Energiemanagement in heutigen Fahrzeugbordnetzen

Autor(en): **Schmidt, Matthias / Theuerkauf, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **99 (2008)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-855805

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Energiemanagement in heutigen Fahrzeugbordnetzen

Zunehmende Elektrifizierung heutiger Fahrzeuge erfordert intelligentes Energiemanagement

Die Zunahme der installierten Verbraucherleistung in modernen Fahrzeugen und die im Vergleich dazu unterproportionale Erhöhung der Generatorleistung führten zu einem deutlichen Anstieg der Batterieausfälle. Energiemanagementsysteme für heutige Kraftfahrzeuge sollen daher ohne Komforteinbussen die Fahrzeugstartfähigkeit sicherstellen und durch einen möglichst optimalen Betrieb der Batterie vorzeitige Batterieausfälle vermeiden. Der verantwortungsvolle Umgang mit Energieressourcen und die aufgrund der Klimaerwärmung öffentlich geführte CO_2-Diskussion erfordert die Entwicklung verbrauchsarmer Fahrzeuge. Da das elektrische Bordnetz einen deutlichen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch und damit auf die CO_2-Emission hat, kann ein Energiemanagement zur Verbrauchsoptimierung des Fahrzeugs beitragen.

Zwei der wichtigsten Gründe für die Einführung eines Energiemanagements in heutige Fahrzeuge sind die Sicherstellung eines ausreichenden Batterieladezustandes und die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO_2-Emission.

Auf der einen Seite führte die Zunahme der installierten Verbraucherleistung – insbesondere seit den 90er-Jahren des letzten Jahrhunderts – zu einem deutlichen Anstieg der Batterieausfälle in den darauf folgenden Jahren [1]. Diesem Trend begegneten die

Matthias Schmidt, Heinz Theuerkauf

Automobilhersteller durch die Einführung der Batteriezustandserkennung zusammen mit einem elektrischen Energiemanagement. Die Energiemanagementsysteme der ersten Generation hatten daher noch das primäre Ziel, die Batterie zu überwachen und sie durch Massnahmen wie Verbraucherabschaltungen und Leerlaufdrehzahlanhebung des Motors optimal zu betreiben und einen Mindestladezustand sicherzustellen.

Auf der anderen Seite steht die Idee, die in der Fahrzeuggeschwindigkeit enthaltene Energie beim Bremsen nicht einfach in Wärme umzusetzen, sondern diese zurückzugewinnen und zu speichern. Diese sogenannte Rekuperation leistet einen wichtigen Beitrag zur Kraftstoffeffizienz von Hybridfahrzeugen. Ein Teil dieses Potenzials kann auch in Fahrzeugen ohne Hybridantrieb genutzt werden, indem ein Teil der beim Bremsen frei werdenden Energie in der Batterie gespeichert wird. Im Unterschied zum Hybridfahrzeug wird diese Energie jedoch nicht zur Beschleunigung des Fahrzeugs genutzt, sondern ausschliesslich im Bordnetz zur Versorgung der elektrischen Verbraucher. Mit dieser Strategie ist im neuen europäischen Fahrzyklus (NEFZ) eine Kraftstoffeinsparung von bis zu 3% möglich [2, 3]. Aber nicht nur die in der Fahrzeuggeschwindigkeit gespeicherte kinetische Energie, sondern auch die im Aufenthaltsort des Fahrzeugs gespeicherte potenzielle Energie kann bei Bergabfahrten genutzt werden und so im realen Fahrbetrieb ebenfalls zu einer Kraftstoffeinsparung beitragen.

Bordnetztopologie

In heutigen Fahrzeugen findet man zumeist ein 14-V-Bordnetz mit einer Batterie (Bild 1). Es besteht im Wesentlichen aus einem Generator, einer Blei-Säure-Batterie und den angeschlossenen Verbrauchern. Die Lade- bzw. Entladeleistung der Batterie hängt bei dieser Bordnetzkonfiguration nur von der Spannungslage des Bordnetzes ab.

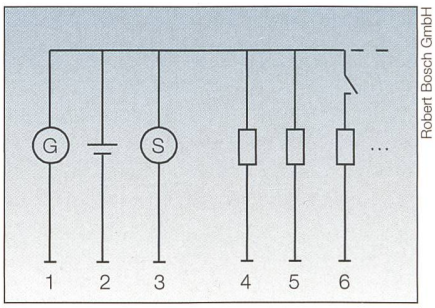


Bild 1 Schematische Darstellung eines 14-V-Bordnetzes.
1: Generator; 2: Batterie; 3: Starter; 4–6: Verbraucher.

Als Generatoren kommen in heutigen Personenkraftwagen fast ausschliesslich Klauenpol-Drehstromgeneratoren mit elektrischer Gleichrichtung zum Einsatz. Diese werden vom Verbrennungsmotor angetrieben, wodurch die Generatordrehzahl direkt proportional zur Motordrehzahl ist (Übersetzungsverhältnis Kurbelwelle zu Generator 1:2 bis 1:3). Der Generator hat also dieselbe Drehzahlspreizung wie der Verbrennungsmotor. Durch die Regelung des Erregerfeldes kann die Generatorspannung unabhängig von Bordnetzlast, Drehzahl und Temperatur konstant gehalten werden.

Batterieladezustand

Da der Generator bei niedriger Drehzahl nur eine deutlich geringere Maximalleistung abgeben kann als bei hoher Drehzahl

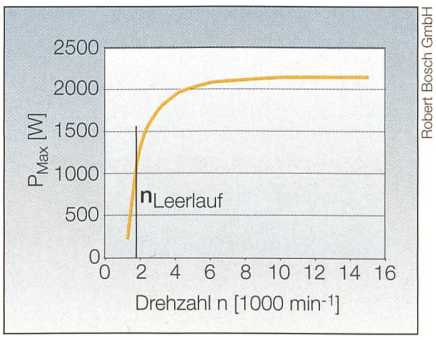


Bild 2 Maximale Generatorleistung P_{Max} eines M8E-Generators der Robert Bosch GmbH in Abhängigkeit der Drehzahl n.

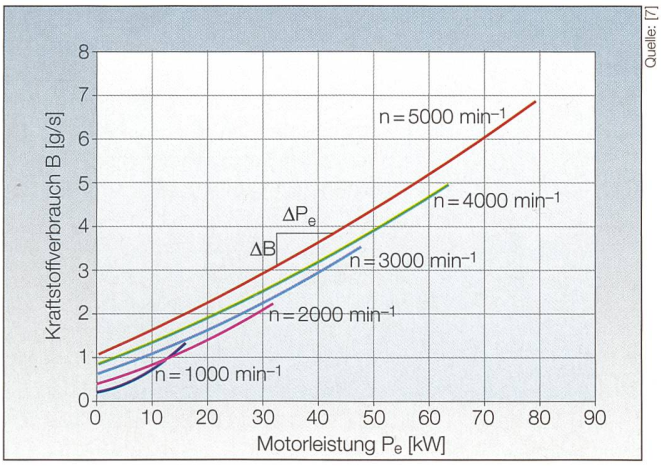


Bild 3 Kraftstoffverbrauch B in Abhängigkeit der Motorleistung P_e (Willans-Linien).

(Bild 2), steht insbesondere im Stau oder beim Stop-and-go-Betrieb im Mittel nur eine geringere elektrische Leistung zur Verfügung. Wird gleichzeitig auf der Lastseite, z.B. aufgrund kalter Witterung (Sitzheizung, Heckscheibenheizung sowie weiterer Heizverbraucher) eine hohe Leistung verlangt, so wird die Leistung, welche nicht vom Generator zur Verfügung gestellt werden kann, von der Batterie bezogen, was zu einer Entladung der Batterie führt und im ungünstigsten Fall einen Wiederstart des Fahrzeugs gefährden kann (Liegenbleiber).

Nur durch die Einführung eines Energiemanagements kann eine zu tiefe Batterieentladung in dieser Situation zuverlässig verhindert werden. Dies kann durch ein Lastmanagement (Lastabwurf), ein Angebotsmanagement (Erhöhung der Leerlaufdrehzahl und damit Erhöhung der verfügbaren Generatorleistung gemäss Bild 2) oder durch eine Kombination aus beidem geschehen. Die Energiemanagementeingriffe sollen verständlicherweise vom Fahrer nicht wahrnehmbar sein, was eine wesentliche Einschränkung bedeutet.

Kraftstoffverbrauch

Die Auswirkung der Erzeugung elektrischer Energie auf den Kraftstoffverbrauch lässt sich besonders gut anhand der sogenannten Willans-Linien eines Verbrennungsmotors darstellen und quantifizieren. Die Willans-Linien stellen den Kraftstoffverbrauch B eines Verbrennungsmotors als Funktion der Motorleistung P_e mit dem Parameter Drehzahl n dar (Bild 3).

Bei einem Fahrzeug mit Handschaltgetriebe ist die Motordrehzahl – und damit die Generatordrehzahl – durch die Fahrzeuggeschwindigkeit und den Gang, das Antriebsmoment und damit die Antriebsleistung durch den Fahrerwunsch vorgegeben. Wird also die Generatorleistung erhöht, verschiebt sich der Betriebspunkt des Verbrennungsmotors bei gleicher Drehzahl lediglich in Richtung höhere Leistung.

Der Mehrverbrauch für die Erzeugung elektrischer Energie hängt daher nicht vom effektiven Wirkungsgrad des Motors ab, sondern vom Wirkungsgrad für Laständerung (differenzieller Wirkungsgrad), der gemäss Formel 1 definiert werden kann:

$$\eta_{e\,Diff} = \frac{\Delta P_e}{\Delta B \cdot H_u} \qquad (1)$$

B Kraftstoffverbrauch [kg/s]
H_U Spezifischer Heizwert [J/kg]
P_e Nutzleistung des Motors [W]
$\eta_{e\,Diff}$ Differenzieller Wirkungsgrad des Motors [–]

Der differenzielle Wirkungsgrad $\eta_{e\,Diff}$ des Motors ist eine Funktion der Nutzleistung P_e und der Drehzahl n.

Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass die elektrische Energie möglichst in Punkten mit einem flachen Kurvenverlauf des Kraftstoffverbrauchs, d.h. in Punkten mit einem hohen differenziellen Wirkungsgrad, erzeugt werden sollte. Nach [4] können die Willans-Linien bis zur jeweils etwa halben Leistung näherungsweise durch eine Gerade beschrieben werden. Die Steigung dieser Geraden beträgt bei Ottomotoren im Mittel etwa 0,264 l/h pro kW, was einem differenziellen Wirkungsgrad von rund 43% entspricht. In der gewählten Darstellung ist leicht ersichtlich, dass allein die Erhöhung der Motordrehzahl bei Nulllast (bzw. konstanter, niedriger Last) zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs führt. Die Erhöhung der Leerlaufdrehzahl, um dem Generator eine höhere elektrische Leistung zu entnehmen, führt daher zu einem besonders ungünstigen Verhältnis zwischen zusätzlicher elektrischer Leistung und zusätzlich benötigtem Kraftstoff.

Neben dem Motorwirkungsgrad muss auch der Generatorwirkungsgrad berücksichtig werden. In Bild 4 ist dazu ein typisches Generatorkennfeld eines M8E-Generators der Robert Bosch GmbH dargestellt.

Ähnlich dem differenziellen Wirkungsgrad des Motors kann auch für den Generator ein differenzieller Wirkungsgrad gemäss Formel 2 definiert werden.

$$\eta_{Gen\,Diff} = \frac{\Delta P_{Elektrisch}}{\Delta P_{Mechanisch}} \qquad (2)$$

$P_{Elektrisch}$ Elektrische (abgegebene) Leistung des Generators [W]
$P_{Mechanisch}$ Mechanische (aufgenommene) Leistung des Generators [W]
$\eta_{Gen\,Diff}$ Differenzieller Wirkungsgrad des Generators [–]

Der differenzielle Wirkungsgrad $\eta_{Gen\,Diff}$ des Generators ist eine Funktion der elektrischen Leistung $P_{Elektrisch}$ und der Drehzahl n.

Da die Wirkungsgrade immer von den Betriebspunkten von Motor und Generator abhängig sind, muss für ein genaues Ergebnis über den gesamten Fahrzyklus eine Integration des Kraftstoffverbrauchs erfolgen. Eine Abschätzung des Kraftstoffmehr-

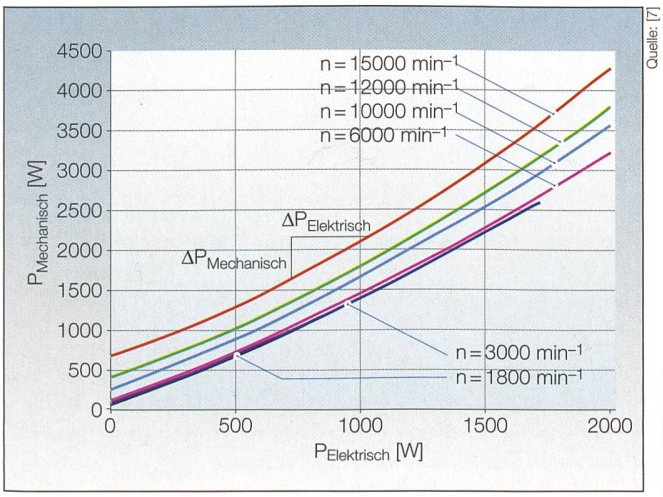
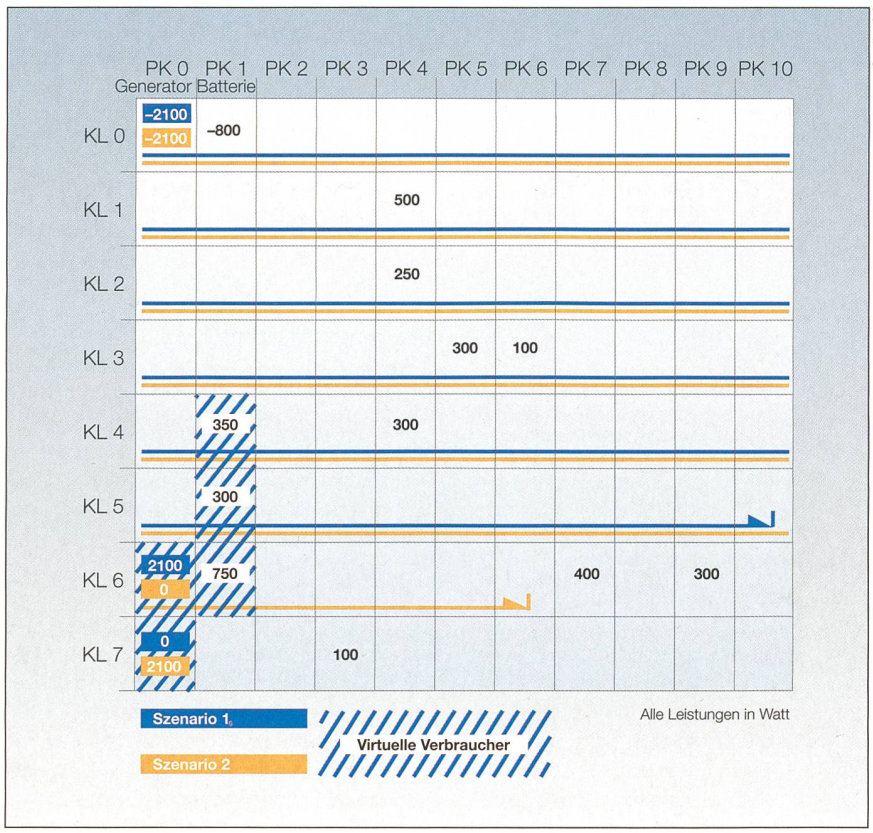


Bild 4 Mechanische Leistung $P_{Mechanisch}$ eines Generators in Abhängigkeit der elektrischen Leistung $P_{Elektrisch}$.



Quelle: [8]

Bild 5 Datenstruktur des Energiemanagementansatzes.
Szenario 1: Konstantfahrt; Szenario 2: Bremsphase (Rekuperation).

verbrauchs für die Erzeugung elektrischer Energie kann dabei für den NEFZ mit gemittelten Wirkungsgraden nach Formel 3 erfolgen.

$$V_K = \frac{P_{Elektrisch}}{H_u \cdot \rho \cdot \eta_{Gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot \eta_{e\,Diff}} \cdot \left(1 - \frac{t_{SA}}{t_{Zyk}}\right) \cdot \frac{1}{\bar{v}} \quad (3)$$

H_U Spezifischer Heizwert [J/kg].
$P_{Elektrisch}$ Elektrische Leistung des Generators [W]
t_{SA} Dauer der aktiven Schubabschaltung [s]
t_{Zyk} Dauer des Testzyklus [s]
$\bar{v}$ Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeugs [m/s]
V_K Streckenbezogener Kraftstoffmehrverbrauch für die Erzeugung elektrischer Energie [l/m]
$\eta_{e\,Diff}$ Differenzieller Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors [–]
η_{Gen} Wirkungsgrad des Generators [–]
η_{Riemen} Riemenwirkungsgrad [–]
ρ Kraftstoffdichte [kg/l]

Für die Abschätzung des Kraftstoffverbrauchs ist nun zu unterscheiden, ob nur der Mehrverbrauch für das Zuschalten eines elektrischen Verbrauchers (z.B. der Sitzheizung) betrachtet wird oder ob untersucht werden soll, wie viel Kraftstoff für die Versorgung des elektrischen Bordnetzes und damit für den Antrieb des Generators verbraucht wird. Für ersteren Fall ist für den Generatorwirkungsgrad nur der differenzielle Wirkungsgrad, für letzteren Fall der absolute Generatorwirkungsgrad einzusetzen. Der Riemenwirkungsgrad kann nach [5] mit 94 bis 97% angenommen werden. Im neuen europäischen Fahrzyklus bedeutet die Zuschaltung von 100 W (erster Fall) einen Mehrverbrauch von ca. 0,1 l Kraftstoff pro 100 km.

Eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO_2-Emission kann erreicht werden, wenn ein möglichst grosser Teil der im Fahrzeug benötigten elektrischen Energie während aktivierter Schubabschaltung erzeugt und in der Batterie gespeichert wird. Daher sind neben den Bremsphasen auch alle anderen Phasen, in denen die Schubabschaltung aktiv ist – wie z.B. bei Bergabfahrt – ideale Zeitpunkte für die Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie, da kein Kraftstoff für die Energieerzeugung benötigt wird. Durch ein Energiemanagement kann während der aktivierten Schubabschaltung die Generatorspannung gezielt erhöht und damit die Batterie stärker geladen werden.

Plug-and-play-fähiger Energiemanagementansatz

Zu den wichtigsten funktionalen Anforderungen an ein Energiemanagement zählen die Sicherstellung eines ausreichenden Batterieladezustandes und die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO_2-Emission. Neben diesen funktionalen Anforderungen wird auch zunehmend Gewicht auf nicht funktionale Anforderungen, wie z.B. einen einfachen Umgang mit der Variantenvielfalt und eine freie Partitionierbarkeit der Funktionsblöcke, gelegt.

In [6] und [7] ist ein plug-and-play-fähiger Energiemanagementansatz beschrieben, der diese nicht funktionalen Anforderungen berücksichtigt. Dieser ermöglicht eine genaue Lastflusssteuerung in Abhängigkeit von Batterie-, Bordnetz- und Fahrzustand. Kern des Energiemanagementansatzes ist eine Matrix, wie sie in Bild 5 dargestellt ist,

Klasse	*Beschreibung*
0	Enthält die maximale Abgabeleistung aller Erzeuger und Speicher.
1	Enthält alle Verbraucher ohne Signalanbindung und sämtliche Modellfehler.
2	Enthält alle nicht beeinflussbaren – z.B. sicherheitsrelevanten – Verbraucher und dient der schnelleren Bilanzierung.
3	Enthält alle nicht sicherheitsrelevanten, aber im Degradationsfall **deutlich** wahrnehmbaren Verbraucher.
4	Enthält alle nicht sicherheitsrelevanten, aber im Degradationsfall **wenig** wahrnehmbaren Verbraucher.
5	Enthält alle nicht sicherheitsrelevanten, aber im Degradationsfall **nicht** wahrnehmbaren Verbraucher.
6	Enthält alle Verbraucher, die unbemerkt zugeschaltet werden können und ein anschliessendes Einsparpotenzial bieten (Boostverbraucher) sowie die Batterieleistung im Rekuperationsfall. Beispiel: 3. Stufe einer Sitzheizung, wenn Stufe 2 verlangt wird, und diese anschliessend kurz auf Stufe 1 abgesenkt werden kann.
7	Enthält alle Verbraucher, die unbemerkt eingeschaltet werden können, aber anschliessend **kein** Einsparpotenzial bieten (z.B. Heckscheibenheizung im Sommer).

Tabelle Beispielhafte Klasseneinteilung des Energiemanagementansatzes.
Die Angaben in der Tabelle stammen aus [8].

die die Leistungen der Erzeuger, Speicher und Verbraucher enthält. Die Zeilen der Matrix entsprechen sogenannten Klassen (KL), die Spalten den Prioritäten innerhalb einer Klasse. Daher werden den Spalten sogenannte Prioritätskennzahlen (PK) zugeordnet. Die Priorität der Verbraucher nimmt mit zunehmender Klasse und innerhalb jeder Klasse mit zunehmender Prioritätskennzahl ab. Die Zuordnung der Erzeuger, Speicher und Verbraucher zu den einzelnen Klassen ist in der Tabelle dargestellt.

Im Rahmen der Applikation wird jedem Verbraucher eine KL (respektive mehrere, siehe unten) und eine PK zugeordnet, mit welchen er sich beim zentralen Energiemanagementkoordinator anmeldet. Handelt es sich um einen mehrstufigen Verbraucher, so wird dieser durch mehrere einstufige Verbraucher repräsentiert, deren Leistung jeweils der Zusatzleistung der jeweiligen Stufe entspricht. Stufenlose Verbraucher werden ebenfalls durch mehrere einstufige Verbraucher repräsentiert, indem die Leistung mit einer bestimmten Schrittweite quantisiert wird. Die Reduktion von mehrstufigen auf mehrere einstufige Verbraucher ermöglicht eine einheitliche Schnittstelle für alle Verbraucher.

Ähnlich wie Verbraucher werden Speicher und Erzeuger in die Tabelle eingetragen. Ihre maximal mögliche Abgabeleistung wird in Klasse 0 eingetragen und – da es sich um eine Abgabeleistung handelt – negativ bilanziert.

Die Erzeuger können ihre Abgabeleistung reduzieren – um z.B. die Leerlaufdrehzahl abzusenken –, indem sie in den höheren Klassen mittels sogenannter virtueller Verbraucher Leistung «beziehen». Mit jedem vom Energiemanagement freigegebenen virtuellen Verbraucher reduziert der Erzeuger seine Abgabeleistung entsprechend. Die resultierende Abgabeleistung entspricht dann der maximalen Abgabeleistung abzüglich der Leistungen der aktivierten virtuellen Verbraucher.

Im Gegensatz zu den Erzeugern können die Speicher nicht nur ihre Abgabeleistung durch virtuelle Verbraucher absenken, sondern sie können durch weitere virtuelle Verbraucher auch Leistung aufnehmen. Da die virtuellen Verbraucher genauso wie reale Verbraucher priorisiert werden, ist es beispielsweise möglich, eine Entladung der Batterie nur für Verbraucher zuzulassen, deren Abschaltung wahrnehmbar wäre.

Die Einführung sogenannter virtueller Verbraucher ermöglicht die Verwendung der gleichen Schnittstelle für Erzeuger und Speicher, wie sie auch für Verbraucher verwendet wird.

Wie in der Tabelle dargestellt, enthält in diesem Konzept die Klasse 1 alle Verbraucher ohne Signalanbindung und ist damit ein Sonderfall. Da über Anzahl und Schaltzustand der Verbraucher ohne Signalanbindung prinzipbedingt nichts bekannt ist, werden diese Verbraucher durch einen einzigen Verbraucher repräsentiert. Die Leistung dieses Verbrauchers entspricht der Differenz der (tatsächlichen!) Erzeuger- und Speicherleistungen und der Leistung der eingeschalteten Verbraucher mit Signalanbindung.

Der gewählte Ansatz führt dazu, dass in Klasse 1 nicht nur die Verbraucher ohne Signalanbindung, sondern auch sämtliche Modellfehler enthalten sind, wie z.B. Abweichungen zwischen geschätzter und tatsächlicher Leistung des Generators oder eines Verbrauchers mit Signalanbindung.

Dadurch ist selbst bei ungenau geschätzten Verbraucherleistungen eine genaue Lastflusssteuerung möglich, da die Schätz- respektive Modellfehler über den Klasse-1-Verbraucher kompensiert werden. Durch geeignete regelungstechnische Massnahmen können nicht gewünschte Schwingungen unterdrückt werden.

Abhängig vom Ladezustand der Batterie werden nun den Klassen verschiedene Lade- und Entladeleistungen zugeordnet. Die in den einzelnen Klassen freigegebene Generatorleistung wird in Abhängigkeit des Fahrzustands vorgegeben. Das Energiemanagement soll nun die Erzeuger-, Speicher- und Verbraucherwünsche aufeinander abstimmen und den bestmöglichen Gleichgewichtspunkt finden. Entsprechend der Priorisierungs- und damit Aktivierungsreihenfolge lässt sich dieser Gleichgewichtspunkt – repräsentiert durch eine Klasse und eine Prioritätskennzahl – durch zeilenweise Addition der Leistungen bis zu dem Punkt, an dem die Summe gerade noch kleiner bzw. gleich null ist, ermitteln.

Aus dem sich einstellenden Gleichgewichtspunkt (freigegebene Klasse und Prioritätskennzahl) kann die Batterieleistung ermittelt werden, aus welcher die genaue Generatorleistung (Generatorspannung) abgeleitet werden kann. In der hier dargestellten Form ist daher die Generator- und Batterieleistung relativ grob quantisiert. Alternativ ist auch eine feinere Abstufung von Generator und Batterieleistung möglich, wodurch die Generatorleistung direkt aus der freigegebenen Klasse und Prioritätskennzahl bestimmt werden kann. Dazu müssen für Generator und Batterie mehrere Spalten vorgesehen werden, um der Batterie und dem Generator in jeder Klasse mehrere virtuelle Verbraucher zuordnen zu können.

Zur Veranschaulichung dieses Energiemanagementkonzepts sind in Bild 5 zwei Szenarien der Funktion eines rekuperativen Generatormanagements dargestellt.

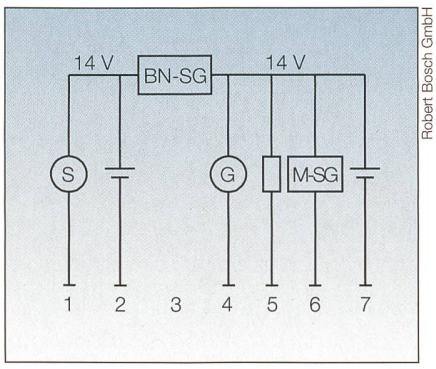


Bild 6 Zwei-Batterie-Bordnetz nach [5].
1: Starter (S); 2: Starterspeicher; 3: Bordnetz-Steuergerät (BN-SG); 4: Generator (G); 5: Verbraucher; 6: Motor-Steuergerät (M-SG); 7: Versorgungsbatterie.

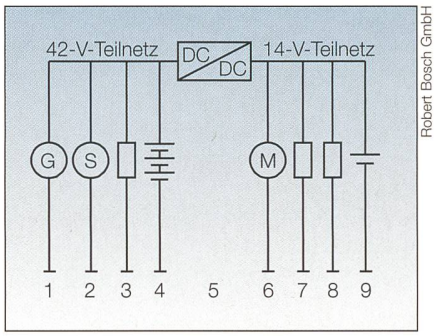


Bild 7 Zwei-Spannungs-Bordnetz nach [5].
1: Generator (G); 2: Starter (S); 3: Verbraucher; 4: Batterie; 5: Wandler 42/14 V; 6: Motor; 7–8: Verbrauchergruppen; 9: Batterie.

■ In Szenario 1 befindet sich das Fahrzeug in Konstantfahrt, die Generatorleistung ist damit nicht für KL 6 freigegeben. Als Ergebnis wird bei der abgebildeten Konfiguration KL 5 PK 10 freigegeben. Für die Batterie ergibt sich aufgrund der beiden virtuellen Lasten von 350 und 300 W eine gewünschte Entladeleistung von 150 W (–800 W + 350 W + 300 W), die über eine Anpassung der Generatorspannung eingestellt werden muss. Obwohl die Bordnetzlast in diesem Szenario 1450 W beträgt, wird der Generator also nur mit 1300 W belastet, was zu der gewünschten Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs führt.

■ In Szenario 2 befindet sich das Fahrzeug in einer Bremsphase, die Generatorleistung ist damit für KL 6 freigegeben. Als Ergebnis wird bei der abgebildeten Konfiguration KL 6 PK 6 freigegeben. Für die Batterie ergibt sich damit eine Ladeleistung von 600 W, die ebenfalls über eine Anpassung der Generatorspannung eingestellt werden muss. Der Generator wird in diesem Fall also mit 2050 W (= 600 W + 500 W + 250 W + 2×300 W + 100 W) nahezu voll belastet und die «kostenlose» Energie (aus der kinetischen Energie des Fahrzeugs) in die Batterie eingespeist.

Dieses Energiemanagementkonzept gestattet daher auf einfache Weise die gemeinsame Integration eines rekuperativen Generatormanagements zusammen mit einem Verbrauchermanagement. Zudem ermöglicht es eine einfache Handhabung der Variantenvielfalt, da das Konzept über Modell- und Plattformgrenzen hinaus verwendet werden kann.

Neue Bordnetztopologien

Neben dem heute am meisten verbreiteten Ein-Batterie-Bordnetz findet man in einigen Fahrzeugen – insbesondere in der Oberklasse – bereits Bordnetze mit zwei Batterien (Bild 6). Dies ermöglicht die Optimierung der Starterbatterie (2 in Bild 6) auf die hohen Starterströme, während die Bordnetzbatterie (7 in Bild 6) auf eine hohe Zyklisierung ausgelegt werden kann. Durch diese Bordnetztopologie wirkt sich der durch den Startvorgang hervorgerufene Spannungseinbruch nicht auf das Restbordnetz aus, und selbst eine entladene Bordnetzbatterie gefährdet nicht die Startbarkeit des Fahrzeugs.

Die Elektrifizierung bisher mechanisch angetriebener Systeme wie Lenkhilfe, Kühlmittelpumpe und Kühlerlüfter ermöglicht eine bedarfgesteuerte Regelung dieser Komponenten und damit eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. Und auch Systeme wie Klimatisierung und Ventiltrieb können durch eine Elektrifizierung zur Kraftstoffeinsparung beitragen. Diese zunehmende Elektrifizierung zusammen mit immer mehr Komfortsystemen erfordern jedoch immer höhere Bordnetzleistungen und damit höhere Bordnetzströme, wodurch die heutigen 14-V-Bordnetze immer näher an ihre Grenzen gelangen und einen Umstieg auf ein 42-V-Bordnetz erfordern. Ein erster Schritt hin zu einer höheren Bordnetzspannung ist das Zwei-Spannungs-Bordnetz, welches aus einem 42-V- und einem 14-V-Teilbordnetz besteht (Bild 7) [5]. Dies ermöglicht die gleichzeitige Verwendung von 42-V-Hochleistungsverbrauchern zusammen mit kostengünstigen 14-V-Komponenten.

Zusammenfassung

Die Zunahme der installierten Verbraucherleistung in heutigen Fahrzeugen stellt immer höhere Anforderungen an das Bordnetz und die Batterie. Nur durch die Einführung eines Energiemanagements kann ein ausreichender Batterieladezustand sichergestellt und können vorzeitige Batterieausfälle verhindert werden, was eine deutliche Verschiebung der Grenzen von heutigen 14-V-Bordnetzen bedeutet. Ausserdem kann das elektrische Energiemanagement einen Beitrag zur Kraftstoffeinsparung und damit zur CO_2-Reduktion leisten. Der vorgestellte Energiemanagementansatz ermöglicht dabei durch seine Plug-and-play-Fähigkeit, die wahrnehmbarkeitsabhängige Priorisierung und die Skalierbarkeit des Energiekoordinators eine einfache Handhabung der Variantenvielfalt, da dieses Konzept über Modell- und Plattformgrenzen hinaus verwendet werden kann.

Referenzen

[1] F. Dudenhöffer, M. Krüger, H. Schmaler: Qualitäts-Herausforderung Stabiles Energiemanagement. ATZ 106, Nr. 1, S. 42–44, 2004.

[2] BMW AG: Presse-Information zum BMW-Innovationstag Efficient Dynamics 2006. München, 2006.

[3] E. Karden, S. Ploumen et al.: Rekuperatives Bremsen in Fahrzeugen mit 14-Volt-Bordnetz. In: M. Schöllmann (Hrsg.): Energiemanagement und Bordnetze: moderne Bordnetzarchitekturen und innovative Lösungen für Energiemanagementsysteme in Kraftfahrzeugen. Renningen, 2005.

[4] K. Rohde-Brandenburger: Verfahren zur einfachen und sicheren Abschätzung von Kraftstoffverbrauchspotentialen. Tagung: Einfluss von Gesamtfahrzeug-Parametern auf Fahrverhalten/Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch, Haus der Technik Essen, 1996.

[5] Robert Bosch GmbH (Hrsg.): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch. 25. Aufl., Wiesbaden, 2003.

[6] H. Theuerkauf, M. Schmidt: Ein neues Energiemanagement-Konzept für das elektrische Bordnetz. In: ATZ 109, Nr. 1, S. 10–15, 2007.

[7] M. Schmidt, H. Theuerkauf: Elektrische Energiemanagementstrategien zur CO_2-Reduktion – Technische Voraussetzungen und Auswirkungen auf das Bordnetz. In: Dokumentation ATZ/MTZ-Konferenz – Energie «CO_2 – Die Herausforderung für unsere Zukunft», S. 63–75, München, 2007.

[8] M. Schmidt: Ein neuer, dynamischer Energiemanagementansatz. Vortrag Kolloquium Fahrzeugsystemtechnik, Universität Kassel, 2005.

Angaben zu den Autoren

Dipl.-Ing. *Matthias Schmidt* begann nach dem Studium der Elektrotechnik seine berufliche Laufbahn als Applikateur bei der Bosch Engineering GmbH. Im Moment arbeitet er an Start/Stopp-Systemen bei der Robert Bosch GmbH und schliesst in seiner Freizeit seine Dissertation zum Thema elektrisches Energiemanagement in Kraftfahrzeugbordnetzen ab.

matthias.schmidt5@de.bosch.com,
Robert Bosch GmbH, D-70442 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. *Heinz Theuerkauf* ist im Institut für elektrische Energietechnik der Universität Kassel Leiter des Lehrstuhls für Antriebstechnik. Nach Studium und Promotion auf dem Gebiet der Regelungstechnik an der Technischen Universität Braunschweig war er von 1975 bis 1982 in Vorentwicklung und Forschung bei der Robert Bosch GmbH und der Volkswagen AG tätig. Kernpunkte dieser Tätigkeiten waren regelungs- und systemtechnische Aufgaben auf dem Gebiet des Fahrzeugtriebstrangs. Nach seiner Berufung an die Universität Kassel lag der Schwerpunkt der Arbeiten im Bereich der Echtzeitsimulation technischer Systeme mit überwiegender Ausrichtung auf das Kraftfahrzeug. Diese Arbeiten waren die Grundlage zur Entwicklung sogenannter «Hardware-in-the-Loop»-Simulatoren, die heute in der Automobilindustrie Standardwerkzeuge zur Entwicklung von Fahrzeugelektronik sind.

the@at.e-technik.uni-kassel.de,
Universität Kassel, D-34109 Kassel

Résumé

Management de l'énergie sur les réseaux de bord des véhicules actuels

L'électrification croissante des véhicules modernes exige un management intelligent de l'énergie. La puissance installée croissante sur les véhicules modernes et l'augmentation plus modeste de la puissance des générateurs entraînent une nette augmentation des pannes de batterie. Les systèmes de management de l'énergie pour les véhicules actuels doivent donc garantir le démarrage sans problèmes et sans perte de confort et éviter des pannes de batterie prématurées par une exploitation optimale. L'utilisation parcimonieuse des ressources en énergie et la discussion publique sur le CO_2 face au réchauffement climatique exigent le développement de véhicules à faible consommation. Etant donné que le réseau électrique de bord a une nette influence sur la consommation de carburant et ainsi sur les émissions de CO_2, le management de l'énergie peut contribuer à optimiser la consommation.

Informationstagung
für Betriebselektriker

Kongresshaus Zürich	Mittwoch, 12. März 2008
	Donnerstag, 13. März 2008
	Dienstag, 8. April 2008
Kursaal Bern	Mittwoch, 2. April 2008
Kongresszentrum Basel	Montag, 31. März 2008

Tagungsorte

Kongresshaus Zürich
Gotthardstrasse 5, 8002 Zürich

Kursaal Bern
Kornhausstrasse 3, 3000 Bern

Kongresszentrum Basel
Messeplatz 21, 4021 Basel

Zielgruppen
Betriebselektriker mit Bewilligung für sachlich begrenzte Installationsarbeiten und deren Vorgesetzte, Kontrollorgane und weitere Elektrofachleute.

Tagungsziel
Weiterbildung von Betriebselektrikern: berufliche Aufgaben, Pflichten und Verantwortung; Informationen über den neusten Stand der Technik (Vorschriften).

Tagungsleiter
Jost Keller, Leiter Weiterbildung Electrosuisse, Fehraltorf

Unterlagen
Tagungsband und CD-ROM mit allen Referaten

Kosten
Inbegriffen sind Tagungsband mit CD-ROM, Pausen- und Mittagsverpflegung

Mitglied Electrosuisse und Mitarbeiter von Vertragskunden	Fr. 300.–
Nichtmitglied	Fr. 400.–

Anmeldung
Senden Sie das beigelegte Anmeldeblatt an Electrosuisse, Anlassorganisation, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, oder per Fax an die Nr. 044 956 12 49.

Anmeldung übers Internet:
www.electrosuisse.ch

Anschliessend erhalten Sie eine Rechnung und die Teilnahmeunterlagen.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Anlassorganisation, Electrosuisse, Telefon direkt 044 956 11 75.

Electrosuisse
Luppmenstrasse 1
8320 Fehraltorf

Tel. +41 44 956 11 11
Fax +41 44 956 11 22
info@electrosuisse.ch
www.electrosuisse.ch

electrosuisse

Programm

8.30 Erfrischungen

9.00 Begrüssung

Einführung in die Themen
Jost Keller, Electrosuisse Fehraltorf

Elektrobiologie
– Schlafstörungen; 40 cm neben dem Kopf
– Am Morgen gerädert; Alkohol und Wetter?
– Schwere Glieder, Ameisenlaufen
– Handy, Funktelefon, Wireless
– Radiowecker, Transformator
– Elektrisches und magnetisches Feld

André Moser, Electrosuisse Fehraltorf

Wirtschaftlichkeit von Beleuchtungsanlagen
– Lichtwirtschaft
– Lebensdauer von Lampen
– Wartungspläne und Lampenaustausch
– Beleuchtungskonzepte und Planung
– Minergiebeleuchtung
– Sanierung von Beleuchtungsanlagen

Hans Rudolf Ris Fachpublizist

10.45 Pause mit Erfrischungen

11.15 Versorgungssicherheit durch Spitzenlastregulierung
– Sorge Nr. 1: Ständig steigender Energieverbrauch
– Angst vor dem Blackout
– Investitionskosten vs. Netzkapazitäten
– Mit Rundsteuerung die Umwelt schonen
– Beeinflussung des Stromkonsumenten
– Mit Rundsteuerung in die Zukunft gehen

Daniel Heubach, Swistec Systems AG Fehraltorf

12.00 Mittagessen

14.00 Flash
Diverse aktuelle Themen

Aus Unfällen lernen
– Wie gefährlich sind Messhilfsmittel?
– Wie demontiert man eine NHS-Sicherungsleiste?
– Wie wichtig ist der Potenzialausgleich?
– Wie gefährlich ist ein Temperaturfühler?
– Wie gefährlich sind Leistungsschalter?

Werner Berchtold, Electrosuisse Fehraltorf

Diskussion direkt nach den Referaten

16.00 Abschluss der Tagung

Electrosuisse
Luppmenstrasse 1
8320 Fehraltorf

Tel. +41 44 956 11 11
Fax +41 44 956 11 22
info@electrosuisse.ch
www.electrosuisse.ch

electrosuisse