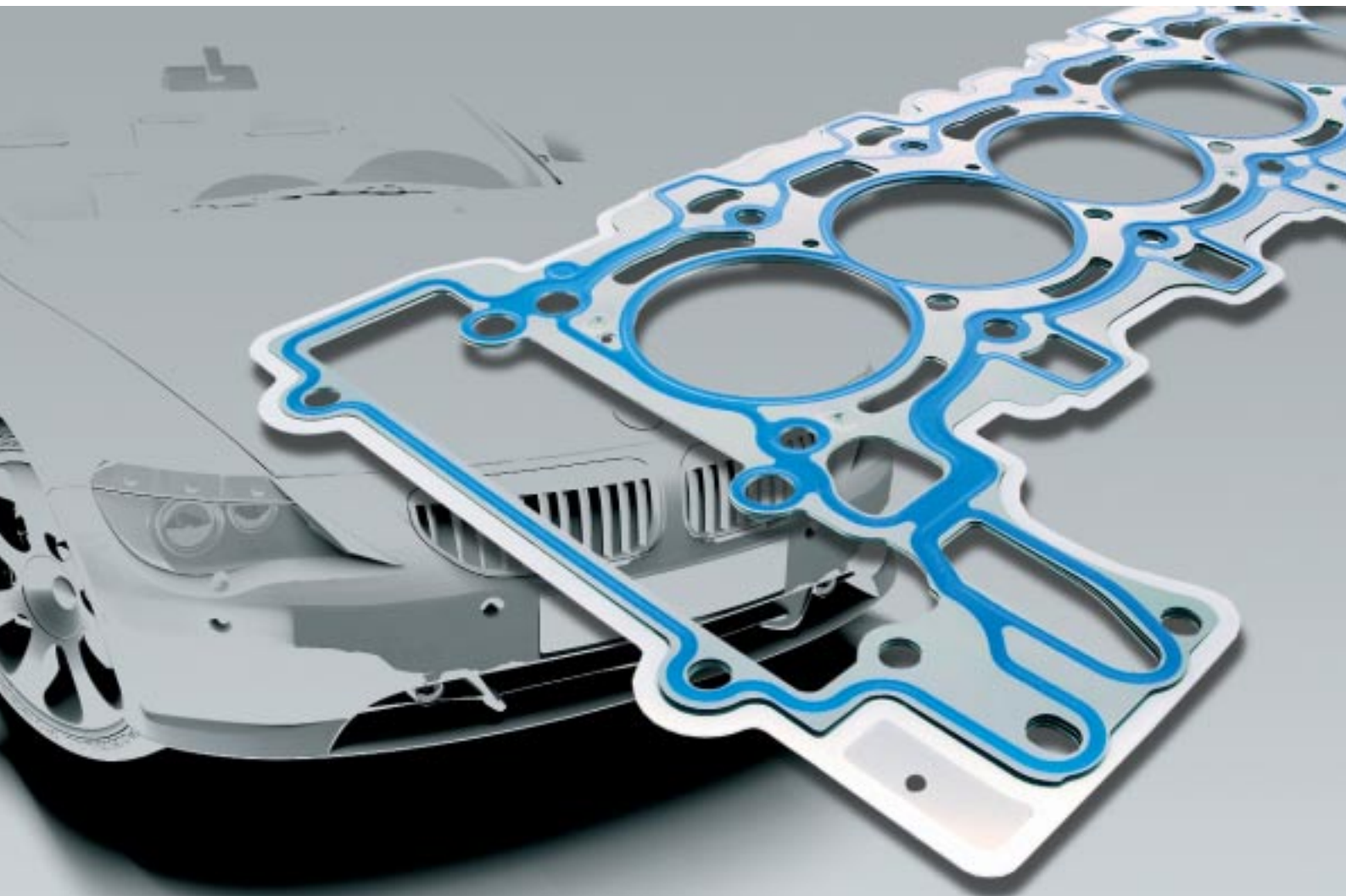


Zylinderkopfdichtungen für neue Al-Mg-Kombibau- weise von BMW-Ottomotoren

Die nächste Generation der Reihensechszylinder-Ottomotoren von BMW steht kurz vor der Markteinführung. Der Dichtungshersteller Victor Reinz, Entwicklungspartner und Serienlieferant der internationalen Automobilindustrie, leistete durch seine neue Konstruktion einer Zylinderkopfdichtung einen entscheidenden Beitrag. Die Fünf-Lagen-Dichtung wurde an die Aluminium-Magnesium-Kombibauweise des Kurbelgehäuses dieses Motors angepasst.



1 Einleitung

Die neue Generation der Reihensechszylinder-Ottomotoren NG6 von BMW besticht durch einen ausgewogenen Drehmomentverlauf über ein sehr breites Drehzahlband und eine hohe Spitzenleistung. Zur Gewichtsreduzierung schlägt BMW als Vorreiter einen zukunftssträchtigen Weg in die Al-Mg-Kombibauweise beim Grundmotor ein. Durch die Verwendung von Magnesium als Mantel für ein Aluminium-Insert in dem Kurbelgehäuse kommen auf die Zylinderkopfdichtung neben den klassischen Abdichtfunktionen von Brennraum, Öl und Wasser völlig neue Anforderungen aus dem Bereich des Korrosionsschutzes und der Reibungsminimierung zwischen den Bauteilen zu.

Für dieses neuartige Dichtungskonzept wurden alle wesentlichen Entwicklungsschritte mittels FEA (Finite-Elemente-Analyse) simuliert. Auf diese Weise konnte die Entwicklungszeit der Zylinderkopfdichtung drastisch reduziert werden.

2 Konstruktion der Zylinderkopfdichtung

Um dem konsequenten Leichtbau bei BMW Rechnung zu tragen, setzt Victor Reinz für die Zylinderkopfdichtung einen bewährten Fünf-Lagen-Aufbau mit Doppel-Wellenstopper, **Bild 1**, ein. Die Dichtungstechnik wurde speziell an die Al-Mg-Kombibauweise des Kurbelgehäuses angepasst.

Die Zylinderkopfdichtung beherrscht hohe elastische Bauteilverformungen und

die durch die Kombibauweise veränderten thermisch-mechanischen Effekte. Der Wellenstopper stellt sich, bedingt durch die konstruktive Freiheit einer variablen Höhe und Breite, für dieses Motorkonzept als geeignete Stopper-Lösung dar. Die Stopperhöhen wurden mit Hilfe detaillierter 3D-FEA-Modelle, **Bild 2**, experimenteller Versuche im Labor sowie von Motorprüfständen exakt an die Randbedingungen des Motors angepasst.

Speziell die am Umguss angebondenen Randzylinder mit den dort reduzierten Schraubenkräften unterscheiden diesen Motor von gewöhnlichen Open-Deck-Konstruktionen. Ein in diesem Bereich reduzierter Stopper verteilt die zur Verfügung stehenden Kräfte optimal auf den Dichtverbund und bewirkt geringere Verzüge in den Randzylindern. Ebenso wurde zur Verzugsminimierung an den Mittelzylindern eine an den Dichtverbund angepasste Höhenprofilierung in den Wellenstopper eingebracht.

Dem engen Bauraum des Motors und den daraus resultierenden schmalen Stegen passt sich der Wellenstopper durch einen weiten stufenfreien Übergang an, um dort mit reduzierter Höhe und Wellenzahl die Brennraumsicke vor Überpressung zu schützen.

Dieser im Steg reduzierte Wellenstopper, **Bild 3**, bietet nun Platz für eine in der Federrate und Dauerhaltbarkeit optimierten Sicke.

Die Zylinderkopfdichtung ist somit optimal auf alle Betriebsbedingungen des Motors angepasst.

Die Autoren



Josef Ludwig ist Direktor R & D bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Dr. Jürgen Schneider ist Projektmanager der Grundlagenentwicklung Wellenstopper-Technologie bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Günther Unsel ist Manager Produkt- und Prozessentwicklung bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Erwin Widmann ist Projektmanager Edge Molding bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.

2 Konstruktion der Zylinderkopfdichtung

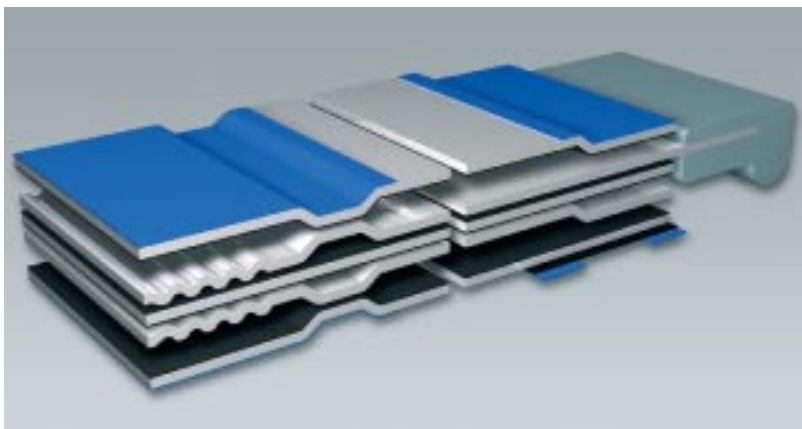


Bild 1: Der fünflagige Aufbau der Zylinderkopfdichtung bietet eine symmetrische Stopperkonstruktion und macht es möglich, die Randabdichtung zu integrieren
Figure 1: The five-layer construction of the gasket allows for a symmetrical stopper design and enables the integration of the edge seal

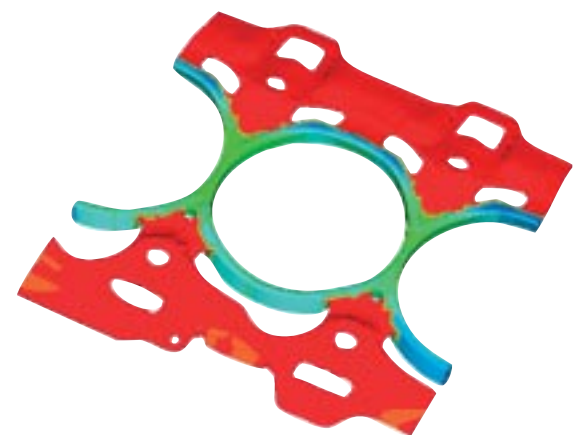


Bild 2: Verpressung der Zylinderkopfdichtung am Stopper und den Sicken mit Berücksichtigung des Temperaturfelds als Ergebnis einer FEA
Figure 2: The closure of the cylinder head gasket at the stopper and the beads under consideration of the temperature field as a result of FEA

2 Konstruktion der Zylinderkopfdichtung

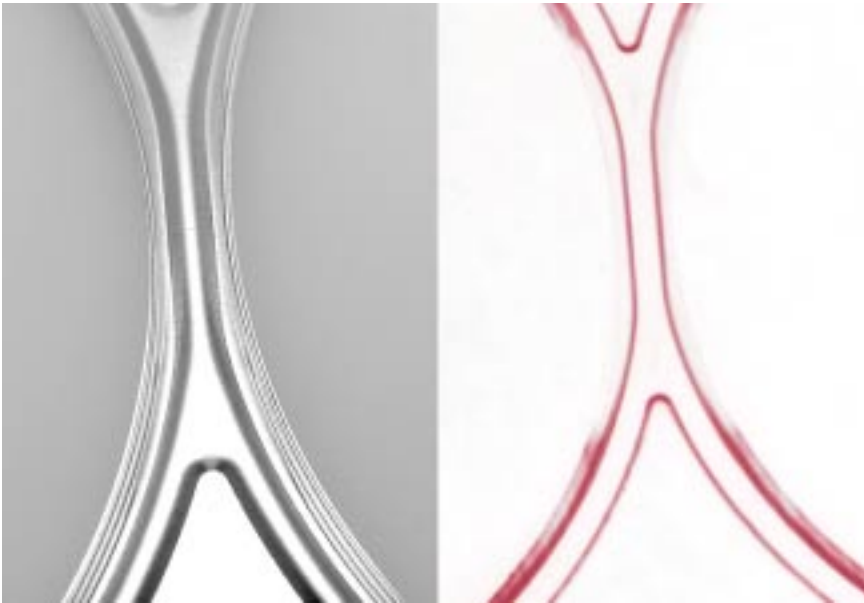


Bild 3: Der gleichmäßige Auslauf des Wellenstoppers im Stegbereich ermöglicht die Verwendung einer in der Federkennlinie optimierten Sicke; im Fuji-Film rechts zeigt sich die Stopper-Anpassung als sehr harmonisch

Figure 3: The uniform tapering of the wave-stopper in the land area enables the usage of a bead that has been optimized in the spring characteristic curve; as the Fuji film shows, the height taper-off in the stopper is particularly even

3 Korrosion und Lagenverbindung



Bild 4: Die reibungsminimierende Zwischenschicht (grau, linkes Bild) dient zur elektrischen Isolation und bietet sehr gute Hafteigenschaften für die partielle FPM-Beschichtung zur Mikroabdichtung (blau); die Elastomer-Randabdichtung (rechtes Bild) mit einer Länge von über 1,8 m wird in speziell entwickelten Spritzgusswerkzeugen hergestellt

Figure 4: The friction-minimizing middle layer (gray, left figure) serves as electrical insulation and provides a surface for adhesion of the partial FPM coating used for micro-sealing (blue); the elastomer edge seal (right figure) with its length of more than 1.8 m is manufactured in injection molding tools developed especially for the application.

3 Korrosion und Lagenverbindung

Eine zusätzliche Aufgabe der Zylinderkopfdichtung bei diesem Leichtbau-Motorkonzept besteht darin, die elektrochemische Korrosion zu unterbinden und dadurch den Magnesiummantel zu schützen. Die Zylinderkopfdichtung selbst besteht aus elektrisch leitendem Federstahl. In der elektrochemischen Spannungsreihe ist ein deutlich höherer Potenzialunterschied von Federstahl zu Magnesium gegenüber Federstahl zu Aluminium vorhanden. Dadurch ist eine höhere Korrosionsneigung des Magnesiums zu erwarten. Um eine Korrosion der Bauteile zu verhindern, ist der elektrische Kontakt zwischen Magnesiummantel und Zylinderkopfdichtung durch eine Isolationschicht zu trennen, **Bild 4**.

Victor Reinz verwendet als Isolationschicht eine Modifikation der bekannten Hochtemperaturbeschichtung „thermoglide“. Dieser Werkstoff weist die Eigenschaften eines Isolators mit zusätzlicher Reibungsminimierung bei gleichzeitig sehr guter Standfestigkeit auf. In den Bereichen des Magnesiummantels wird durch einen ganzflächigen Auftrag der Beschichtung die Korrosion des Magnesiums erfolgreich unterbunden.

Ein weiteres Korrosionsrisiko besteht an der Außenkontur. Dieses wird durch die am Außenrand angesammelte Feuchtigkeit zwischen Aluminiumzylinderkopf und Magnesiummantel im Kurbelgehäuse verursacht. Wasser und Feuchtigkeit, die zum Beispiel beim Reinigen eindringen, wirken als Elektrolyt und verursachen eine Korrosion der Bauteile. Ein wirkungsvoller Schutz ist hier nur durch eine vollständige Randabdichtung mit einem geschlossenen Elastomerwulst gewährleistet, **Bild 4**. Zur Herstellung der Elastomerwulst mit einer durchgehenden Länge von über 1,8 m wurde eine neue Werkzeugtechnik entwickelt. Beim Spritzen der Wulst wird dadurch ein Ausfließen des Elastomers zur Innenkante sicher verhindert, weil dort anhaftendes Material die Balance des Dichtverbundes beeinflussen kann.

Die optimale Kontur der Randabdichtung und der Einfluss auf die gesamte Balance des Dichtverbundes wurden mittels FEA berechnet. Auch hier zeigte die fünf-lagige Konstruktion durch ihren hochsymmetrischen Aufbau und die erhöhte Einbaudicke ideale Voraussetzungen für eine sichere und langlebige Randabdichtung.

Um die vorgestellten, korrosionshemmenden Maßnahmen der Zylinderkopfdichtung umsetzen zu können, wird ein neuartiges Verfahren zur Lagenverbindung angewendet. Standardmäßige Niet-



**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CAROLO-WILHELMINA
ZU BRAUNSCHWEIG**

Im Fachbereich Maschinenbau der Gemeinsamen Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik ist am **Institut für Verbrennungskraftmaschinen zum Sommersemester 2005** eine

Universitätsprofessur (W 3) für Verbrennungskraftmaschinen (Nachfolge von Prof. Dr. E. Müller)

neu zu besetzen.

In Forschung und Lehre im Bereich Verbrennungskraftmaschinen (insbesondere Otto- und Dieselmotoren für den Fahrzeugantrieb) sind im Rahmen der strategischen Neuausrichtung des Fachbereichs folgende Tätigkeitsfelder zu bearbeiten:

- Antriebssystemtechnik, motorische Verbrennungsabläufe und Energiewandlung, Hybridantriebe
- Motorsteuerung, -regelung, -management und Motorkonstruktion

Als zusätzliche Arbeitsgebiete sind erwünscht:

- Gemischbildung und Schadstoffbildung, Abgasnachbehandlung
- Alternative Kraftstoffe, Brennstoffzellen

In der Lehre wird die Beteiligung an der Grundlagenausbildung im Fachbereich Maschinenbau sowie an weiterführenden Vorlesungen auf dem Gebiet der Kraftfahrzeug- und Verkehrstechnik erwartet.

Das Institut bietet eine attraktive experimentelle Ausstattung mit vielen Prüfständen. Für interdisziplinäre Kooperationsprojekte stehen die Zentren für Mechatronik und Verkehr der Technischen Universität Braunschweig zur Verfügung.

Gesucht wird eine wissenschaftlich anerkannte Persönlichkeit, die das Fachgebiet "Verbrennungskraftmaschinen" in Forschung und Lehre exzellent vertreten kann und die wissenschaftlichen Methoden der Simulations-, Analyse- und Versuchstechnik beherrscht. Neben dem Nachweis hervorragender wissenschaftlicher Arbeit werden eine mehrjährige Berufstätigkeit mit engem Praxisbezug, didaktische Fähigkeiten und die Bereitschaft zur interdisziplinären fachlichen Zusammenarbeit sowie zur Forschungsschwerpunktentwicklung erwartet. Die aktive Mitwirkung bei der Weiterentwicklung des Schwerpunkts Mobilität und Verkehr und die Mitarbeit in den Selbstverwaltungsgremien der Technischen Universität werden vorausgesetzt.

Es gelten die Einstellungsbedingungen nach § 25 des Niedersächsischen Hochschulgesetzes. Bewerber die im Zeitpunkt der Ruferteilung das 45. Lebensjahr bereits vollendet haben und nicht bereits im Beamtenverhältnis auf Lebenszeit stehen, werden grundsätzlich im Angestelltenverhältnis eingestellt.

Die Technische Universität Braunschweig ist im Sinne der Chancengleichheit bestrebt, Frauen und Männern die gleichen Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten und bestehenden Nachteilen entgegenzuwirken. Angestrebt wird eine deutliche Erhöhung des Anteils von Frauen in Forschung und Lehre. Qualifizierte Frauen werden deshalb ausdrücklich aufgefordert, sich zu bewerben. Frauen werden bei gleichwertiger Qualifikation in der Regel bevorzugt berücksichtigt. Schwerbehinderte Bewerberinnen und Bewerber werden bei gleicher Eignung bevorzugt berücksichtigt. Die Stelle ist nicht teilzeittätig.

Weitere Einzelheiten über das Bewerbungsverfahren können beim Vorsitzenden der Berufungskommission, Herrn Prof. Dr.-Ing. Eckehard Schnieder, unter Tel. 0531/391-3317 bzw. per E-Mail unter e.schnieder@tu-bs.de erfragt werden.

Bewerbungen sind bis **6 Wochen** nach Erscheinen dieser Anzeige an den **Vorsitzenden der Gemeinsamen Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik der Technischen Universität Braunschweig, Postfach 3329, 38023 Braunschweig oder Hans-Sommer-Str. 66, 38106 Braunschweig**, zu richten.

verfahren sind kaum möglich, weil die notwendigen Nietlaschen an der Randkorrektur nicht platziert werden können. Das nun verwendete Laserschweißverfahren bietet den Vorteil, die Verbindung an nahezu jeder Position der Zylinderkopfdichtung verwirklichen zu können. Bei diesem Verfahren werden die Lagen in den Open-Deck-Bereichen geschweißt, um keine zusätzliche Pressung auf den Magnesiummantel aufzubringen, wodurch der Dichtverbund geschwächt oder Korrosion verursacht werden könnte.

4 Fazit

Hochleistungsmotoren wie der neue Reihensechszylinder-Ottomotor NG6 von BMW erfordern Dichtungskonzepte mit neuen Lösungsansätzen und Fertigungstechnologien. Durch den konsequenten Einsatz von FEA-Berechnungen konnten unterschiedliche Zylinderkopfdichtungen bewertet und die Auswirkungen auf das Dichtungssystem bereits in einer sehr frühen Entwicklungsphase vorhergesagt werden.

Mit innovativen Doppel-Wellenstopper-Konzepten, fünflagigem Aufbau und einer neuen korrosionshemmenden Beschichtung wurden zukunftsweisende Wege bei der Entwicklung von Zylinderkopfdichtungen eingeschlagen. Die gezielte Umsetzung von Entwicklungsansätzen in funktionierende Produkte und die Entwicklung eines neuen Laserschweißverfahrens für eine rationelle Serienproduktion sind die Stärken des Neulmer Dichtungsherstellers Victor Reinz.

Literaturhinweise

- [1] Schneider, J.; Schnurrenberger, J.; Ludwig, J.; Unsel, G.; Weiss, A.: Funktionserweiterung von Zylinderkopfdichtungen – Weiterentwicklungen beim Wellenstopper. In: MTZ 64 (2003), Nr. 10, S. 842–849
- [2] Ludwig, J.; Weiss, A.; Unsel, G.; Rebie, H.; Sailer, A.: Die neue Technologie für Mehrlagen-Stahl-Zylinderkopfdichtungen. In: MTZ 62 (2001), Nr. 10, S. 816–824

For an English version of this article, see **MTZ worldwide**. For information on subscriptions, just call us or send an email or fax.



MTZ Vieweg Verlag Postfach 1546 D-65173 Wiesbaden
Hotline 06 11778 78-151 Fax 06 11778 78-423
email: vieweg.service@gvw-fachverlage.de

LKW-Technik systematisch und praxisnah



Hoepke, Erich (Hrsg.)

Nutzfahrzeugtechnik

Grundlagen, Systeme, Komponenten

3., überarb. u. erw. Aufl. 2004.

518 S. mit 565 Abb. Geb. € 44,90

ISBN 3-528-23898-4

D A S B U C H

"Nutzfahrzeugtechnik" stellt alle wesentlichen Komponenten und Bauarten vor: klassische Konstruktionslehre, zeitlos gültige Fahrmechanik und Thermodynamik sowie neueste Entwicklungen im Motoren- und Fahrzeugbau bis hin zum elektronischen Fahrzeugmanagement. Die 3. Auflage wurde neben neuen Kapiteln über die Auslegung eines Allradantriebs um aktuelle Technik wie Prüfzyklen bis EURO 5, Partikelfilter oder Allradantrieb für leichte Nutzfahrzeuge ergänzt.

Änderungen vorbehalten.
Erhältlich im Buchhandel oder beim Verlag.
zzgl. Versandkosten.

Ja, ich bin interessiert und bestelle

Hoepke, Erich (Hrsg.)

Nutzfahrzeugtechnik

Geb. € 44,90 ISBN 3-528-23898-4

Vorname, Name 321 04 568

Firma, Abteilung

Straße (bitte kein Postfach)

PLZ, Ort

Datum, Unterschrift



Abraham-Lincoln-Straße 46
D-65189 Wiesbaden
Fax 0611.7878-420
www.vieweg.de

BESTELLCOUPON