



# Dual versorgt - kommt das Zweispennungs-Bordnetz?



**Moderne Fahrzeuge benötigen elektrische Leistungen bis zu mehreren Kilowatt und ein entsprechend leistungsfähiges Bordnetz. Deshalb entwickelt die Auto-Zulieferindustrie derzeit ein intelligentes Mehrspannungs-Bordnetz nach einheitlichem Standard, das die Anforderungen der Zukunft erfüllen soll. Unser Beitrag zeigt Historie, Stand und einen Ausblick auf die nächste Zukunft zum Thema Dual-Bordnetz.**

## Sackgasse 14 V

Solange man Strom an Bord eines Kraftfahrzeugs nur für die Beleuchtung, die Zündung und allenfalls noch für das Radio benötigte, genügt für die Stromversorgung eine einfache „Lichtmaschine“, deren Spannung mechanisch geregelt wurde, eine Batterie sowie ein paar Kabel und Schalter.

„Musterbeispiel“ für solche Einfachheit war z. B. der Käfer. Aber auch zu dessen Ära kündigte sich an, wo der Zug hinfährt: Die Oberklasse fuhr schon zu jener Zeit nach dem Vorbild der US-Amerikaner mit erheblichem Komfort an Bord herum, etwa elektrischen Fensterhebern, heizbarer Heckscheibe, Klimaanlage etc. Dieser Trend setzte sich rasant fort, sodass heute selbst gut ausgestattete Kleinwagen auf mehrere Ki-

lometer Kabel und viele Kilo elektrisch betriebener Zusatzausstattung kommen. Die elektrische Ausstattung moderner Kraftfahrzeuge verschlingt heute Spitzenleistungen bis zu 10 kW - Tendenz steigend.

Damit stößt das traditionelle 12-V-Bordnetz (richtiger wäre 14-V-Bordnetz, denn die Nominalspannung des Generators liegt bei 14 V) an seine technischen Grenzen. Der zunehmende Umfang an Komfort- und

Sicherheitsausstattungen erfordert immer höhere elektrische Leistungen und ein stabiles Spannungsniveau.

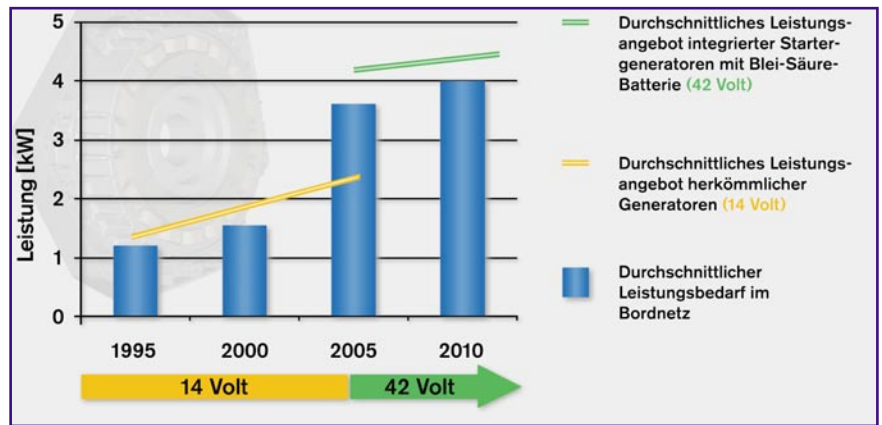
Gleichzeitig steigt das Gewicht des Fahrzeugs durch die erweiterte Ausstattung immer weiter an - eine Armada von Elektromotoren (ein Oberklassefahrzeug „beschäftigt“ derer bis zu 50 Stück) und die immer dicker werdenden Kabelbäume (Grund: Funktionsumfang und Strombelastung steigen ständig) stellen das Gros des Zusatzgewichts. Zumindest beim Kabelbaum hat man durch die Einführung von Bus-Systemen (z. B. CAN-Bus) teilweise Abhilfe geschaffen, wenige „dicke“ Kabel bleiben dennoch, denn nach wie vor muss immer mehr Strom im Fahrzeug transportiert werden.

Ein weiterer Trend lässt das herkömmliche Bordnetz ebenfalls an seine Grenzen stoßen: die Autoindustrie ersetzt zunehmend mechanische Systeme durch elektrische/elektronische Baugruppen. Das macht ökonomisch Sinn, sind doch solche Baugruppen flexibler einsetzbar, leichter, einfacher zu montieren und das Thema mechanischer Verschleiß entfällt weitgehend. Auch die Kraftstoff-Ersparnis spielt hier eine große Rolle - elektrische Aggregate verbrauchen nur Energie, wenn man sie tatsächlich benötigt. Mechanische Aggregate hingegen laufen ständig mit und verbrauchen entsprechend Energie.

Als signifikantes Beispiel sei hier nur die Motorkühlung genannt. Sie arbeitet ständig mit gleicher Bilanz, egal, wie die Bedingungen sind, denn die Wasserpumpe ist mecha-



**Bild 1: Drive-by-wire ist zum Teil schon Realität: oben das elektronische Gaspedal von Hella, unten die Pedal- und Zentraleinheit der elektrohydraulischen Bremse von Bosch.**



**Bild 2: Die Bosch-Analyse zeigt es - der Energiebedarf im Fahrzeug steigt ständig an. Bild: Bosch**

nisch an die Kurbelwelle des Motors gekoppelt. Bei genügend Geschwindigkeit und moderaten Außentemperaturen reicht aber auch der geschickt geführte Fahrwind, um den Motor zu kühlen, schließlich gibt es auch luftgekühlte Motoren (Porsche, einige Boots- und Flugzeugmotoren), die ihren Dienst zuverlässig verrichten. Eine elektronisch geregelte Wasserpumpe hingegen muss nur bei Bedarf zugeschaltet werden. Solche Leistungsbilanzen betreffen auch weitere Baugruppen des Fahrzeugs, zudem lässt sich Gewicht sparen, indem mechanische Baugruppen zunehmend durch elektrische ersetzt werden.

Ein weiteres Stichwort ist Drive-by-wire. Schon heute fahren viele Autos mit einem elektronischen Gaspedal (Abbildung 1), das keine mechanische Verbindung mehr zur Drosselklappe hat. Zahlreiche automatische und halbautomatische Getriebe werden nur per Tasten oder elektrisch arbeitendem Schalthebel (z. B. sequenzielle Schaltungen) bedient. Als nächste Baugruppe haben die Autobauer die Bremsanlage im Visier - die elektrohydraulische Bremse entkoppelt das Bremspedal weitgehend mechanisch von der Bremsanlage, die ihre Befehle dann fast nur noch vom Chip erhält, eingerechnet sind die vielen Steuersignale von ABS, ESP usw. Die elektrohydraulische Bremse (Abbildung 1) besteht dann direkt am Pedal nur noch aus einer kleinen Pedaleinheit, der Rest sitzt abgesetzt im Motorraum.

Und auch an der letzten mechanischen Verbindung zwischen Fahrer und Maschine arbeiten die Autobauer - wer auf der IAA 2001 war, konnte bei Citroën den ersten Prototypen mit über die ganze Fahrzeugbreite verstellbarem Lenkrad bewundern. Das bringt Sicherheitsvorteile - die massive Lenksäule fällt als Sicherheitsrisiko vollständig weg. Andererseits bringt es Produktionsvorteile, die gesamte Fahrer-Bedien-Einheit aus Lenkrad und Pedalerie lässt sich ohne großen Aufwand wahlweise auf Rechts- oder Linkslenker umstellen. Dass Drive-by-wire bei traditionellen Autofahrern einen unangenehmen Schauer

über den Rücken jagt, ist wohl anhand der Pannenzahlen der Bordelektrik verständlich. Immerhin werden ca. 15% der Pannen unterwegs von Defekten in der Bordelektrik verursacht, unendlich viele Werkstattaufenthalte beschäftigen sich nur mit diesem Thema und Rückwandlungen von Kaufverträgen wegen „spinnender“ Navigationssysteme, Türschließenanlagen, plötzlich aussetzender Motorsteuerungen usw. häufen sich. Deshalb sehen die Autobauer schon heute für wichtige Systeme Redundanzen oder Notlauffunktionen vor. Wie wichtig so etwas bei der elektrischen Lenkung ist, braucht man nicht lange zu erklären...

In der Summe aller dieser Maßnahmen zusätzlich modernem Energiemanagement im neuen Dual-Bordnetz erwartet die Autoindustrie Kraftstoffeinsparungen bis zu 30 %, immerhin verbrauchen wir heute 1-1,5 l Kraftstoff auf 100 km nur damit, elektrische Energie an Bord zu erzeugen - mit steigender Tendenz bis zu 2,5 l!

Und die Autobauer träumen weiter: jetzt wollen sie eine Herzoperation vornehmen - die mechanische Ventilsteuerung soll aus dem Verbrennungsmotor verschwinden, ersetzt durch eine elektrische Ventilsteuerung. Damit verlöre der Motor enormes Gewicht, er würde durch Fortfall des mechanischen Ventiltriebs wartungsfreundlicher und viel flexibler steuerbar. Der Motor kann stets im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, die Zylinderabschaltung sowie der Motorstart (Start-Anlauf ohne Kompression) würden erleichtert. So kann sich der Motor zukünftig völlig ohne Nebenabtriebe präsentieren - er hat allein die Kurbelwelle anzutreiben, alle Nebenaggregate arbeiten, flexibel elektronisch gesteuert, mit Elektroantrieb. Allein diese Maßnahme würde aber bis zu 5 kW elektrischer Leistung erfordern - da ist die herkömmliche „Lichtmaschine“ endgültig überfordert und das Gewicht der Elektrokabel würde ins Uferlose wachsen, veranschaulicht man sich nur einmal die dann fließenden Ströme! Abbildung 2 zeigt eine

Analyse von Bosch zur Entwicklung des Leistungsbedarfs von Kraftfahrzeugen.

**Zukünftig doppelt**

Um aus dieser Sackgasse herauszukommen, wird das Auto der nächsten Zukunft von zwei Bordspannungssystemen versorgt. Zum herkömmlichen 14-V-Netz, das weiter solche Verbraucher wie Motormanagement, Scheinwerfer oder sonstige Niedriglast- und Ruhestromverbraucher versorgt, kommt eine zweite Spannungsebene, das 42-V-Bordnetz inklusive einer zweiten Batterie mit 36 V. Diese höhere Spannung resultiert zum einen daraus, dass bei einer höheren Spannung bei gleicher Belastung weniger Strom fließen muss und man erhebliche Einsparungen an Kabeldicken hat. Zum anderen sind viele der neuen Komponenten, z. B. elektromagnetische Ventile oder viele Servokomponenten, mit 14 V nicht betreibbar und schließlich können viele Elektronikbausteine preiswerter ausfallen, da man sie nur für geringere Ströme dimensionieren muss. Die Spannungserhöhung ist das geringste Problem für die Halbleiterindustrie, die über genügend Technologien für die Beherrschung höherer Spannungen verfügt.

Das Spannungsniveau einer 42-V-Anlage ist (vorläufig, Entwurf der AGN, siehe unten) wie folgt definiert (Eckdaten): die minimale Bordspannung ohne Starterbelastung darf 30 V nicht unterschreiten. Die effektive Spannung bei laufendem Motor darf max. 48 V betragen, 50 V sind die Maximalspannung inklusive Restwelligkeit. Eine Schutzschaltung muss dafür sorgen, dass hochenergetische Störimpulse („load dump“) unter keinen Umständen eine Schwelle von 58 V überschreiten können.

Zur Definition und Entwicklung bildete sich 1996/97 ein weltweit arbeitendes Normungsgremium, das von deutschen Experten, darunter zahlreiche Automobilfirmen (z. B. BMW, DC, VW) und Zulieferern (z. B. Bosch, Hella, Infineon, Valeo, Varta) dominiert wird. Das „Forum Bordnetzarchitektur“ [1] unter Koordination der hannoverschen „sci-worx GmbH“ bildet dabei das international anerkannte, maßgebliche Zentrum aller Bemühungen um das neue Bordnetz. Das Forum steht in engem Kontakt zum bekannten MIT (Massachusetts Institute of Technology) in Boston, das bereits 1995 ein Industriekonsortium aus inzwischen 33 Herstellern und Zulieferern weltweit gegründet hat („Industry Consortium Electrical/Electronic Components and Systems“ [2]). Die Definitionen und Spezifikationen des neuen Bordnetzes stehen, vorbehaltlich der Bestätigung durch offizielle Normungsgremien (ISO), weitgehend anhand der Empfehlungen der Arbeitsgruppe Normung (AGN) des „Forums

Bordnetzarchitektur“ fest. Um die neue Technik einführen zu können, fehlt eigentlich nur noch diese Bestätigung. Vor allem die Zulieferindustrie sitzt in den Startblöcken und hält bereits voll einsetzbare Konzepte und Produkte bereit. Die Autohersteller halten sich hingegen noch fast sämtlich bedeckt - gut verständlich, wenn man bedenkt, was die Einführung dieses Systems technologisch bedeutet (wie wir noch sehen werden). Da will sicher keiner gleich vorpreschen und das „Versuchskaninchen“ spielen - warten wir es einfach ab! Die Zulieferer sagen jedenfalls die Einführung der Norm für ca. 2005 voraus, sie zeigen heute schon komplette, fahrfähige Concept-Cars und könnten sofort bauen.

**Der Tod der alten „Lichtmaschine“**

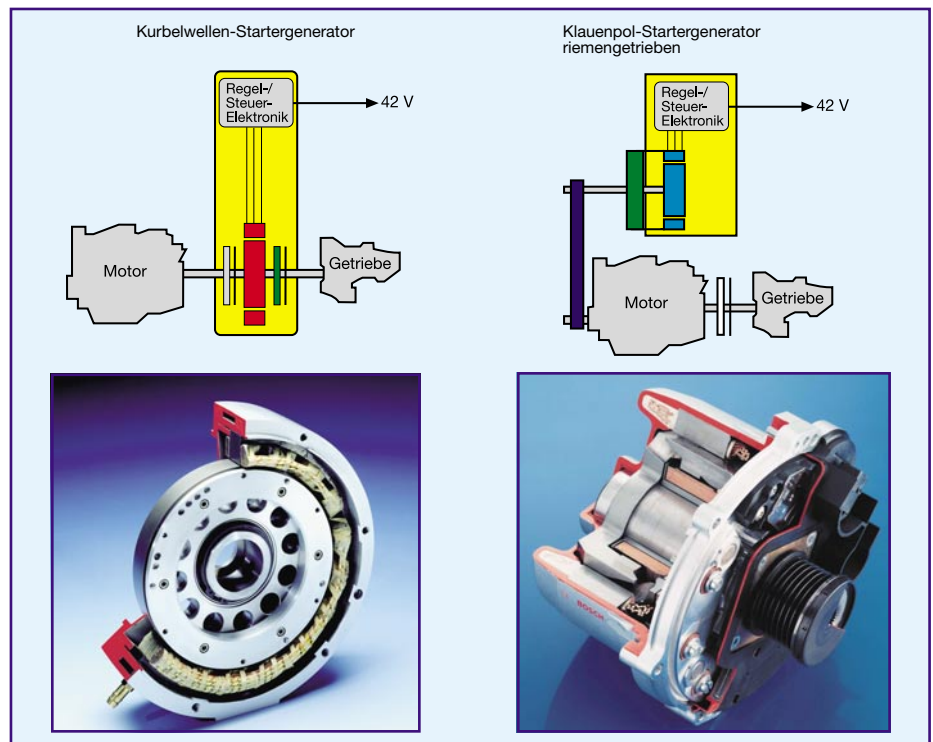
Mit der Einführung des doppelten Bordnetzes gehen zahlreiche technische Innovationen einher, die teilweise tief in das bisherige Konzept der Automobilbauer eingreifen. Das beginnt damit, dass man, anknüpfend an vielfach bereits heute geltenden (z. B. einige Städte der USA), jedenfalls aber in nächster Zukunft zu erwartenden Emissionsbestimmungen, gleichzeitig mit dem neuen Bordnetz auch völlig neuartige Energieerzeuger an Bord einsetzen will. Diese sollen nicht nur Strom bei laufendem Motor erzeugen, sondern diesen gleichzeitig starten können und beim Bremsen Energie rückgewinnen. Dazu sollen sie einen teilhybriden Antrieb ermöglichen, also das Fahrzeug nach dem Motorstart bis zu einer gewissen Geschwindigkeit, allein elektrisch

angetrieben oder zumindest stark unterstützt, beschleunigen. Damit gehen ein geräuscher Motorstart (das typische Anlassergeschall fällt weg) und die Möglichkeit eines echten, vollautomatischen Start-/Stopp-Betriebs, etwa an Ampeln, einher. Letzteres hat man ja schon bei einigen Fahrzeugen versucht, es scheiterte jedoch an komplizierter Handhabung, zu langen Motorstartvorgängen (unsere Hup-Toleranzschwelle an der Ampel liegt nicht mehr weit hinter der von Südeuropäern) und schlechtem Preis-/Leistungsverhältnis. Das neue System jedoch braucht nach dem automatischen Abschalten des Motors bei Stillstand, z. B. an der Ampel, keinen eigentlichen Startvorgang mehr, man fährt übergangslos auf Gaspedaldruck per Elektroantrieb los („Boost“), kurz danach (vielleicht bei 30 km/h) wird der Verbrennungsmotor gestartet und übernimmt dann übergangslos den Vortrieb. Das spart in der Stadt enorm Kraftstoff und senkt die Emissionen (Abgase und Lärm) erheblich. Kurze Strecken lassen sich so ganz per Elektroantrieb zurücklegen („No emission zones“).

Ergo muss ein neues technisches System her, das die herkömmlichen Komponenten „Lichtmaschine“ (Generator) und Anlasser ersetzt.

**Startergenerator - die intelligente Universalmaschine**

Derartige Maschinen werden Startergeneratoren genannt und sind heute in zwei Formen konzipiert: die wie ein herkömmlicher Generator aussehende, riemenge-



**Bild 3: Die beiden Startergenerator-Konzepte: links der integrierte Startergenerator, rechts der Klauenpolgenerator. Fotos/Grafikidee: Bosch**

triebene Klauenpolmaschine und den integrierten Startergenerator, der zwischen Motor und Getriebe gesetzt wird.

Das erste Konzept (Abbildung 3 rechts und Abbildung 5 oben) wird allgemein als Übergangslösung angesehen und ist vor allem für kleinere, quer liegende Motoren unterhalb 3 l Hubraum (Startleistung bis 3,5 kW) gedacht. Größere Motoren lassen sich per Riementrieb nicht mehr effizient starten. Es hält jedoch die Einstiegsschwelle für den Autobauer niedrig, denn er muss keine wesentlichen konstruktiven Änderungen an seinem Triebwerks-Layout vornehmen, was teure Entwicklungsarbeit erfordern würde. Der Klauenpol-Startergenerator ist kompakt und fordert nahezu keinen zusätzlichen Platz im Motorraum. Lediglich der Riementrieb muss massiver ausfallen, da hierüber auch der Motorstart zu realisieren ist, und es kommt ein kleines, internes Getriebe (in Abbildung 3 grün) zur Drehzahlerhöhung dazu. Der Klauenpol-Startergenerator ist zwar relativ preiswert, weist jedoch einen bekannt niedrigen Wirkungsgrad auf und ermöglicht nicht in vollem Umfang die angestrebten Funktionen Energierückgewinnung, Anfahrhilfe/Hybridantrieb. Allerdings kann er als geräuscharme Anfahrhilfe für kleinere Fahrzeuge dienen und so z. B. laut Bosch ein Einsparpotenzial im Stadtfahr-Zyklus bis 10 % aktivieren.

Das zweite Konzept ist revolutionärer, wenn auch in den Grundzügen nicht ganz neu. Ältere Leser werden ihm unter Umständen begegnet sein, ein ähnliches System gab es schon einmal um den 2. Weltkrieg herum als „Dynastart“, etwa bei DKW, Sachs, Bosch („Bosch-Lichtanlasser“, z. B. bei Lloyd) und Isert („Isetta“). Folgerichtig heißt der entsprechende integrierte Startergenerator bei Sachs auch wieder „DynaStart“. Dabei wird eine ex-

trem flache Elektromaschine zwischen Motor und Getriebe montiert und mit einer zusätzlichen, natürlich automatisch arbeitenden Kupplung versehen (die Kupplungen müssen ja, je nach Aufgabe, entweder den Motor oder/und das Getriebe mit dem Startergenerator verbinden). Wie das aussieht, kann man ebenfalls Abbildung 3 links, bzw. Abbildung 5 unten, entnehmen. Erst mit dieser Maschine können sowohl größere Motoren gestartet als auch die Funktion „Teilhybrider Betrieb“ verfügbar gemacht werden.

Die Vorteile liegen auf der Hand: Starter und Generator befinden sich innerhalb einer Maschine, das spart Platz und Gewicht. Man kann solch eine Maschine problemlos bis zu einem gewissen Grad als Elektroantriebsmaschine nutzen, durch die fest an die Kurbelwelle angekoppelte Drehzahl treten keine Synchronisierungsprobleme auf und die Rückgewinnung von Bremsenergie ist sehr einfach möglich.

Abbildung 4 zeigt das Innenleben solcher Maschinen, hier von Sachs und Valeo (Bosch-Maschine siehe Abbildung 2). Gut zu erkennen sind die wesentlichen Elemente Stator, Rotor, Kupplung und Torsionsdämpfer. Inzwischen haben alle namhaften Zulieferer wie Bosch, Delphi, Sachs, Visteon, Valeo usw. solche Maschinen serienreif entwickelt.

Die Startergeneratoren sind für die verschiedensten Arbeitsprinzipien konstruierbar (Synchron-, Asynchronmaschinen, Innen-/Außenläufer) und können bis 15 kW Leistung und ein Start-Drehmoment bis 500 Nm erzeugen. Die Effizienz liegt bei mehr als 80 %, es entfallen die Bauteile Starter, Schwungscheibe und Antriebsriemen und kompakt ist er auch mit gerade einmal 40-60 mm Länge bei Durchmessern zwischen 200 und 400 mm. Solche Maschinen werden von einigen Herstel-

lern ob ihrer hohen Effizienz und geringen Größe bei gleichzeitig sehr hohem Drehmoment auch als Antrieb der Zukunft (Spannungserzeugung über Brennstoffzellen) angesehen.

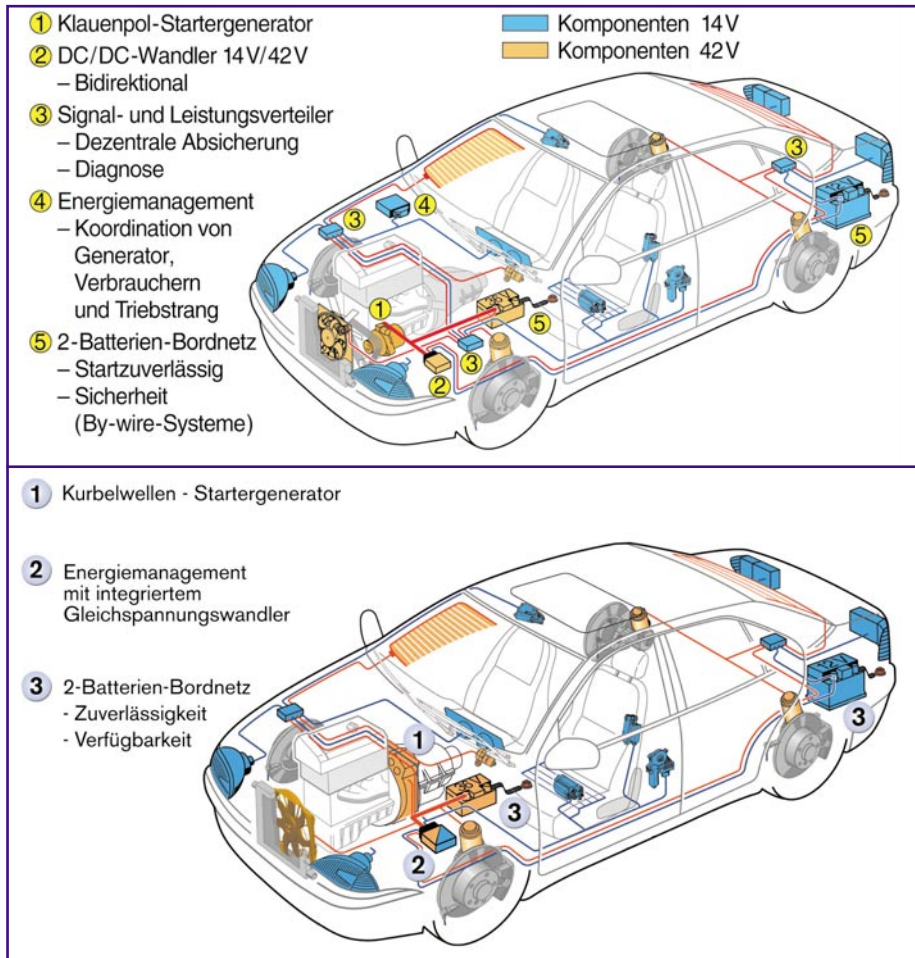
Natürlich erfordert ein solches System eine teilweise Neukonstruktion im Motorraum, es ist also nicht ohne weiteres im Antriebsstrang integrierbar. Und wenn man sich die drangvolle Enge gerade im Kupplungs- und Getriebebereich, vor allem bei kleineren Fahrzeugen ansieht, bleibt für das Einfügen dieses Startergenerators eine Neukonstruktion in diesem Bereich nicht aus. Dennoch wird wohl diesem Konzept, aus o. g. Gründen, die Zukunft gehören - bekanntlich gibt es zur Lösung solcher Aufgaben ja Ingenieure...

## Management ist alles

Natürlich gehört zum Zweispannungs-Bordnetz noch mehr, wie die Schaubilder in Abbildung 5 und die Abbildung 6 zeigen. Zwei Bordnetze bedingen zunächst auch zwei Batterien, eine mit 12 V und eine mit 36 V. Sie versorgen gemeinsam mit dem Startergenerator die ihnen zugeschalteten Verbraucherbereiche. Ein DC/DC-Wandler erzeugt zunächst als Standardfall aus der 42-V-Generatorspannung die 14-V-Bordnetzspannung. Er arbeitet in beide Richtungen. Das heißt, kommt es zu Störungen oder Batterie-/Generatorausfall im 42-V-Bordnetz, wird diese Spannung aus dem 12-V-Netz entnommen bzw. erzeugt. Auch der umgekehrte Fall ist möglich. Das bringt die notwendige Redundanz im Gesamt-Bordnetz, damit es niemals zu einem Ausfall eines wesentlichen Systems (etwa im Falle der By-wire-Lenkung nicht zu Ende denkbar!) kommen kann. Natürlich sind die Netze gegeneinander und intern abgesichert. DC/DC-Wandler werden heute schon kom-



**Bild 4: So sind die integrierten Startergeneratoren aufgebaut. Sie enthalten eine zweite, automatische Kupplung. Computergrafiken oben: Valeo; Fotos unten/rechts: Sachs**

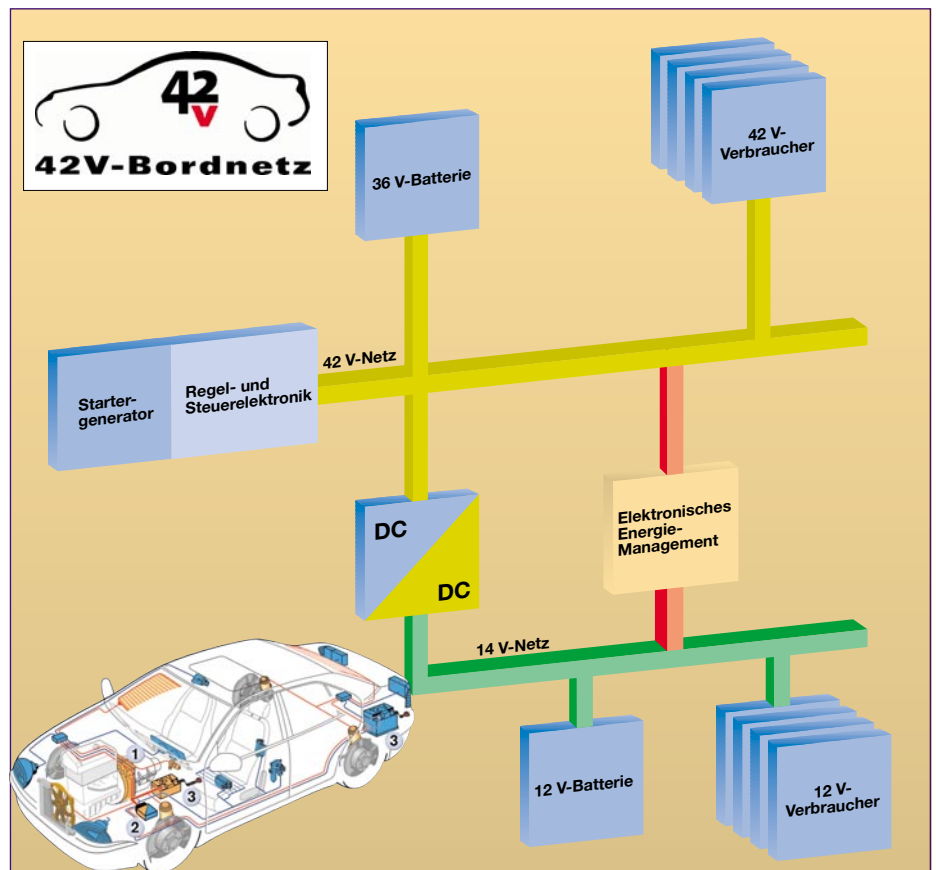


**Bild 5: Das Zweispannungs-Bordnetz im Überblick, oben mit Klauenpol-generator, unten mit integriertem Startergenerator. Grafiken: Bosch**

plett einsatzfertig von verschiedenen Zulieferern angeboten (Abbildung 7).

Eine ganz wesentliche Aufgabe kommt einer unscheinbaren Blackbox zu - dem elektronischen Energie-/Batterie-Management (EEM/EBM, Abbildung 8). Hier werden alle Steuerprozesse des Bordnetzes zusammengefasst und zentral gesteuert. Aus dem Bedarf an elektrischer Energie, dem Ladezustand der Batterien, dem Lastzustand des Generators und weiteren Faktoren wird hier ständig die Bordnetzbilanz berechnet und dafür gesorgt, dass stets genügend elektrische Energie für alle lebenswichtigen Verbraucher wie Motormanagement, elektrohydraulische Bremse, elektrische Lenkung usw. vorhanden ist. Deshalb z. B. arbeiten auch die DC/DC-Wandler bidirektional. Die wichtigsten Kenngrößen sind dabei SOC (state of charge, Ladezustand) und SOH (state of health, Leistungsfähigkeit) der Batterie. Unterschreitet z. B. die in der Batterie gespeicherte Energie einen Mindestwert, so kann das System z. B. über die Motorsteuerung

**Bild 6: Der Aufbau des dualen Bordnetzes**



kurzfristig die Leerlaufdrehzahl erhöhen, um mehr Strom vom Generator zu erhalten. Da das gesamte Management sehr vorausschauend arbeitet, kann z. B. auch die Batterie kleiner und leichter werden.

Das in Abbildung 8 gezeigte Batterie-Management-System von Bosch darf hier als Vorreiter zukünftiger Managementsysteme gelten, denn es wird ab Ende 2001 bereits für die Einbindung in Fahrzeuge mit herkömmlichen Bordnetzen hergestellt.

Wollen wir die einzelnen Management-Bereiche, die allerdings vielfach vernetzt sind, einmal jeden für sich genauer betrachten.

**Batteriezustandserkennung**

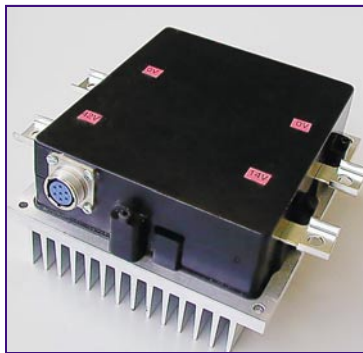
Hier wird ständig die aktuelle Leistungsfähigkeit der Batterien ermittelt. Das Management sorgt für stete Startfähigkeit des Motors durch Bereitstellung der minimalen Startspannung bei gleichzeitig gesicherter Funktion sicherheitsrelevanter Systeme.

**Generatormanagement**

Diese Sektion ist für die stets optimale Nutzung der Leistungsfähigkeit des Generators entsprechend des aktuellen Bordnetz- und Fahrzustands zuständig.

**Verbrauchermanagement**

Das hat bisher der Fahrer übernommen, indem er etwa Licht, Radio und heizbare Heckscheibe vor dem Motorstart im Win-



**Bild 7: DC/DC-Wandler haben viele Zulieferer „im Köcher“. Die Steuerung erfolgt durch verschiedene gängige Fahrzeugbus-Systeme, z. B. CAN oder LIN. Bild: links Hella KG, rechts Valeo**

ter abgeschaltet hat. Eine ähnliche Aufgabe kommt nun dem Verbrauchermanagement zu. Es hat dafür zu sorgen, dass erstens stets die Startfähigkeit des Motors erhalten bleibt und zweitens dafür (und noch viel wichtiger), dass bei negativer Bordnetzleistungsbilanz auf jeden Fall lebenswichtige Systeme mit Spannung versorgt werden, während es weniger wichtige Verbraucher, zumindest zeitweise, abschaltet oder in ihrer Leistungsaufnahme reduziert. Das nennt man Verbraucherpriorisierung und es hat so zu funktionieren, dass die Grundfunktionen des Fahrzeugs in jedem Falle erhalten bleiben - notfalls wird halt das Radio abgeschaltet, damit die Bremse garantiert funktioniert! Auch eine Lastspitzenverteilung durch kurzzeitiges Verzögern des Einschaltzeitpunktes beim gleichzeitigen Einschalten mehrerer Verbraucher ist Bestandteil dieser Funktionalität.

### Antriebsmanagement

Hier erkennt man, wie eng alle Funktionen verflochten sind. Das Antriebsmanagement arbeitet eng mit dem Generatormanagement zusammen und sorgt für die Koordination der einzelnen Betriebsarten

Generator, Starter, Antrieb (Anfahrhilfe und Beschleunigen) und Energierückgewinnung (Stromerzeugung beim Abbremsen des Motors).

Das gesamte Energiemanagement kommuniziert mit beiden Bordnetzen und allen Verbrauchern über die vorhandenen Busleitungen (z. B. CAN-Bus). So werden alle in die Bordnetze eingebundenen Komponenten erreicht, sie unterliegen einer ständigen Diagnose und sie können blitzschnell, ohne den Fahrer mit für ihn überflüssigen Entscheidungen zu belasten, jede Komponente beeinflussen.

Wir können also konstatieren, dass das Zweispannungs-Bordnetz derzeit die einzige Alternative zum heutigen 14-V-Netz ist. Wo die Reise hingehet, ist heute allerdings nur anhand von Visionen der Zulieferer ablesbar, etwa vielleicht die vollständige Hinwendung zum 42-V-Bordnetz nach einer Übergangszeit mit dem Zweispannungs-Bordnetz.

Ein offizielles Projekt gab immerhin der Zulieferer Valeo zur IAA 2001 bekannt. In Zusammenarbeit mit dem großen britischen Technologieanbieter Ricardo will man bis 2002 ein so genanntes „mild hybrid vehi-

le“ entwickeln, einen Diesel-PKW namens „i-Mo-Gen“ (intelligent Motor-Generator) mit 14-/42-V-Bordnetz, integriertem Startergenerator und einer prognostizierten Kraftstoffverbrauchs-Einsparung von bis zu 30 %. Das alltagstaugliche Fahrzeug mit 1,2 l Hochleistungsdiesel soll zukünftige Emissionsgrenzwerte um 50 % unterbieten und bietet 74 kW Motorleistung, Start-/Stopp-Funktion, Beschleunigungshilfe bzw. Drehmomentanhebung durch den integrierten Startergenerator sowie Energierückgewinnung beim Bremsen.

Abgesehen von diesem Projekt, dessen Serienreife für etwa 2003 erwartet wird, werden wir einige der im Artikel besprochenen Funktionen aber auch bereits vor der breiten Einführung des Zweispannungs-Bordnetzes nutzen können, etwa den Bosch-Klauenpol-Startergenerator mit den Funktionen Start-/Stopp-Anfahrhilfe oder das elektronische Batteriemanagement EBM, ebenfalls von Bosch - das Modelljahr 2002/2003 wird es zeigen... **ELV**

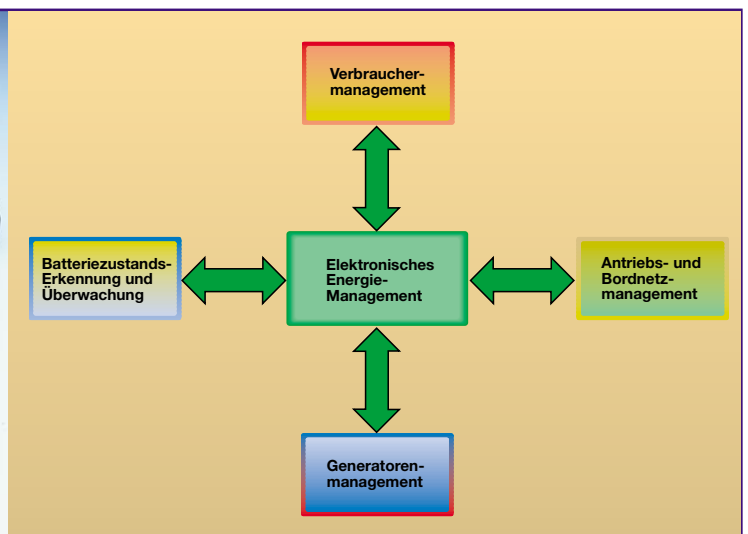
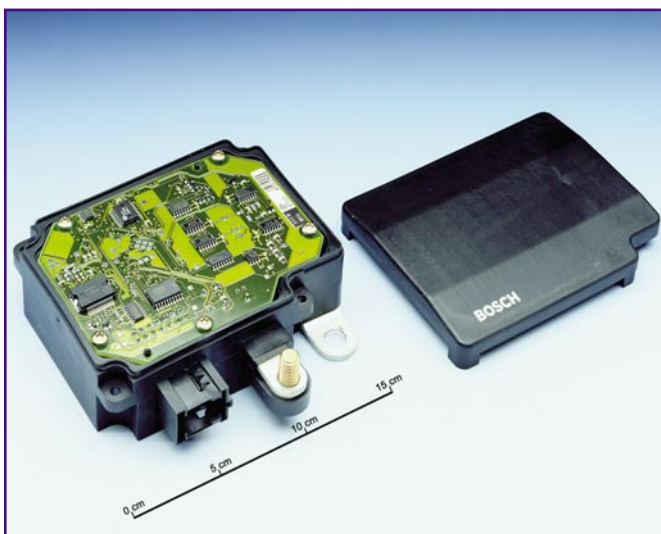
### Quellen/Literatur:

- Dr. Hartmann, Hans-Dieter, sci-worx, Hannover:
- Das 42-V-Bordnetz für Kraftfahrzeuge - Motivation und Innovation, 10/2000
- 42-V-Status Report on the Standardization of the PowerNet, 10/2001

- Dr. Bolzenius, Beda-Helmut, Bosch: Energiemanagement und Startergenerator für das Bordnetz der Zukunft, Vortrag zum 55. Internationalen Motorpressekolloquium, 4/2001

### Internetadressen:

- [1] <http://www.bordnetzforum-42v.de>
- <http://www.sci-worx.de>
- [2] <http://auto.mit.edu/consortium/>



**Bild 8: Regelt den gesamten Datenaustausch im Bordnetz und steuert alle Management-Funktionen - das EEM, hier am Beispiel des EBM-Moduls von Bosch. Foto: Bosch**