

Combustion



Hybrid

BorgWarners elektrisch angetriebener Verdichter eBooster® – elektrische Aufladung für verbesserte Kraftstoffeffizienz

Knowledge Library

BorgWarners elektrisch angetriebener Verdichter eBooster® – elektrische Aufladung für verbesserte Kraftstoffeffizienz

Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster® von BorgWarner als Ergänzung zum herkömmlichen Turbolader erhöht den Ladedruck und verbessert das Anfahrverhalten des Motors bei niedrigen Drehzahlen, um so Downsizing für verbesserte Effizienz oder höhere Leistung mit exzellent schnellem Drehmomentaufbau zu ermöglichen.

Dr. Hermann Breitbach, Vice President Global Engineering und Innovation, BorgWarner Turbo Systems

Einleitung

Strenge Gesetzesvorgaben und eine steigende Nachfrage nach Kraftstoffeffizienz bei besserem Fahrverhalten treiben die Entwicklung sauberer Motoren mit höherem Wirkungsgrad voran. Dies führte dazu, dass die Automobilindustrie bei der Senkung des Kraftstoffverbrauchs vor allem auf Downsizing und Downspeeding der Motoren sowie die Verbesserung des Anfahrverhaltens und des Drehmoments im unteren Drehzahlbereich setzt. Um die hohen Anforderungen

an Verbrauch und Leistung zu erfüllen, setzen die Hersteller bei der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf verschiedene Lösungen wie die Einführung von 48-V-Bordnetzen. Die höhere Spannung ermöglicht deutliche Effizienzsteigerungen und neue Funktionen. Eine davon ist die elektrische Aufladung, die für ein höheres Drehmoment im unteren Drehzahlbereich und besseres Anfahrverhalten ohne spürbares Turboloch sorgt. Als führender Anbieter sauberer und effizienter Antriebslösungen für Fahrzeuge



Bild 1. BorgWarners elektrisch angetriebener Verdichter eBooster® ist eine Ergänzung zum konventionellen Turbolader.

mit Verbrennungsmotor, Hybrid- und Elektroantrieb hat es sich BorgWarner zum Ziel gesetzt, seinen Kunden die bestmöglichen Technologien anzubieten. Daher erweitert das Unternehmen seine Palette an hochwirksamen Technologien zur Leistungssteigerung in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und Hybriden.

Vorteile für Diesel- und Benzinmotoren gleichermaßen

Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster® von BorgWarner, wie in Bild 1 zu sehen, wurde entwickelt, um den Ladedruck und das Anfahrverhalten des Motors bei geringen Drehzahlen zu verbessern. Dies erfolgt ohne zweiten Turbolader, sodass der Abgasgegendruck nicht erhöht und der Ladungswechsel des Motors nicht beeinträchtigt wird. Vor allem bei klopfanfälligen Benzinmotoren ist dies ein bedeutender Vorteil. Ein Vergleich des neuen Konzepts mit einer mehrstufigen Turboaufladung zeigt, dass mit der eBooster-Lösung der vorhandene Bauraum

flexibler genutzt werden kann, mehr Wärme für die Abgasnachbehandlung zur Verfügung steht und weniger Wärme an den Motorraum abgegeben wird.

BorgWarners elektrisch angetriebener Verdichter eBooster wird nach Möglichkeit dem Turboladerverdichter nachgeschaltet, siehe Bild 2. Diese Anordnung ergibt das beste Ansprechverhalten des Motors, weil das Volumen nach dem elektrisch angetriebenen Verdichter eBooster klein ist. Bei Abstimmung auf einen konventionellen Turbolader kann die eBooster-Technologie das Anfahrverhalten bei gleicher Motorleistung verbessern. In einem anderen Konzept kann durch den Einsatz eines größeren Laders mit geringerem Abgasgegendruck das Anfahrverhalten konstant gehalten werden. Somit besteht bei Vollast geringerer Anfettungsbedarf. In Kombination mit dem geringeren Abgasgegendruck führt dies zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch bei höherer Motorleistung. In der nachfolgenden Analyse wird das Potenzial einer 2 kW starken 12-V-

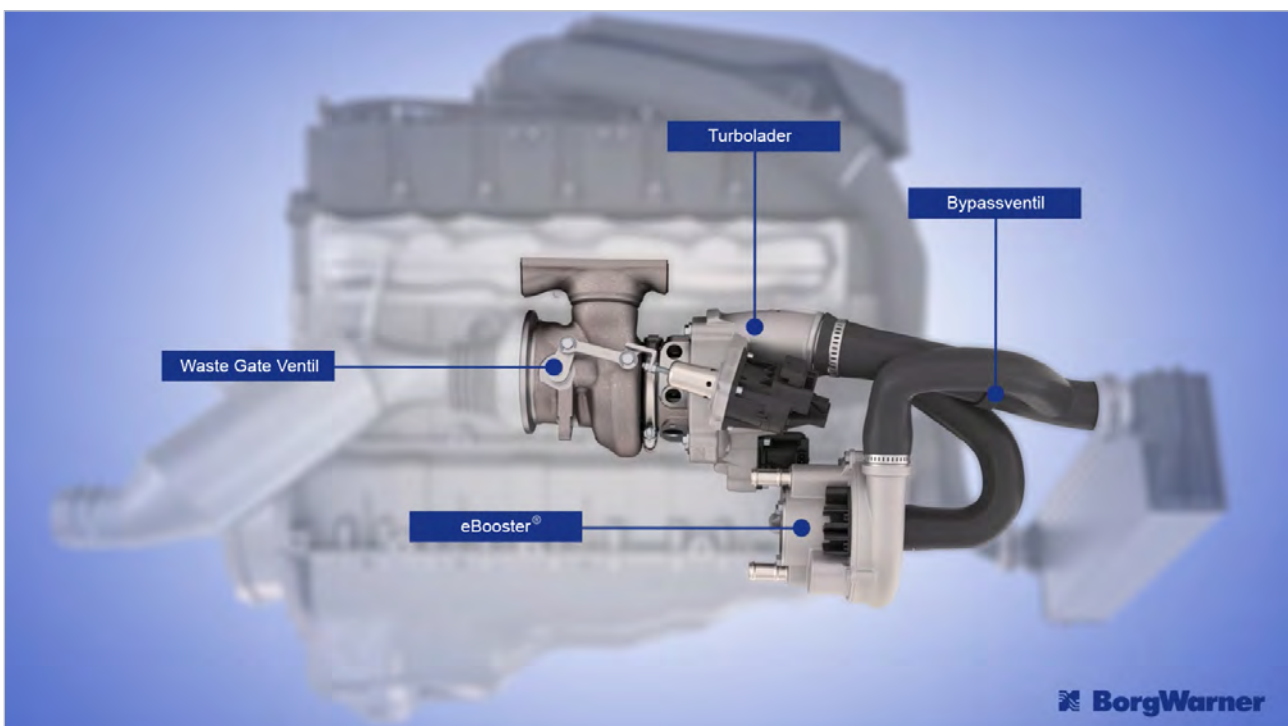


Bild 2. Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster wird nach Möglichkeit dem Turbolader nachgeschaltet.

eBooster-Lösung mit Blick auf den im Fahrzyklus verwendeten Betriebsbereich dargestellt. Der Grundaufbau bestand aus einem Dieselmotor mit zwei Litern Hubraum und einstufigem VTG-Lader. Dieser wurde mit zwei 1,6-l-Motoren gleicher Leistung verglichen, von denen einer mit VTG-Lader und eBooster-Technologie, der andere mit einem geregelten zweistufigen Turbolader (R2S®) ausgerüstet war. Unter anderem zeigte der mit VTG-Turbolader ausgestattete 1,6-l-Motor bei Betrieb ohne elektrisch angetriebenen Verdichter eBooster eine deutliche Drehmomentlücke. Aufgrund der Hubraumverkleinerung auf 1,6 Liter ist das Drehmoment im unteren Drehzahlbereich begrenzt. Durch den Einsatz des elektrisch angetriebenen Verdichters eBooster kann dieses Problem behoben werden. Auch der mit dem zweistufigen Lader ausgerüstete Motor erreichte das angestrebte Drehmoment, allerdings wurde hierfür durch die Hochdruckstufe mehr Energie aus dem Abgasstrom benötigt. Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster nutzt stattdessen elektrische Energie. Bei Deckung des Energiebedarfs mittels Rekuperation der Bremsenergie kann die eBooster-Technologie, zusätzlich zu den durch Downsizing erreichten Verbrauchsvorteilen, im Vergleich mit dem R2S eine bessere Gesamtenergiebilanz vorweisen.

Bis der Ladedruck aufgebaut ist, kann die 2-l-Maschine einen anfänglichen Drehmomentvorteil gegenüber dem 1,6-l-Motor vorweisen. Die Drehmomentkurve des 1,6ers mit VTG-Lader wird mit der Zuschaltung der eBooster-Technologie jedoch steiler und erreicht früher als die beiden anderen Versuchsaufbauten das volle Drehmoment. Gleichwohl kann der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster nur einen dynamischen Ladedruck im Konstantbetrieb gewährleisten, während der zweistufige Lader einen gleichbleibend hohen

Ladedruck aufrechterhalten konnte. Die Leistungsaufnahme der eBooster-Lösung beträgt 210 W bei 2 kW und einer Leerlaufdrehzahl von 6.000 1/min in dem US-Testzyklus nach FTP-75. Da der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster zusätzlichen Ladedruck generiert, werden durch den höheren AGR-Anteil Vorteile bei den NO_x-Emissionen erzielt. Dies führt zu einer um vier Prozent höheren Kraftstoffeffizienz im Vergleich zum R2S-Konzept. Gegenüber dem Referenzmotor werden auch bessere Partikelemissionswerte erwartet, da die Verweildauer des Kraftstoff-Luft-Gemisches an der Rußbegrenzung um fünf Prozent verkürzt wurde.

Höchste Effizienz dank wegweisender Konstruktion

Um die bestmögliche Funktionalität zu gewährleisten, muss die eBooster-Technologie bestimmte Konstruktionsanforderungen erfüllen. Vor allem müssen das Trägheitsmoment des Elektromotors sowie die elektrischen und mechanischen Verluste minimiert werden. Darüber hinaus sollte der Motor sehr kompakt aufgebaut sein und über eine integrierte, hocheffiziente Leistungselektronik verfügen. Außerdem sollte er sehr hohen Temperaturen standhalten können. Schließlich musste auch das NVH-Verhalten in Betracht gezogen werden, zudem sollte der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster modular aufgebaut und sowohl mit 12- als auch mit 48-V-Anlagen verwendbar sein. Als Motor wurde ein bürstenloser Gleichstrommotor mit hochwarmfesten Samarium-Cobalt-Magneten ausgewählt, da dieser weitaus effizienter ist als ein Asynchronmotor oder geschalteter Reluktanzmotor. Mit dem elektrisch angetriebenen Verdichter eBooster lässt sich aus dem Stand eine Höchstdrehzahl von 70.000 1/min erzielen – in nur 270 ms, buchstäblich innerhalb eines Wimpernschlags. Diese Drehzahl wurde gewählt,

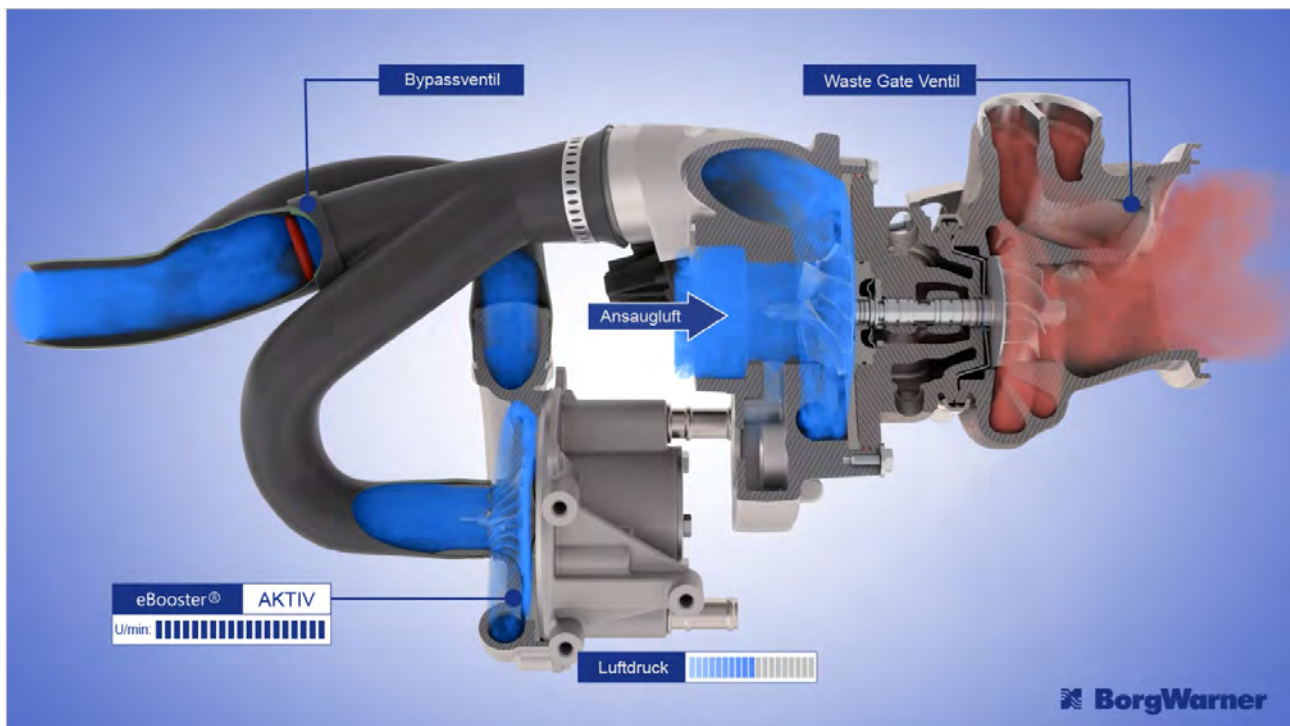


Bild 3. Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster verbessert das Anfahrverhalten und senkt den Kraftstoffverbrauch.

um ein insgesamt homogenes Paket zu erhalten, mit einem weitgehend gleichen Durchmesser zwischen Elektromotor, Leistungselektronik und Verdichterseite des elektrisch angetriebenen Verdichters eBooster.

Weitere grundlegende Konstruktionselemente der eBooster-Technologie umfassen eine Leistungselektronik mit widerstandsarmen Komponenten und hocheffizienten Kondensatoren, eine gute Verbindung zwischen Steuerplatine und Gehäuse zur Gewährleistung einer effizienten Wärmeübertragung sowie einen Stator, der durch hochdichte Kupferfüllung für lange Laufzeiten und hohe Einsatzdauer optimiert wurde. Da für die 48-V-Version eine Wasserkühlung mit guter Wärmeübertragung zwischen Stator und Steuerplatine der Leistungselektronik umsetzbar ist, wurde dieser Variante der Vorzug gegenüber der Luftkühlung gegeben, die nur in der 12-V-Version effektiv ist. Insgesamt wird für den elektrisch angetriebenen Verdichter eBooster eine Spannung von 48 V bevorzugt, da hier eine Konstantleistung von etwa 3 kW bei günstigen

Einsatzbedingungen erreicht wird, während sie gleichzeitig zahlreiche Vorteile hinsichtlich dynamischer Leistung und Kraftstoffverbrauch sowie geringere Ströme und höhere Leistung bei großvolumigen Motoren bietet, siehe Bild 3.

Zusammenfassung

Der elektrisch angetriebene Verdichter eBooster von BorgWarner stellt den Ladedruck auch bei geringen Drehzahlen sehr schnell zur Verfügung. Dadurch ist er eine ausgezeichnete und hocheffiziente Ergänzung zu einem konventionellen Turbolader und verbessert Kraftstoffverbrauch und Anfahrverhalten des Motors, sodass die Leistungsdichte verbessert wird. Werden eBooster-Technologie und Turbolader als Gesamtsystem konzipiert und aufeinander abgestimmt, können Kraftstoffverbrauch und Partikelemissionen vor allem bei Dieselmotoren weiter gesenkt werden.

Kontakt

E-Mail: technology@borgwarner.com
 Weitere Informationen unter
borgwarner.com