

# Start-Stopp-Systeme

## Energiemanagement und Rekuperation

Aufbau und Funktion, Prüfhinweise, Servicetipps



**Torsten Schmidt**

Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH  
ISBN 978-3-87441-111-0

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliographie;  
Detaillierte bibliographische Daten sind im Internet  
über <http://www.dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-111-0

Band 4  
aus der Reihe  
KRAFTHAND-Praxiswissen

1. Auflage Juni 2012

Autor: Torsten Schmidt  
Realisierung/Lektorat: Georg Blenk  
Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler, Evelyn Adler, Katrin Holnsteiner, Mathias Rief  
Titelbild: Audi AG  
Bilder/Grafiken: Banner, Behr, BMW, Bosch, Continental, Delphi, Denso, Federal-Mogul,  
Gates, Hella, Johnson Controls, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Moll, Peugeot, Schaeffler,  
Valeo, Vector Informatic, Vibracoustic, Volkswagen, ZF.  
Druck und buchbinderische Verarbeitung: Schätzl Druck & Medien, Donauwörth

Alle Rechte vorbehalten  
© Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH, Bad Wörishofen, 2012  
[www.krafthand-verlag.de](http://www.krafthand-verlag.de)

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

\*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen –, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Torsten Schmidt © zuzuordnen.

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>1. Das Start-Stopp-System – Einsparpotenzial, Marktdurchdringung, Perspektiven</b> .....	7
<b>2. Arbeitsweise und Regelstrategien von Start-Stopp-Systemen</b> .....	9
2.1 Einfluss des Fahrers auf die Start-Stopp-Funktion .....	9
2.2 Einfluss von Steuergrößen auf die Betriebsbereitschaft des Systems .....	10
<b>3. Die unterschiedlichen Start-Stopp-Systeme und ihre Komponenten</b> .....	17
3.1 Das starterbasierte Start-Stopp-System .....	17
3.2 Das Start-Stopp-System ‚StARS‘ mit Starter/Generator .....	18
1. Generation: Hauptkomponenten und Funktionsweise .....	18
2. Generation: Hauptkomponenten und Funktionsweise .....	22
3.3 Start-Stopp-Automatik in Hybridfahrzeugen .....	23
<b>4. Die speziellen Batterietypen in Fahrzeugen mit Start-Stopp-System</b> .....	27
4.1 AGM-Batterie – Aufbau, Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten .....	27
4.2 EFB und ECM-Batterie – Aufbau, Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten .....	31
4.3 Besonderheiten beim Erneuern einer Batterie an Start-Stopp-Fahrzeugen .....	33
<b>5. Das Energiemanagementsystem Grundsätzliches, Bezeichnungen</b> .....	37
5.1 Aufbau, Arbeitsweise und Fachbegriffe .....	37
5.1.1 Hauptkomponenten des Energiemanagements und ihre Aufgaben .....	38
5.1.2 Funktionen und Arbeitsweise des Energiemanagements in Fahrzeugen ohne Start-Stopp-System .....	38
5.1.3 Funktionen und Arbeitsweise des Energiemanagements in Fahrzeugen mit Start-Stopp-System und Bremsenergieerückgewinnung – Arbeitsweise Bremsenergieerückgewinnung .....	41
5.1.4 Der Batteriesensor und Hinweise für die Praxis .....	42
5.1.5 Extern geregelte Generatoren und Fallstricke beim Prüfen der Ladespannung .....	44
5.1.6 Bordnetzstabilisierung (Bedarf und Komponenten) .....	50
• DC/DC-Wandler .....	50
• Boostsystem mit Supercaps .....	52
<b>6. Weitere Komponenten von Start-Stopp-Systemen</b> .....	55
<b>7. Beispiele für zukünftige Entwicklungen und Trends</b> .....	59
7.1 Start-Stopp-Segeln .....	59
7.2 Regeneratives Bremssystem mit Kondensatoren als Energiespeicher .....	59

# Vorwort

Um die Effizienz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu steigern, setzen die Automobilhersteller in den letzten Jahren vermehrt auf das Start-Stopp-System. Marketingstrategen bezeichnen damit ausgestattete Fahrzeuge gern auch als Micro-Hybrid. Dabei ist die Idee, den Motor zur Kraftstoffersparnis in Stoppphasen, ohne Betätigen des Zündschlüssels, automatisch abzustellen, nicht neu. Schon in den 1980er Jahren brachte Volkswagen mit den sogenannten Formel-E-Modellen Fahrzeuge mit einer Start-Stopp-Automatik auf den Markt. Allerdings setzte sich damals das Konzept, das beispielsweise für den Passat erhältlich war, nicht durch. Wohl auch, weil der Spareffekt zu gering und die Komforteinbußen vielen Autofahrern zu hoch waren. So musste der Fahrzeuglenker für den Wiederstart einen Taster betätigen.

Bei heutigen Start-Stopp-Systemen sieht es anders aus. Hier ist ein manueller Neustart nicht mehr notwendig. Außerdem soll eine Vielzahl von Steuergrößen, das Zusammenspiel mit dem Energiemanagement und – wenn vorhanden – die Bremsenergierückgewinnung sowie zyklenfestere Batterien, deutlich wahrnehmbare Einsparungseffekte durch die Start-Stopp-Funktion garantieren, ohne dass es zu Komforteinbußen kommt. Mit all diesen Einflussfaktoren gestaltet sich die Regelstrategie moderner Start-Stopp-Systeme allerdings sehr komplex.

Damit sich Kfz-Profis einen Überblick über aktuelle Start-Stopp-Systeme und ihre Arbeitsweise verschaffen können, fasst diese Broschüre essentielles Hintergrundwissen, aber auch werkstattrelevante Fakten kompakt zusammen. Anhand dieser Informationen lassen sich beispielsweise Reklamationen über ein vermeintlich defektes Start-Stopp-System gegenüber dem Kunden fachkundig aufklären. Zudem wird auf servicerelevante Aspekte hingewiesen, die bei nicht Beachten zum Deaktivieren des Systems führen. Weil moderne Fahrzeuge mit Start-Stopp-Automatik nicht ohne das erwähnte Energiemanagement auskommen und häufig auch über ein regeneratives Bremssystem verfügen, werden diese Themen aufgrund der Komplexität in eigenen Kapiteln behandelt. Hier finden sich Erläuterungen zum Aufbau und zur Arbeitsweise genauso wie wichtige Tipps für die Werkstattpraxis.

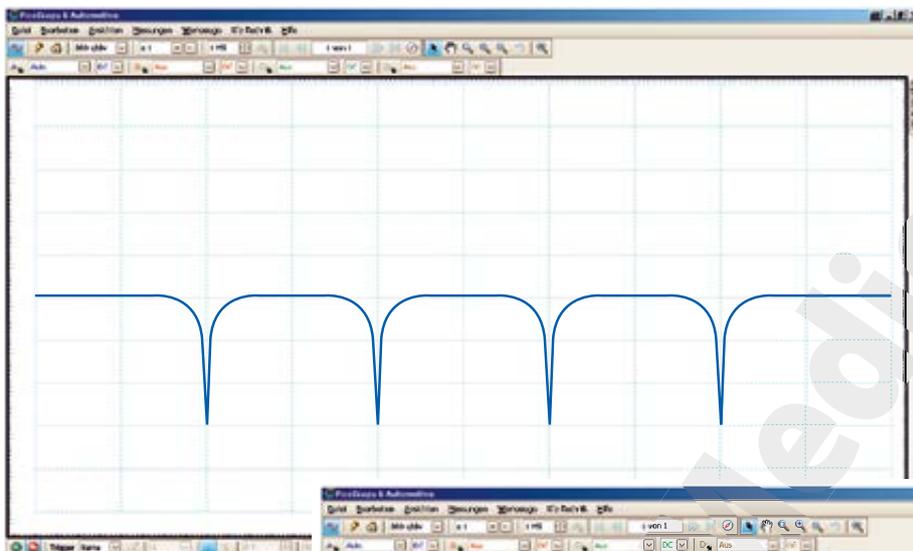
Als Basis der vorliegenden Ausgabe Nr. 4 ‚Start-Stopp-Systeme – Energiemanagement und Rekuperation‘ aus der Reihe KRAFTHAND-Praxiswissen dienten zahlreiche Gespräche mit Experten beziehungsweise Entwicklern von Einzelkomponenten. Außerdem waren eigene Messungen und Tests sowie Informationen, technische Unterlagen, Fachbeiträge und Pressemeldungen von Fahrzeugherstellern sowie Zulieferern Grundlage der Ausarbeitung.

Ich möchte mich bei folgenden Unternehmen für die kooperative Zusammenarbeit bedanken: Audi, Banner, BMW, Behr, Bosch, Continental, Exide, Federal-Mogul, Getrag, Hella, Hyundai, Johnson Controls, Mazda, Mercedes-Benz, Midtronics, Mitsubishi, Moll, Valeo, ZF Friedrichshafen. Zusätzlich danke ich meinem Kollegen und Lektor Georg Blenk für die Unterstützung bei der Erstellung des Gesamtwerks.

Torsten Schmidt, im Juni 2012

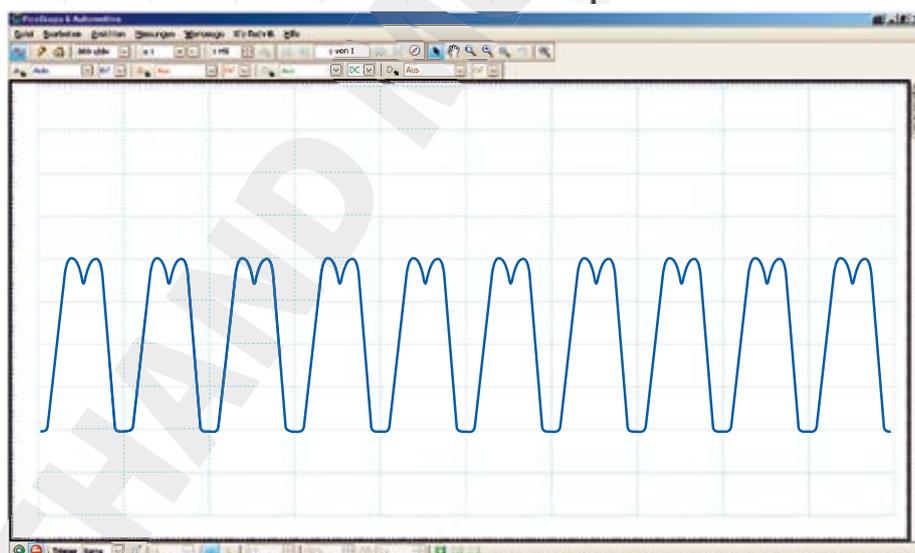
## Start-Stopp-Systeme

5



**Bild 56**  
Unterbrechung der  
Minusdiode.  
Generator erneuern /  
reparieren

**Bild 57**  
Phasenunterbrechung  
im Generator.  
Generator erneuern /  
reparieren



### 5.1.6 Bordnetzstabilisierung (Bedarf und Komponenten)

Um die störungsfreie Integration eines Start-Stopp-Systems in Hinblick auf die Gesamtelektrik zu gewährleisten, integrieren die Fahrzeughersteller in die entsprechenden Modelle Komponenten zur Bordnetzstabilisierung. Damit ist sichergestellt, dass während des Restarts und des dabei auftretenden Spannungsabfalls Verbraucher wie Radio, Navigationsgerät, Freisprecheinrichtung, Scheibenwischer und etwa Displayfunktionen nicht aussetzen oder gar in ‚Reset‘ gehen.

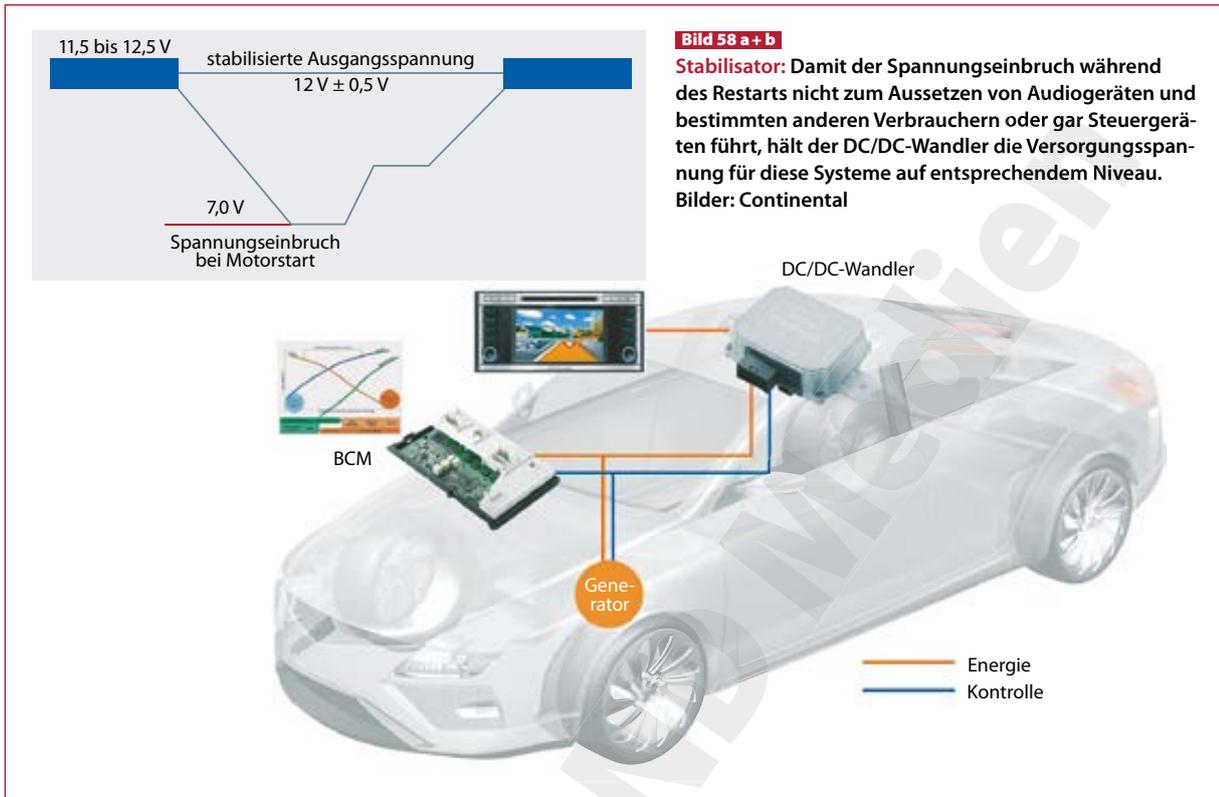
Um die Spannungsversorgung für derartige Verbraucher sicherzustellen, befinden sich sogenannte Bordnetzstabilisatoren beziehungsweise DC/DC-Wandler an Bord der meisten Start-Stopp-Fahrzeuge. Der PSA-Konzern setzt bei seinen e-HDi-Modellen mit i-StARS auf das von Continental entwickelte Boostsystem mit Super-

caps. Neben der Stabilisierung des Bordnetzes trägt es auch zur Entlastung der Batterie beim Restart bei.

#### DC/DC-Wandler

Alternativ zum DC/DC-Wandler sind auch Begriffe wie Bordnetzstabilisator oder Aufwärtswandler in Gebrauch. Der Begriff Aufwärtswandler beschreibt im Grunde bildhaft was er während der Restartphase leisten muss. Fällt die Spannung am Wandlereingang durch den Startvorgang unter ein bestimmtes Niveau (zum Beispiel 12 V), gewährleistet der Aufwärtswandler durch einen Spannungsverstärker, dass Audiogeräte und bestimmte andere Verbraucher weiterhin mit ‚normaler‘ Bordspannung versorgt werden. So genommen hält er die Spannung für diese Komponenten stabil.

## Das Energiemanagementsystem

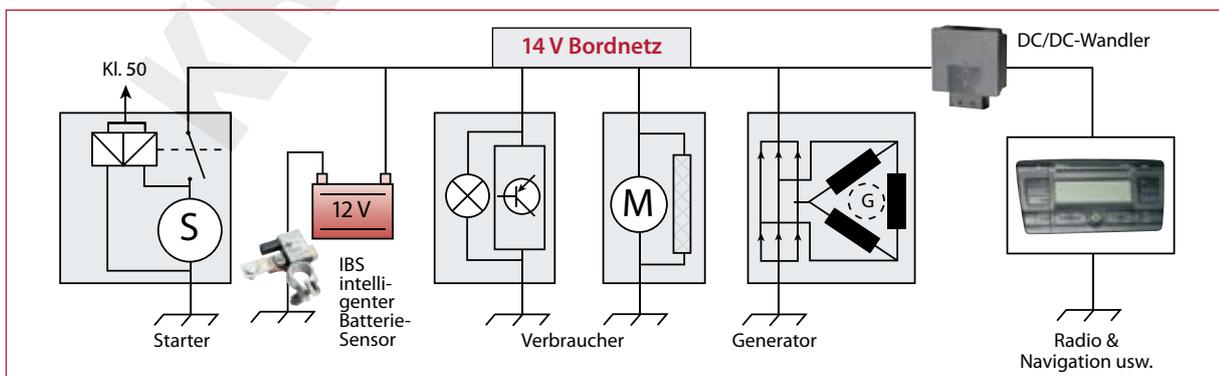


5

Sobald nach dem Motorstart am Wandlereingang wieder genügend Bordspannung (zum Beispiel über 12 V) anliegt, stellt das Bauteil die Aufwärtsverstärkung wieder ein. Um die Spannung erhöhen zu können, befinden sich in dem Verstärker in der Regel eine Induktivität (Spule) und ein Kondensator. Etwas vereinfacht ausgedrückt, kann damit durch Erzeugung eines Magnetfelds aus der eingehenden niedrigen Spannung eine höhere erzeugt werden. Die dabei entstehende Energie fließt in den Ladekondensator, welcher kurzfristig die entsprechenden Verbraucher versorgt.

**Tipp**

Setzen während des Restarts Audiogeräte aus oder führen diese gar einen Reset durch, weist das auf einen Defekt des DC/DC-Wandlers hin. Zusätzlich ist denkbar, dass ein defekter Spannungswandler/-stabilisator zum Deaktivieren des Start-Stopp-Systems führt.

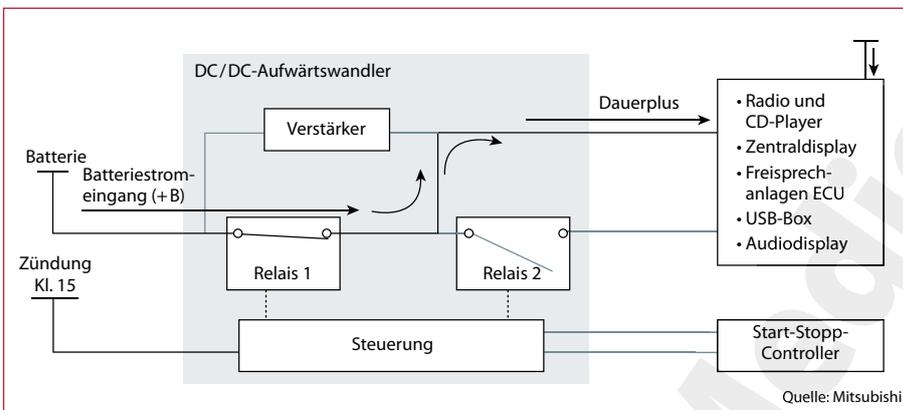


**Bild 59**  
**Prinzipieller Anschlussplan:** Der Bordnetzstabilisator ist den Verbrauchern, bei denen es beim Restart zu keinem Spannungseinbruch kommen darf, vorgeschaltet. Bild: Continental

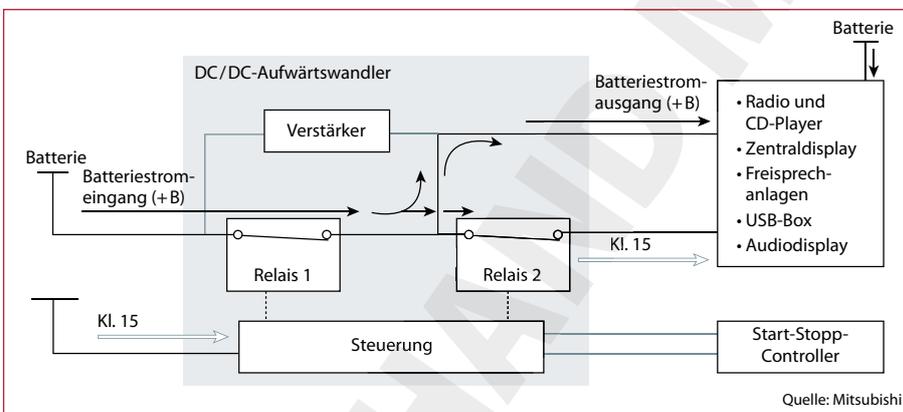
# Start-Stopp-Systeme

5

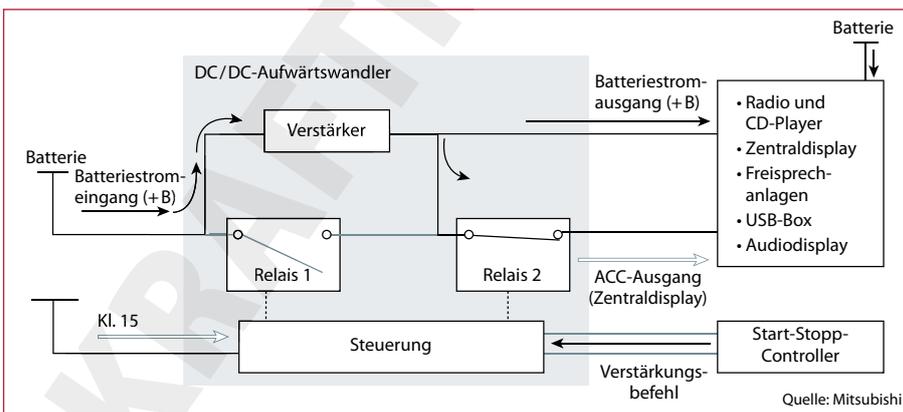
Beispiel für die Arbeitsweise eines DC/DC-Wandlers mit Spannungsverstärker und Schaltrelais wie er in Start-Stopp-Fahrzeugen von Mitsubishi zur Anwendung kommt:



**Bild 60**  
Zündung ‚Aus‘:  
Audiogeräte werden nur mit Dauerplus versorgt.



**Bild 61**  
Zündung ‚Stellung R bzw. Ein‘:  
Audiogeräte werden mit geschaltetem Plus versorgt.



**Bild 62**  
Zündung ‚Ein‘:  
Spannungsverlauf während Restartphase.

## Boostsystem mit Supercaps

Der PSA-Konzern setzt zur Bordnetzstabilisierung in seinen e-HDi-Modellen mit i-StARS auf den sogenannten e-Booster von Continental. Hauptbestandteile des Systems, das in einem der Radhäuser sitzt, ist die in das Bussystem eingebundene Steuerelektronik und der im Massepfad des Bordnetzes sitzende Energiespeicher, in dem sich zwei Supercaps (Superkondensatoren) befinden. Mit der Energie, die in den Supercaps gespeichert

ist, wird das Bordnetz während des Motorstarts unterstützt. So kommt es zu keinem Spannungseinbruch, der die Funktion von Verbrauchern wie Radio, Scheinwerfer und Scheinwerfer beeinträchtigen würde. Außerdem entlastet diese zusätzliche Energiequelle die Starterbatterie – was nicht nur eine einwandfreie Spannungsversorgung der Starter/Generator-Einheit während des Anlassvorgangs sicherstellt, sondern auch die Lebensdauer der Batterie erhöhen soll.

## Das Energiemanagementsystem



**Bild 63**  
**Kompakt:** Elektronisch arbeitender Bordnetzstabilisator von Hella. Bild: Hella

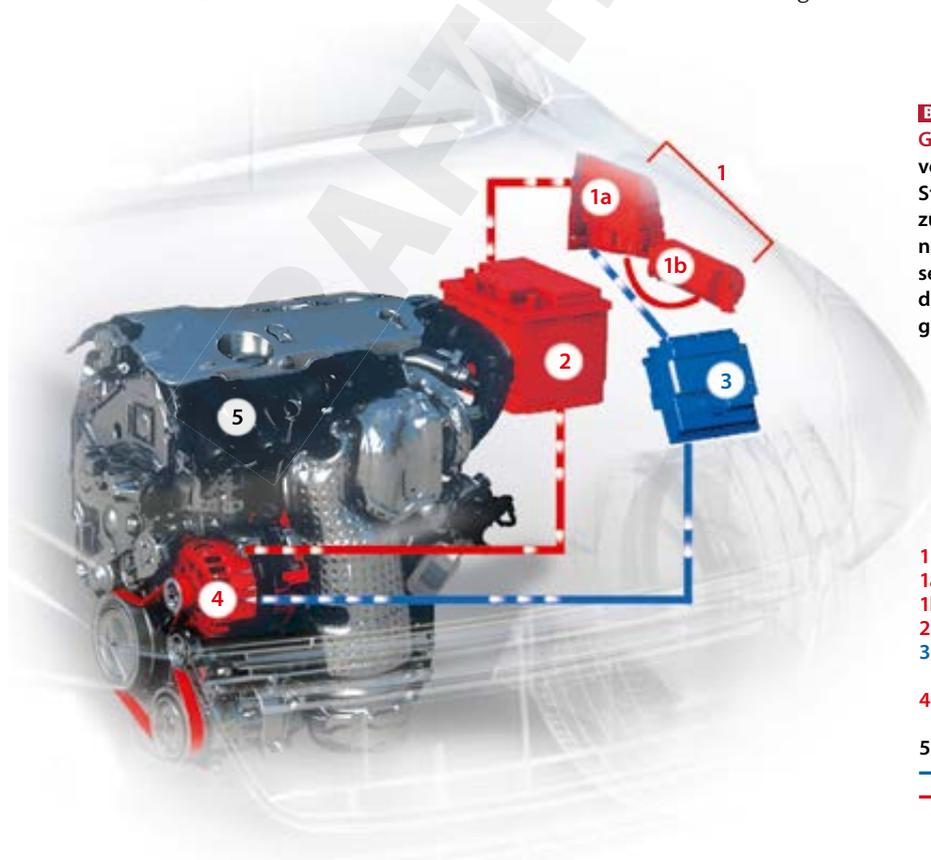
Der Ladevorgang des Supercap-Moduls, der von der Elektronikeinheit gesteuert wird, auf die Maximalspannung von 5 V dauert bei Erstinbetriebnahme im Werk beziehungsweise nach voller Entladung nicht länger als 30 s. Neben der Regelung des Ladevorgangs gewährleistet die Steuerelektronik, dass die Bordspannung durch die Unterstützung des e-Boosters während des Startvorgangs nicht über 15,2 V ansteigt. Dieses Begrenzen der Gesamtspannung soll Schäden an den Elektronikkomponenten des Fahrzeugs verhindern. Dem Zulieferer zufolge reicht die Kapazität der Supercaps – ohne zwischenzeitliches Aufladen – zur Unterstützung von drei bis vier Starts bei betriebswarmem Motor. Der



**Bild 64**  
**Stabilisator und Starthelfer zugleich:** Das e-Boostsystem besteht aus Steuereinheit (oben) sowie einem Energiespeicher (unten), in dem sich zwei Supercaps befinden. Mit dieser zusätzlichen Energiequelle wird während des Restarts nicht nur das Bordnetz stabilisiert, sondern auch die Batterie unterstützt. Bild: Schmidt

Energiespeicher wird während der Rekuperationsphase beziehungsweise nach jedem Motorstart nachgeladen. Im Gegensatz zur Ladedauer bei Erstinbetriebnahme oder völliger Entladung, dauert das Wiederaufladen der durch einen Start nur teilweise entladenen Kondensatoren in der Regel nicht länger als 2,5 bis 3 s.

Aus physikalischen Gründen arbeiten Kondensatoren im Allgemeinen nur innerhalb eines bestimmten



**Bild 65**  
**Gut vernetzt:** In den e-HDi-Modellen von Peugeot und Citroën mit dem Start-Stopp-System i-StARS kommt zur Bordnetzstabilisierung der so genannte e-Booster zum Einsatz. Dessen Steuereinheit kommuniziert über das Bussystem mit dem Motorsteuergerät. Bild: Peugeot

- 1 e-Booster
- 1a Leistungselektronik
- 1b Energiespeicher/Kondensator (5 V)
- 2 12-V-Batterie (70 Ah)
- 3 integriertes Steuergerät für Start-Stopp-System und Motor
- 4 Reversibler Generator der zweiten Generation
- 5 HDi-Motor
- Steuerung
- Leistung

## Start-Stopp-Systeme

5



Bild 66

**Freigelegt:** Das e-Boostsystem (Pfeil) ist in den Massepfad des Bordnetzes integriert und im Radkasten hinter entsprechenden Verkleidungen platziert. Bild: Schmidt

Temperaturbereichs optimal. Außerhalb dieser Grenzen ist ihre Leistung eingeschränkt, es kommt zu einem übermäßigen Alterungsprozess. Für die Supercaps des e-Boosters allerdings gilt, dass sie bis  $-40\text{ °C}$  uneingeschränkt funktionieren.

Bei extremen Plustemperaturen wird die Kapazität der Kondensatoren durch eine definierte Entladung in zwei Stufen reduziert. Damit führen beispielsweise auch außergewöhnlich hohe Temperaturen zu keinem ungewöhnlichen Alterungsprozess der Supercaps.

### Praxishinweis zum e-Booster, Fahrzeuglackierung, Lackierkabine

Wird im Rahmen einer Fahrzeuglackierung der Pkw in eine Lackierkabine verbracht, besteht aufgrund der hohen Temperaturen keine Gefahr für die Supercaps. Untersuchungen haben gezeigt, dass in den Lackierkabinen Kerntemperaturen von  $55\text{ °C}$  in den Supercaps auftraten – ein jedoch unkritischer Wert, zumal die Siedetemperatur des Elektrolyts in den Kondensatoren bei  $82\text{ °C}$  liegt. Ein unsachgemäßer Nachlackierprozess hingegen, also zu langes Verweilen in der Trockenkammer oder extremes Aufheizen mit anderen Wärmequellen, kann allerdings die Alterung der Kondensatoren beschleunigen. Dabei hat Continental festgestellt: Selbst ein dreimaliges Aufheizen der Kondensatoren bis  $90\text{ °C}$  über je eine halbe Stunde ergab zwar einen Alterungseffekt, dieser lag aber immer noch innerhalb der von den Fahrzeugherstellern spezifizierten Lebensdauer.

## 6. Weitere Komponenten von Start-Stopp-Systemen

Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, sind Signale zur Stellung des Brems- und Kupplungspedalschalters, zur Innenraumklimatisierung, der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Motordrehzahl et cetera elementare Steuergrößen für Start-Stopp-Systeme. Die genannten Informationen werden von Sensoren und Systemen (zum Beispiel Klimaanlage und ABS) bereitgestellt, die in modernen Fahrzeugen ohnehin vorhanden sind.

Neben diesen Komponenten existiert jedoch eine ganze Reihe von Bauteilen und Systemen, die auf die spezifischen Anforderungen in Fahrzeugen mit Start-Stopp-System abgestimmt wurden. Es kommen optimierte Starter, Batterien und Generatoren zum Einsatz. Außerdem ist ein Energiemanagement mit Batterie-sensor sowie Komponenten zur Bordnetzstabilisierung unverzichtbar.

Zusätzlich werden weitere Bauteile und Systeme für die Anforderungen in Start-Stopp-Fahrzeugen optimiert oder müssen zusätzlich vorhanden sein. Die folgende Auflistung zeigt eine Auswahl dieser zusätzlichen Komponenten:

- **Zahnkranz:** Kommt ein konventioneller Anlasser zum Einsatz, kann aufgrund der höheren Einspurzyklen ein optimierter Zahnkranz notwendig sein.

- **verschiedene Sensoren:** Der bei herkömmlichen Fahrzeugen mit Schaltgetriebe meist nicht vorhandene Nullgang/Leerlauf- oder auch Fahrstufensensor ist für die Start-Stopp-Funktion ebenso notwendig wie der Bremsunterdrucksensor. Neben diesen zusätzlichen Sensoren setzt BMW beispielsweise bei seinen Start-Stopp-Modellen für einen optimalen Restart geänderte Kurbelwellendrehzahlgeber ein. Anstelle der herkömmlichen Hallgeber kommen sogenannte aktive Drehzahlgeber nach dem Hallprinzip zur Anwendung. Diese Sensoren können die Drehrichtung (Rechts-/ Linkslauf beziehungsweise vorwärts/rückwärts) des Motors erkennen.

- **Kurbelwellenlagerschalen:** Infolge der höheren Anzahl an Startvorgängen sind die Kurbelwellenlagerschalen von Motoren in Fahrzeugen mit Start-Stopp-System



**Bild 67**  
**Unter Druck:** Der Bremsunterdrucksensor informiert die Start-Stopp-Einheit über den Unterdruck im Bremskraftverstärker. Meist sitzt er, wie im Bild zu sehen, direkt am Bremskraftverstärker.  
 Bild: Schmidt

## Start-Stopp-Systeme

6

stärkeren Belastungen ausgesetzt. Das Mehr an Startzyklen führt in gleichem Maß zu einem häufigeren Mischreibungsbetrieb (noch kein ausreichender Öldruck) zwischen den Gleitpartnern (Kurbelwelle und Gleitlager). Würde man konventionelle Lagerschalen in einem Motor mit Start-Stopp-System verbauen, wäre ein schnelles Verschleßen die Folge. Um dem entgegenzuwirken, setzen Automobilhersteller entsprechend modifizierte Lagerschalen ein. So befinden sich beispielsweise in Start-Stopp-Motoren zweier deutscher Hersteller sogenannte IROX-Gleitlager von Federal-Mogul. Diese schützen durch ihre Polymerbeschichtung beide Gleitpartner vor den Negativauswirkungen des Mischreibungsbetriebs während des Motorstarts. Dem Zulieferer zufolge führt die Polymerbeschichtung der IROX-Gleitlager mindestens zu einer fünf-fachen Lebensdauer gegenüber herkömmlichen Gleitlagern.

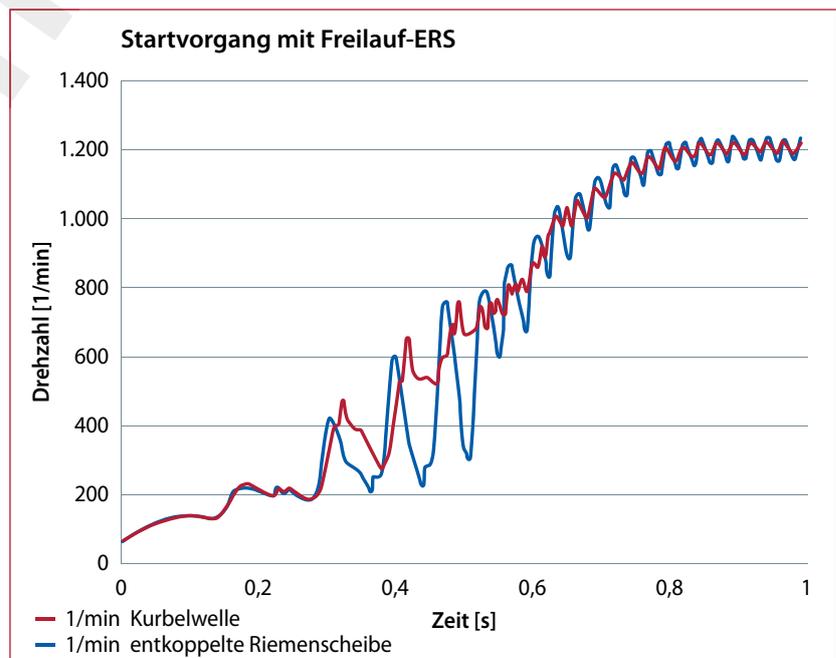


**Bild 68**  
**Schichtarbeiter:**  
 Die IROX-Gleitlager von Federal-Mogul sind aufgrund der Polymerbeschichtung einer höheren Anzahl von Startzyklen gewachsen.  
 Bild: Federal-Mogul

- **Riemenscheibe:** Der Erstausrüster Vibracoustic hat speziell für Motoren in Start-Stopp-Fahrzeugen eine entkoppelte Riemenscheibe mit Freilauf entwickelt. Die Freilauffunktion, die während des Motorstarts wirksam wird, soll starke Schwingungen an der Kurbelwelle, wie sie beim automatischen Restart auftreten, eliminieren. Außerdem unterdrückt die Riemenscheibe mit Freilauf laut Anbieter unangenehme Restartgeräusche. Überdies erhöht sich die Lebensdauer des gesamten Nebenriementriebs, indem die Drehzahl der Riemenscheibe durch die Freilauffunktion während des Startvorgangs geringer ausfällt als die Motordrehzahl (siehe Grafik rechts).

- **Modifizierungen am Automatikgetriebe:** Bei Fahrzeugen mit Start-Stopp-Funktion und Automatikgetriebe stehen die Entwickler vor der Herausforderung, ein reibungsloses Wiederanfahren innerhalb kürzester Zeit zu ermöglichen. Um dies zu erreichen, muss der Öldruck, der zum Betätigen der Schaltelemente notwendig ist, nicht nur während der Fahrt, sondern auch während der automatischen Stoppphase anliegen. Nur wenn dies gegeben ist, kann die Getriebehydraulik die zum Anfahren notwendigen Schaltelemente so schnell betätigen, dass nach dem Restart und mit dem sofortigen Betätigen des Gaspedals eine dynamische und verzögerungsfreie Weiterfahrt möglich ist. Bei einem herkömmlichen Automatikgetriebe stehen dem allerdings gleich zwei Umstände entgegen: Zum einen arbeitet die mechanisch über das Getriebe und nur bei laufendem Motor angetriebene Ölpumpe logischerweise in einer Stoppphase nicht. Und zum Zweiten würde es nach einem Restart zu lang dauern, bis über die konventionelle Ölpumpe wieder ausreichend Öldruck zum Betätigen der Schaltelemente aufgebaut wird. Es käme zu einer für den Fahrer spürbaren und nicht hinnehmbaren Verzögerung beim Anfahren.

Hersteller wie zum Beispiel Volvo versehen deshalb ihre Automatikgetriebe in Start-Stopp-Fahrzeugen mit einer (zusätzlichen) elektrischen Ölpumpe. Diese hält den Ölkreislauf/-druck auch während der Stoppphase aufrecht. Da jedoch eine solche Lösung laut ZF Nachtei-

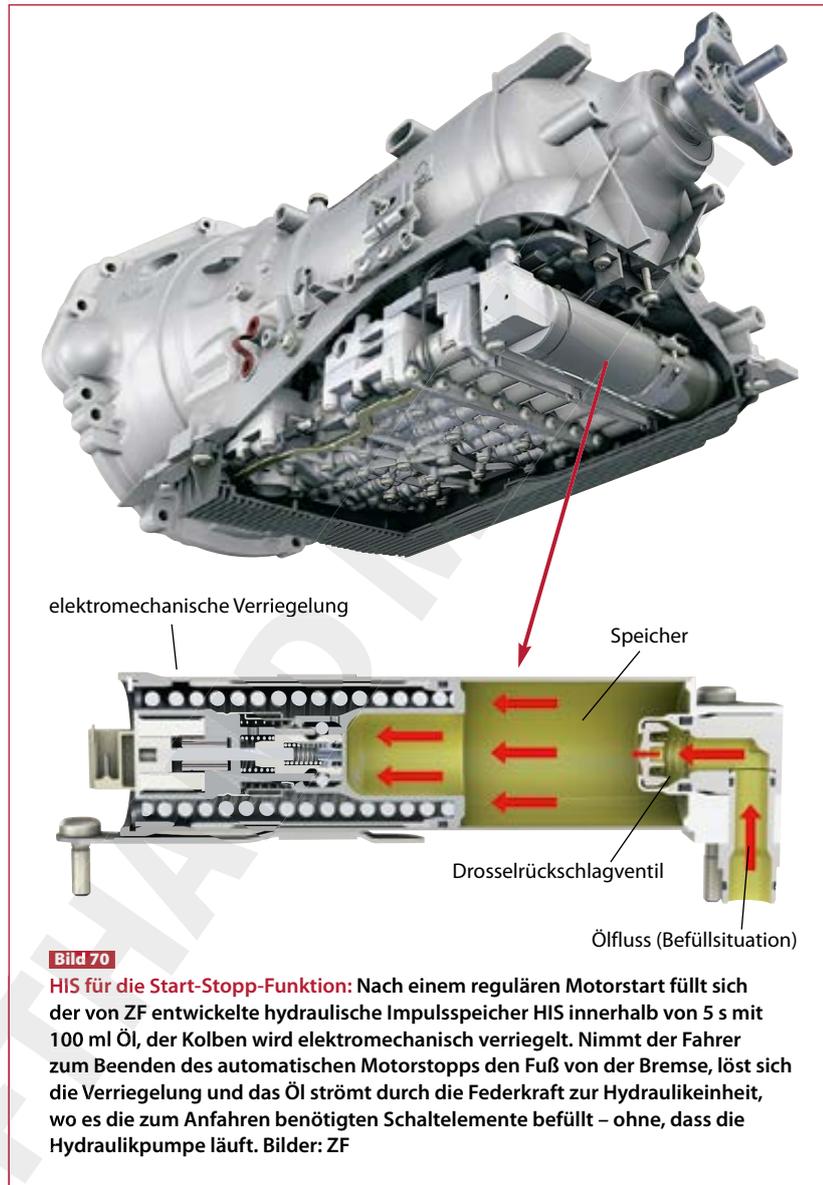


**Bild 69**  
**Drehzahlabfall:** Anhand des Diagramms wird deutlich, dass die Drehzahl einer entkoppelten Riemenscheibe mit Freilauf während des Motorstarts geringer ausfällt als die des Motors. Quelle: Vibracoustic

## Weitere Komponenten von Start-Stopp-Systemen

le in der Akustik mit sich bringt und das Bordnetz belastet, was einen Teil der Verbraucheinsparung aufzehrt, haben die Friedrichshafener für ihre Automatikgetriebe den hydraulischen Impulsspeicher (HIS) entwickelt. Dabei handelt es sich um einen Federkolbenspeicher, der sich während der Fahrt mit etwa 100 ml Öl füllt und eine Feder spannt. Nimmt der Fahrer zum Beenden einer automatischen Motor-Stoppphase den Fuß von der Bremse, wird das darin gespeicherte Öl durch die Federkraft während des Restarts zur Getriebehydraulik gefördert, sodass genügend Öldruck vorhanden ist, um die für das Anfahren notwendigen Schaltelemente zu betätigen. Auf diese Weise ist das Fahrzeug 350 ms nach dem Restart zur Weiterfahrt bereit. Eine Zeitspanne, die der Motor nach dem Starten ehemals benötigt, um die Leerlaufdrehzahl zu erreichen. Ohne Druckspeicher würde das Getriebe nach Angaben von ZF erst nach etwa 800 ms eine Weiterfahrt ermöglichen – was die Fahrdynamik spürbar beeinträchtigen und vom Fahrer als Komfortverlust wahrgenommen würde. Der hydraulische Impulsspeicher findet sich beispielsweise in Modellen von Audi, BMW und Jaguar mit Start-Stopp-Funktion und ZF-Automatikgetrieben wieder.

- **Modifikationen am Doppelkupplungsgetriebe:** Bekanntlich erfolgen sowohl die Schaltvorgänge als auch die Kupplungsbetätigung an einem Doppelkupplungsgetriebe über elektrohydraulische Komponenten. Die Ölversorgung und die Erzeugung des erforderlichen Öldrucks übernimmt die Ölpumpe – welche in der Regel wie bei herkömmlichen Automatikgetrieben mechanisch vom Getriebe angetrieben wird und somit nur bei laufendem Motor arbeitet. Damit stellt sich bei Fahrzeugen mit Start-Stopp-Automatik und Doppelkupplungsgetriebe dieselbe Problematik wie bei Pkw mit Automatikgetrieben und Start-Stopp-Funktion. Auch hier



**Bild 70**

**HIS für die Start-Stopp-Funktion:** Nach einem regulären Motorstart füllt sich der von ZF entwickelte hydraulische Impulsspeicher HIS innerhalb von 5 s mit 100 ml Öl, der Kolben wird elektromechanisch verriegelt. Nimmt der Fahrer zum Beenden des automatischen Motorstopps den Fuß von der Bremse, löst sich die Verriegelung und das Öl strömt durch die Federkraft zur Hydraulikeinheit, wo es die zum Anfahren benötigten Schaltelemente befüllt – ohne, dass die Hydraulikpumpe läuft. Bilder: ZF

würde es zu Verzögerungen bei der Weiterfahrt kommen, müsste der Öldruck zum Betätigen der Kupplung nach einem Restart über die herkömmliche Ölpumpe erst erzeugt werden. Aus diesem Grund haben einige Hersteller ein Rückschlagventil im Ölkreislauf integriert. Dieses verhindert das Leerlaufen der Kupplungsbetätigungskolben, wodurch es nach dem Restart zu keinen signifikanten Verzögerungen hinsichtlich der Kupplungsbetätigung kommen soll.

Einen anderen Weg beschreitet Mercedes-Benz. In seinem selbstentwickelten und gefertigten 7G-DCT Doppelkupplungsgetriebe stellt der Autobauer die Ölversorgung über eine mechanisch und eine elektrisch angetriebene Ölpumpe sicher. Letztere hält den Öldruck aufrecht, wenn der Motor über die Start-Stopp-

## Start-Stopp-Systeme

Funktion abgestellt ist. Damit ist das Getriebe nach dem Restart des Motors sofort betriebsbereit, was ein verzögerungsfreies Wiederauffahren gewährleistet. Zudem unterstützt die elektrische Ölpumpe die rein mechanisch arbeitende, wenn Spitzenlasten im Fahrbetrieb auftreten. Zum Einsatz kommt dieses Getriebe in der zweiten Generation der B-Klasse (Stand Frühjahr 2012).

Für das Power-Shift-Doppelkupplungsgetriebe von Getrag, wie es etwa in Modellen von Volvo zu finden ist, sind keine zusätzlichen Komponenten für den Einsatz in Start-Stopp-Fahrzeugen nötig. Der erste Gang bleibt bei ausgeschaltetem Motor formschlüssig eingelegt, sodass dann beim Restart lediglich die Anfahrkupplung geschlossen werden muss. Dazu fördert die Ölpumpe schon während des Startvorgangs Öl in die leakageoptimierte hydraulische Steuerung. Dem Unternehmen zufolge ist dadurch das Betätigen der Kupplung und somit das Anfahren ohne weitere Verzögerung direkt nach Erreichen des stabilen Motorlaufs gegeben.

Bei dem Getriebetyp 6DCT250 von Getrag erfolgt die Betätigung des Schaltsystems nicht wie sonst üblich über pumpenbetriebene hydraulische Steuerung, sondern über rein elektromechanisch arbeitende Aktoren. Damit ist das Betätigen grundsätzlich unabhängig vom Motorlauf.

- **Speicherverdampfer:** Um bei Fahrzeugen mit Start-Stopp-System während der Stoppphase die Funktion der Klimaanlage aufrecht zu erhalten, besteht für die Fahrzeughersteller die Möglichkeit, sogenannte Speicherverdampfer zu verbauen. Der Firma Behr zufolge setzt beispielsweise BMW im 5er (F10) und 7er (F01/F02) diese Komponente ein. In dem Verdampfer befindet sich ein Latentmedium, dem das Kältemittel während des normalen Klimaanlagebetriebs Wärme

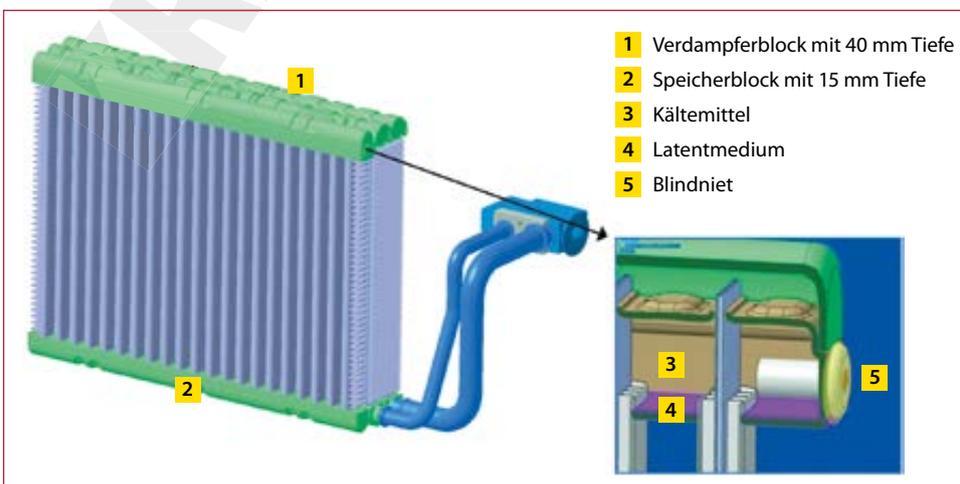


**Bild 71**

**Start-Stopp-fähig:** Das von Mercedes-Benz entwickelte 7G-DCT-Doppelkupplungsgetriebe kommt in der zweiten Generation der B-Klasse zum Einsatz. Es verfügt neben der mechanischen auch über eine elektrische Ölpumpe, die während der Stoppphasen den Öldruck für ein verzögerungsfreies Wiederauffahren aufrechterhält. Bild: Mercedes-Benz

entzieht, woraufhin es sich verfestigt. Wird der Klimabetrieb während einer Motorstoppphase unterbrochen, fängt das Medium an zu schmelzen. Durch die Änderung des Aggregatzustands entzieht es der Luft, die in den Innenraum strömt, Wärme, der Innenraum wird in der Stoppphase weiter gekühlt.

Delphi gibt für seine Speicherverdampfer an, ein auf Paraffinbasis aufbauendes Medium zu verwenden.



**Bild 72**

**Sichert Komfort:** Der Speicherverdampfer besteht aus dem Verdampferblock sowie dem Speicherblock mit integrierten Latentmedium. Bild: Behr

# KRAFTHAND

## PRAXISWISSEN

### **Start-Stopp-Systeme** Energiemanagement und Rekuperation

Aufbau und Funktion, Prüfhinweise, Servicetipps

Der Autor Torsten Schmidt beschreibt in Band 4 der Reihe KRAFTHAND-Praxiswissen die Funktion und Arbeitsweise von verschiedenen Start-Stopp-Systemen. Dabei unterscheidet er zwischen starterbasierten Ausführungen, Systemen mit Starter/Generator und der Start-Stopp-Automatik in Hybridfahrzeugen. Schmidt beleuchtet zentrale Aspekte zu relevanten Steuergrößen und geht auf Details zu Komponenten, die speziell für Start-Stopp-Fahrzeuge modifiziert oder zusätzlich im Fahrzeug vorhanden sein müssen, ein. Dabei erklärt er die Funktion von Batterien mit AGM-, ECM- und EFB-Technologie, von Batteriesensoren, von DC/DC-Wandlern, speziellen Kurbelwellenlagerschalen und speziellen Klimaverdampfern.

Darüber hinaus beschreibt der Autor die Aufgabe und Funktion des Energiemanagementsystems sowie die Besonderheiten beim Batterieservice und beim Prüfen extra geregelter Generatoren. Abgerundet wird die Fachbroschüre ‚Start-Stopp-Systeme‘ durch Details über die Bremsenergie-Rückgewinnung (Rekuperation).

#### **Der Autor**

Torsten Schmidt ist gelernter Kfz-Meister und wurde mit dem Meisterpreis der bayerischen Staatsregierung ausgezeichnet. Er arbeitete unter anderem als leitender Werkstattmeister bei einer Motorsportfirma und verantwortete den Komplettumbau von Rallye- und Rundstreckenfahrzeugen. Danach nahm Schmidt eine Stelle als Betriebsleiter bei einem ADAC-Pluspartner mit angegliederter freier Kfz-Werkstatt an. Er absolvierte zusätzlich zahlreiche Weiterbildungen im Bereich Kfz-Technik. Mit dem Einstieg in den Technikjournalismus als Fachredakteur beim Kraftthand-Verlag 2007 folgte eine berufliche Neuorientierung.