 Verteilung des Energieverbrauchs auf die gefahrenen Geschwindigkeiten für den Zürcher Pendlerzyklus.

Resultierende Batteriegrössen

Sind mithilfe der Simulationen die Komponenten des Antriebsstrangs bestimmt (Verbrennungsmotor und Elektroantrieb beim Hybrid, nur Elektroantrieb beim Elektrofahrzeug), ergibt sich die benötigte Batteriegrösse in Funktion der maximal geforderten Leistung und Reichweite. Entspricht die gefundene Lösung nicht der für die Simulation gemachten Annahmen, sind weitere Iterationen nötig.

Eine Zusammenfassung solcher Simulationen ist in Tabelle I. Ausgehend von einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor mit einem Leergewicht von 1260 kg kann man die benötigten Batteriegewichte in Funktion der geforderten Reichweiten auslesen. Dabei geht man davon aus, dass für jedes Kilogramm Batteriegewicht rund ein halbes Kilogramm Zusatzgewicht entsteht (Antrieb, Leistungselektronik, Packaging).

Interessant ist nun zu beobachten, welche Strategie die zwei Automobilhersteller verfolgen, die für 2010 bzw. 2012 erste serienmässige Plug-in-Hybridfahrzeuge angekündigt haben: Toyota plant eine Plug-in-Variante des erfolgreichen Prius. Von 2009 bis 2012 laufen Versuche für die optimale Auslegung der Antriebsbatterie. In einem leicht modifizierten Prius der dritten Generation mit zwei aus der Serie bewährten NiMH-Batteriepaketen wird zusammen mit der EDF das Verhalten im täglichen Gebrauch studiert. Die Batteriekapazität beträgt rund 5 kWh, was zu einer elektrischen Reichweite von 15–20 km führt. Aufgrund der NiMH-Technologie beträgt das Gewicht rund 110 kg, was bei der endgültigen Serienversion ab 2012 mit Lithiumionen-Batterien bei gleicher Batteriekapazität etwa 55 kg entsprechen sollte. Aufgrund der begrenzten elektrischen Antriebsleistung der aktuellen Prius-Generation erreicht das Fahrzeug allerdings nur eine elektrische Spitzengeschwindigkeit von 80 km/h. Das Fahrzeug wird nur an Flottenkäufer im Leasing abgegeben.

General Motors plant im zukünftigen Chevrolet Volt (baugleiche Plattform: Opel Ampera) eine Batterie mit 16 kWh. Diese wiegt 175 kg, was einer Energiedichte von 91 Wh/kg entspricht. Dass dies durchaus realistische Werte sind, bestätigt ein Überblick über die aktuellen Batterieprojekte in Tabelle II. Trotz Dichten der Hochenergiezellen von bis zu 160 Wh/kg ergeben sich schlussendlich in der fertig verpackten Energieeinheit inklusive Ansteuer- und Sicherheitselektronik noch Energiedichten von knapp 90 Wh/kg.

Batteriepackaging und Management

Am Beispiel des Chevrolet Volt lässt sich zeigen, in welche Richtung die Batterieentwicklung für Plug-in-Hybridfahrzeuge geht. Nach gleichzeitig stattfindenden Tests mit Lithium-Eisenphosphat-, Lithium-Titanat- und Lithiumionen-Mangan-Batterien hat sich GM zur Kooperation mit LG Chem entschlossen und setzt deren Lithiumionen-Polymer-Batterie mit Mangankathoden ein. Dabei dürften vor allem kommerzielle Überlegungen ausschlaggebend gewesen sein, da es sich technisch um die leistungsschwächste der 3 Technologien handelt, die jedoch kostenmässig am weitesten entwickelt ist. Die gleiche Chemie wird übrigens auch im Mitsubishi iMiEV eingesetzt.

Energie [kWh]	*Reichweite [Meilen]*	*Energiedichte [Wh/kg]* 100	120	150	200	300	
2	0 (HEV)	20	17	13	10	7	*Batteriegewicht [kg]*
5	10	50	42	33	25	17	
10	30	100	83	67	50	33	
20	60	200	167	133	100	67	
30	100	300	250	200	150	100	
50	200	500	417	333	250	167	

Tabelle I Batteriegewichte für Plug-in-Hybride mit unterschiedlichen elektrischen Reichweiten [2]. Jedes zusätzliche kg Batterie verursacht dabei 0,5 kg Zusatzgewicht. Das Grundgewicht des Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor beträgt 1260 kg.

Hersteller		*JCS*[1]	*GAIA*	*Litcel*[2]	*Lamilion*[3]	*Kokam*[4]	
Zelle		VL 45E/41M	HE/HP Series	EV Type	EV Type	HE/HP	
Positive Elektrode		NCA	NCA	LMS	NCM+LMS	NCM	
Spannung	[Volt]	3,6	3,6	3,85	3,6	3,7	
Kapazität	[Ah]	45/41	60/45	50/33	13	100/40	
Energiedichte	[Wh/kg]	150/136	150/105	136/142	>150	163/135	∅ 140 Wh/kg
Energiedichte	[Wh/L)	314/286	380/284	270	270	340/285	
Spitzenleistungsdichte	[W/kg]	664/794	~900/~1500	1500	1300	~700/~1250	∅ 1076 W/kg
Verhältnis Leistung/Energie	[1/h]	4,4/5,8	~6/~14	7,7	8,7	~4,3/~9	
Lebensdauer	[Zyklen] (@ % DoD)	>3200 (80)	~1000 (70)	~1000	>1400 (100)	~3000	
Lebensdauer	[Jahre]	>12	n.d.a.	n.d.a.	~10	>10	
Entwicklungsstatus		LVP[5]	LVP	LVP	LVP	LVP	
Batterie		EV/PHEV	EV/PHEV	EV/PHEV	Small EV	EV/PHEV	
Ladekapazität	[kWh]	~24/15	22+/8,1	20/7,6	9,2[6]	~30/~5	
Energiedichte	[Wh/kg]	90/94	115/74	118/117	~60 (~90[7])	~110/~100	∅ 95 Wh/kg
Energiedichte	[Wh/L]	145/80	165/130	194/n.d.a.	n.d.a.	n.d.a.	
Spitzenleistung	[kW]	55/87	50+/80	155/60	62	130/47	
Spitzenleistungsdichte	[W/kg]	210/540	~250/730	912/917	~400 (620)[8]	~490/~940	∅ 750 W/kg
Verhältnis Leistung/Energie	[1/h]	2,3/4,6	~2,2/~10	7,7/7,8	6,7	~4,3/~9,4	
Gewicht	[kg]	265/160	200/110	170/65	150 (100[5])	265/~50	
		LVP; IVE[6]	LVP; IVE	LVP; IVE	LVP; IVE	LVP	

[1] JCS ist ein Joint Venture von Johnson Controls und SAFT.
[2] Litcel ist eine Tochterfirma von Mitsubishi, die Daten von Litcel entsprechen einem 4-Zellen-Modul, die Zellen sind gestapelt, mit einem flüssigen Elektrolyt.
[3] Lamilion ist eine Tochterfirma von NEC.
[4] Kokam-Zellen bestehen aus einem Laminat von Polymerelektrolyt und Elektroden.
[5] Produktion in kleinen Volumen.
[6] Zwei parallele Reihen mit 96 Zellen in Serie.
[7] Kurzfristiges Ziel.
[8] Im Testbetrieb in Fahrzeugen.

Tabelle II Angaben zu den in Entwicklung befindlichen Batteriepaketen für Hybrid- und Plug-in-Hybridfahrzeuge [2].

Der Ansatz zeigt, dass im amerikanischen Automobilbau immer noch der Ansatz «cheap beats cool» dominiert und der kostengünstigsten Variante der Vorzug gegeben wird. Im Gegensatz zu den als sicherer geltenden und lebensdauerfesten Lithium-Eisenphosphat-Batterien musste GM deshalb bei der Chevrolet-Volt-Batterie 3 Massnahmen ergreifen, um die gleiche Qualität zu erreichen:

- *Spezieller Separator:* LG Chem verwendet einen stabileren, mit Keramik beschichteten Separator, um innere Kurzschlüsse zu vermeiden. Eine ähnliche Technologie, allerdings mit einem rein keramischen Separator, verwendet Mercedes für den Hybridantrieb der kommenden S-Klasse.
- *Panzerung:* Der T-förmige Batteriekasten befindet sich vor der Hinterachse und erstreckt sich in der Mitte des Fahrzeugraums bis zum Motorraum (anstelle des Kardanwellentunnels). Dies ist der sicherste Ort bei einem Crash. Die Nähe zu

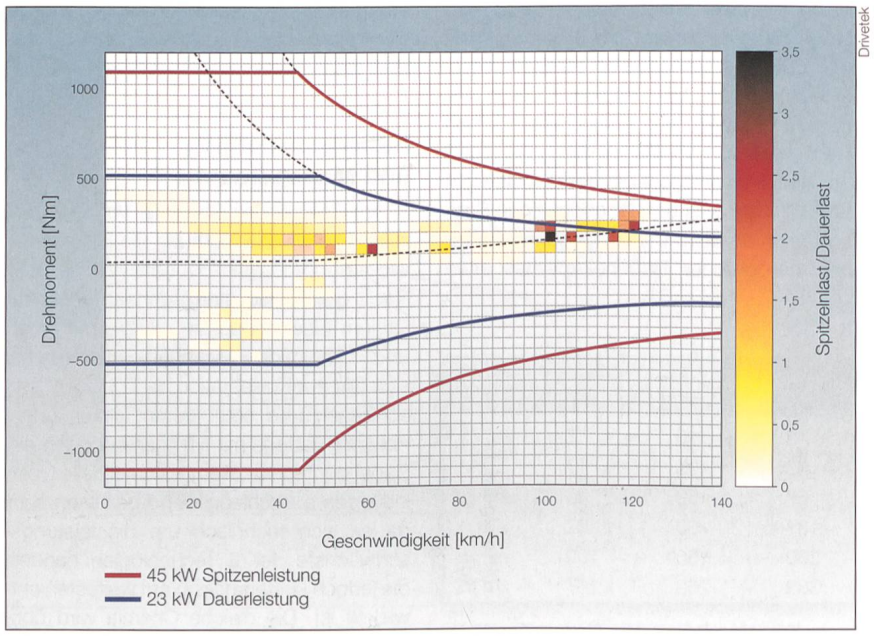


Bild 5 Anteil der umgesetzten Energie eingetragen in der Drehmoment-Drehzahlcharakteristik.
Daraus abgeleitet wird das Verhältnis aus Dauer- und Spitzenleistung.

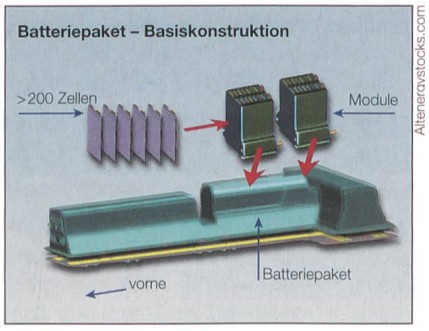
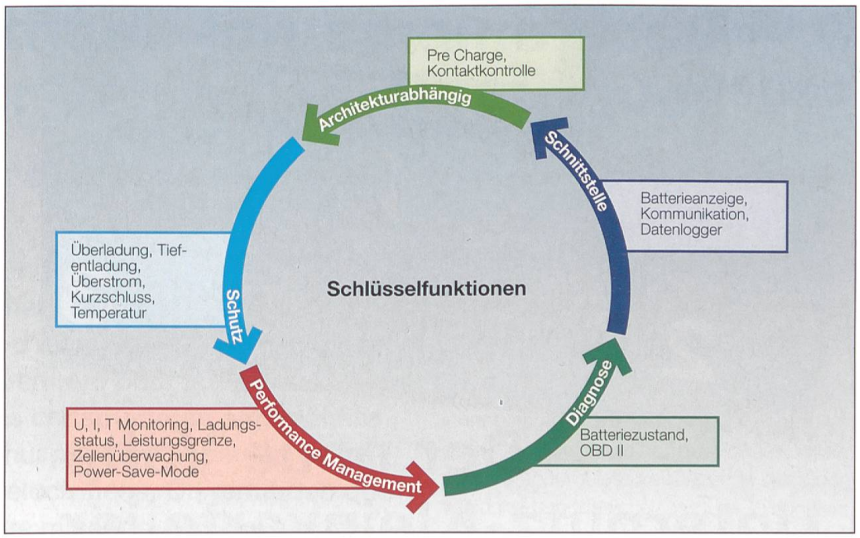


Bild 6 Aufbau und Konstruktion des Chevrolet-Volt-Batteriepakets.
Deutlich erkennbar ist die massiv ausgeführte Gestaltung des Batteriepakets zum Fahrgastraum (Panzerung).

den Fahrgästen hat aber dazu geführt, dass die Verpackung des Batteriegehäuses an der Oberseite speziell verstärkt wurde im Vergleich zur Unterseite, sodass ein durch ein Versagen der Sicherheitsmechanismen auftretender Überdruck in der Batterie nach unten entweichen kann.

■ *Beschränkter Nutzungsbereich:* Um die Lebensdauer zu erhöhen, wird die Batterie immer in einem Ladezustand zwischen 30 und 85% gehalten. Dadurch werden die irreversiblen Kapazitätsverluste beim Lade- und Entladeschluss vermieden. Dies geht allerdings mit einem Verlust der totalen nutzbaren Kapazität einher.

Dem Batteriemanagement kommt deshalb eine entscheidende Rolle zu. GM hat sich entschieden, sowohl das Management als auch das Packaging des Batteriepakets selber zu entwickeln und zu produzieren.



Axeon.com

Bild 7 Funktionen des Batteriemanagementsystems.

Batteriemanagementsystem

Bild 7 zeigt die verschiedenen Funktionen, die durch das Batteriemanagement (BMS) wahrgenommen werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Schutz- und Überwachungsfunktionen. Während im Normalfall nur die Überwachungsfunktionen eine Rolle spielen, müssen die Schutzfunktionen bei Fehlern eingreifen. In die Kategorie der Überwachung fallen unter anderem folgende Aufgaben:

■ *Spannung-, Strom- und Temperaturüberwachung:* Diese Werte werden häufig als Primärwerte bezeichnet, und daraus werden weitere Grössen abgeleitet. Ein direkt abgeleiteter Wert ist zum Beispiel der Innenwiderstand, der Rückschlüsse über den Lade- und den Gesundheitszustand zulässt.

■ *Ladungsausgleich:* Da es beim Laden und Entladen aufgrund der Parameterstreuung und unterschiedlicher Temperaturverteilung im Batteriepaket zu einer ungleichmässigen Belastung der Zellen kommen kann, würden diese mit der Zeit auseinanderdriften, und die schwächste Zelle würde darauf die Kapazität der Batterie limitieren. Mithilfe von parallel geschalteten Entladewiderständen oder aktiv gesteuerten Umladeschaltkreisen wird der Ladungsausgleich angesteuert.

■ *Ladezustand:* Der Ladezustand spielt eine wichtige Rolle, sowohl für das Management der Batterie als auch für die Informationsanzeige für den Fahrer. Während das Batteriemanagement nur den Betrieb der Batterie innerhalb gewisser Ladezustandsgrenzen überwacht, wird ein übergeordneter Verbrauchsrechner aus dem Ladezustand die restlich verfügbare Reichweite berechnen.

Weitere Aufgaben des BMS umfassen den Schutz, die Ansteuerung externer Peripherie wie Ladeschaltkreise, Kühlaggregate und Schutzschalter, die Diagnose und die Kommunikation mit dem Fahrer und dem restlichen Fahrzeug.

Fazit

Der Fortschritt in der Batterietechnologie, insbesondere bei den Lithiumionen-Batterien, hat eine bisher unvergleichliche Variantenvielfalt bei den alternativen Antrieben hervorgerufen. Die positiven Erfahrungen bei den Hybridfahrzeugen in den letzten Jahren ermutigen die Fahrzeughersteller, Konzepte mit grösserem rein elektrischem Aktionsradius zu entwickeln. Selbst das reine Elektrofahrzeug ist nun nicht mehr unmöglich. Der Schlüssel für erfolgreiche Lösungen liegt dabei bei der konsequenten Verfolgung von 2 Zielen: Steigern der Effizienz und Reduktion des Leergewichts. Mit Fahrzeugen mit einem Leergewicht von weniger als 1000 kg lassen sich selbst mit Batteriepaketen um die 10 kWh elektrische Reichweiten erzielen, welche die meisten Anforderungen im täglichen Gebrauch abdecken. Mithilfe von Simulationstools lassen sich dabei Optimierungsstrategien entwickeln. Zusätzlich helfen die Fortschritte im Bereich der Leistungselektronik und elektrischen Maschinen.

Der Integration der Batteriezellen, der Überwachungselektronik und der Kühl- und Heizperipherie zu einem gesamten Batteriepaket kommt dabei eine wichtige Rolle zu. Gute Lösungen ermöglichen es den Fahrzeugherstellern, sich von der Konkurrenz zu unterscheiden, was sich schon jetzt daran zeigt, dass möglichst alle Hersteller die Kooperation mit einem grossen Batteriehersteller suchen.

Referenzen

[1] Schäfer et al.: Neue elektrische Antriebskonzepte für Hybridfahrzeuge, Expert Verlag, 2007.

[2] Status and Prospects for Zero Emissions Vehicle Technology, Report of the ARB Independent Expert Panel 2007.

Angaben zum Autor

Andrea Vezzini, Dr. sc. Techn., ist Dozent für Industrieelektronik an der Berner Fachhochschule Technik und Informatik. Er forscht seit über 10 Jahren auf dem Gebiet der Integration von Lithiumionen-Batterien in mobile Anwendungen.
Berner Fachhochschule, 2501 Biel,
andrea.vezzini@bfh.ch

Résumé

Les batteries au lithium-ion pour véhicules électriques

Partie 2: Application technique dans les véhicules électriques et hybrides. Tandis que la première partie de l'article au Bulletin SEV/AES 3/2009 était consacrée à l'état actuel de la technologie des batteries au lithium-ion, la seconde étudie la question des possibilités d'utilisation dans les véhicules électriques et hybrides. A partir des exigences posées à de telles systèmes alternatifs de motorisation destinés à l'usage quotidien, on pourra déduire les spécifications pour la batterie. L'utilisation dans une voiture, avec les exigences de fiabilité et de durée de vie utile, pose en outre des exigences supplémentaires au concept.

Im Wohn- wie im Zweckbau sind die Volta Kleinverteiler die beste Wahl für die Unterputz-, Hohlwand- oder Aufputzmontage. Das neue UP-Modell weist eine Menge von Vorteilen auf: **30% mehr Verdrahtungsraum** für eine schnellere Montage, grösserer Leitungseinführungsbereich robuster Putzschutz, serienmässig integrierte Wasserwaage und vieles mehr. Der Volta von Hager konzentriert alle Vorteile, die Sie sich von einem modernen Kleinverteiler wünschen!

hager

Hager Tehalit AG
Ey 25
3063 Ittigen-Bern
Tel. 031 925 30 00
Fax 031 925 30 05

Hager Tehalit AG
Glattalstrasse 521
8153 Rümlang
Tel. 044 817 71 71
Fax 044 817 71 75

Hager Tehalit SA
Chemin du Petit-Flon 31
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. 021 644 37 00
Fax 021 644 37 05

Innovationen für Profis

www.hager-tehalit.ch
infoch@hager.com

BKW

Die Liberalisierung im Strommarkt setzt Impulse frei und eröffnet neue Chancen. Wir verstehen sie als Aufforderung, uns dynamisch weiterzuentwickeln. Dazu sind wir auf engagierte Mitarbeitende angewiesen wie beispielsweise Roger Nufer. Als Portfoliomanager packt er Chancen zur richtigen Zeit – und trägt so zur Unternehmensentwicklung bei.
Bei der BKW FMB Energie AG sorgen 2700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter heute dafür, dass bei mehr als einer Million Menschen zuverlässig der Strom fliesst. Gehören Sie morgen dazu? Wir freuen uns, wenn Sie mit uns die Zukunft angehen.

BKW FMB Energie AG, Human Resources Management, Telefon 031 330 58 68,
info@bkw-fmb.ch, www.bkw-fmb.ch/jobs