

# BMW Group Innovationstag 2011: Efficient Dynamics. Inhaltsverzeichnis.

<b>1. BMW Group Innovationstag 2011: Efficient Dynamics.</b> (Kurzfassung) .....	2
<b>2. BMW Group Innovationstag 2011: Efficient Dynamics.</b> (Langfassung) .....	6
2.1 Synergie, Effizienz, Nachhaltigkeit: Die neue BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie. ....	6
2.2 Mit höchster Entwicklungskompetenz zum optimierten Wirkungsgrad: Die neuen Benzin- und Dieselmotoren mit BMW TwinPower Turbo Technologie, Achtgang-Automatikgetriebe mit vorausschauender Steuerung. ....	10
2.3 Zukunftsweisende Effizienz durch gezielte Elektrifizierung: BMW ActiveHybrid Technologie und Elektromobilität. ....	15
2.4 Intelligenter Leichtbau als Entwicklungsprinzip für Efficient Dynamics: Neue Perspektiven zur Gewichtsoptimierung. ....	21
2.5 Fahrfreude und Effizienz in einer neuen Dimension: Der neue BMW X1 xDrive28i mit BMW TwinPower Turbo. ....	26



# 1. BMW Group Innovationstag 2011: Efficient Dynamics. (Kurzfassung)

Mit der Strategie Efficient Dynamics verfügt die BMW Group über das weltweit wirksamste Konzept für eine nachhaltige Sicherung der individuellen Mobilität durch konsequente Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen. Als weltweit erfolgreichster Hersteller von Premium-Automobilen übernimmt das Unternehmen damit auch bei der Einführung innovativer Technologien, die einen verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen Ressourcen unterstützen, eine Vorreiterrolle. Für die BMW Group ist Efficient Dynamics ein zentrales Element einer umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie, die den Rahmen für eine sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Zukunftssicherung setzt. Schon im Jahr 2000 wurde Nachhaltigkeit als zentrales Unternehmensprinzip definiert. Mit der Unternehmensstrategie Number ONE wurde die Verknüpfung zwischen profitabilem Wachstum und verantwortungsvollem Handeln weiter gefestigt.

Das Bekenntnis zu Nachhaltigkeit beinhaltet neben Produktverantwortung, umweltschonenden Fertigungsprozessen und modernen Recyclingverfahren auch eine langfristig ausgelegte Unternehmensentwicklung sowie vielfältiges gesellschaftliches Engagement. Im Jahr 2010 wurde die BMW Group bereits zum sechsten Mal in Folge im Rahmen des Dow Jones Sustainability Index als weltweit nachhaltigster Automobilhersteller der Welt ausgezeichnet.

Efficient Dynamics dient als Leitmotiv für alle Bereiche der Fahrzeugentwicklung. Zu den tragenden Säulen der Strategie gehören die kontinuierliche Steigerung des Wirkungsgrads von Verbrennungsmotoren, die Weiterentwicklung der BMW ActiveHybrid Technologie, innovative Konzepte für die Elektromobilität und die langfristige Nutzung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff als Energieträger ebenso wie intelligenter Leichtbau und die Optimierung aerodynamischer Eigenschaften. Auf dem BMW Group Innovationstag 2011 werden aktuelle Innovationen und Konzepte aus den



Entwicklungsbereichen Verbrennungsmotoren, BMW ActiveHybrid, Elektromobilität und Leichtbau präsentiert, die den Leitgedanken von Efficient Dynamics in besonderer Weise repräsentieren.

### **Nachhaltigkeit durch Kommunalität: Die neue BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie.**

Bei der Entwicklung und Fertigung zukünftiger Antriebseinheiten mit sechs, vier und drei Zylindern setzt die BMW Group weiterhin auf Eigenständigkeit sowie auf den Einsatz innovativer Technologien in einer möglichst großen Zahl von Fahrzeugkonzepten. Die neue BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie nutzt ein einheitliches Konstruktionsprinzip und eine deutlich gesteigerte Zahl gemeinsamer Komponenten sowohl für Otto- als auch für Dieselantriebe. Der neue BMW Motorenbaukasten basiert auf dem Reihenmotorprinzip sowie auf dem Technologiepaket BMW TwinPower Turbo. Die hohe Kommunalität innerhalb des BMW Motorenbaukastens stärkt die Nachhaltigkeit sowohl im ökonomischen als auch im ökologischen Sinne.

Der neue BMW Motorenbaukasten bietet die Möglichkeit, Drei-, Vier- und Sechszylinder-Antriebe in unterschiedlichen Leistungsstufen zu entwickeln. Diese Skalierbarkeit schafft die Voraussetzungen für ein breites Leistungsspektrum und damit für vielfältige und weltweite Einsatzmöglichkeiten in den Fahrzeugkonzepten der BMW Group. Unabhängig von Zylinderzahl, Brennverfahren und Leistungsstufe entspricht jeder Antrieb den herausragenden Standards, den die BMW Group Motorenentwicklung hinsichtlich Wirkungsgrad, Kraftentfaltung und Laufkomfort definiert.

Die Fertigung der künftigen Otto- und Dieselmotoren mit drei, vier und sechs Zylindern erfolgt mit maximaler Flexibilität an den Standorten München und Steyr. Bis zum Jahr 2012 investiert die BMW Group an beiden Produktionsstandorten fast 300 Millionen Euro.

### **Aktuelle Innovationen für höchste Effizienz: Vierzylinder-Otto- und Sechszylinder-Dieselmotoren mit BMW TwinPower Turbo Technologie, vorausschauende Getriebesteuerung.**

Mit dem Einsatz von BMW TwinPower Turbo Technologie in zusätzlichen Motoren hat BMW in der aktuellen Modellpalette die Vorreiterrolle bei der Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte weiter ausgebaut. Auf dem Innovationstag 2011 präsentiert die BMW Group den neuen 2,0 Liter Vierzylinder-Ottomotor sowie die neue Variante des 3,0 Liter großen Reihensechszylinder-Dieselantriebs mit diesem Technologiepaket. Im neuen BMW X1 xDrive28i sorgt dieser Motor für einen auf 6,1 Sekunden verbesserten Wert für die Beschleunigung von null auf 100 km/h und einen

gegenüber dem Vorgängermodell um 1,5 Liter beziehungsweise 16 Prozent auf 7,9 Liter je 100 Kilometer reduzierten Durchschnittsverbrauch im EU-Testzyklus. Der neue, ebenfalls noch sportlicher und zugleich effizienter agierende Diesel ermöglicht dem BMW 530d xDrive eine Beschleunigung von null auf 100 km/h in 6,1 Sekunden bei einem Durchschnittsverbrauch im EU-Testzyklus von 5,7 Litern je 100 Kilometer.

Als weitere Innovation präsentiert die BMW Group die vorausschauende Steuerung für das Achtgang-Automatikgetriebe. Das aktuell im Stadium der Vorentwicklung befindliche System bietet die Möglichkeit, durch Vernetzung mit anderen Fahrzeugkomponenten und unter Nutzung von Navigationsdaten die Schaltcharakteristik der jeweiligen Fahrsituation anzupassen. Auf diese Weise werden sowohl die Effizienz als auch der Fahrkomfort sowie die Dynamik situationsgerecht gesteigert.

### **Hybrid-Technologie und Elektromobilität: BMW Group setzt auf Eigenentwicklung.**

Die BMW Group treibt die Elektrifizierung durch die Weiterentwicklung von Hybridtechnologie und Elektroantrieben konsequent voran. Mit dem Einsatz von BMW ActiveHybrid Technologie und Elektromobilität werden die in der Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens verankerten Ziele besonders wirksam verfolgt. Die Elektrifizierung des Antriebstrangs schafft optimierte Möglichkeiten für eine von fossilen Brennstoffen unabhängige Mobilität sowie für eine umfassende Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung regenerativ erzeugter Energie. Die BMW Group setzt bei den Schlüsselkomponenten Hochvolt-Speicher, E-Maschine und Leistungselektronik konsequent auf Eigenentwicklungen und Fertigungskompetenz. Dazu wird die weltweit einzigartige Technologiekompetenz im Bereich der Antriebssysteme auch auf das Gebiet der Elektromobilität ausgeweitet.

Die entsprechenden Komponenten können durch einen konsequenten Baukastenansatz präzise auf die Anforderungen des jeweiligen Modells abgestimmt werden. Das Konzept der Eigenentwicklung und die Steigerung der Fertigungstiefe ermöglichen es der BMW Group, ihre Technologiekompetenz in besonderem Maße dafür einzusetzen, die Leistungsausbeute, Reichweite und Lebensdauer der Batterie, die Leistungsdichte und Effizienz des Elektromotors sowie die modellspezifischen Steuerungsfunktionen der Leistungselektronik zu optimieren. Darüber hinaus wird das hohe Qualitätsniveau aller Systeme auch durch die enge Abstimmung zwischen Komponentenentwicklung und Fertigung gewährleistet.

### **Intelligenter Leichtbau: Gezielte Innovationen für mehr Effizienz.**

Bei der Auflösung des Zielkonflikts zwischen den vielfältigen Ansprüchen an Fahrzeuge des Premium-Segments und dem Streben nach maximaler Effizienz spielt neben der Wirkungsgradoptimierung im Antriebssystem vor allem die Gewichtsoptimierung eine zentrale Rolle. Das Konzept des intelligenten Leichtbaus schafft ideale Voraussetzungen, um den unverwechselbaren Charakter eines BMW oder MINI Modells bei einem möglichst geringen Fahrzeuggewicht zu realisieren. Intelligenter Leichtbau kommt in allen Bereichen der Automobilentwicklung – vom Karosserie- und Motorenbau über die Fahrwerkstechnik bis zur Innenraumgestaltung – zum Tragen und wird konsequent verfolgt.

Aktuelle Beispiele für Gewichtsoptimierung durch innovative Werkstoffe und Fertigungsverfahren werden auf dem Innovationstag 2011 vorgestellt. Dazu gehört der innovative Materialmix im Karosseriebau für die neue BMW 5er Reihe ebenso wie ein neuartiges Konzept für einen besonders effizienten Materialeinsatz bei der Nutzung von carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK).

Darüber hinaus arbeiten die Motorenentwickler an innovativen Komponenten, mit denen sich neben dem Gewicht auch die Geräuschemissionen von Otto- und Dieseltriebwerken weiter reduzieren lassen. Im Bereich des Fahrwerks entstehen vielfältige Innovationen, mit denen sich parallel zur Gewichtsoptimierung eine Verbrauchsminderung und zugleich ein spürbares Plus an Fahrfreude erzielen lassen. Weil sich jede Reduzierung der ungefederten und besonders der rotierenden Massen unmittelbar auf die Agilität des Fahrzeugs auswirkt, misst die BMW Group der Gewichtsoptimierung im Bereich der Radaufhängung, Radführung und der Bremssysteme eine besonders hohe Bedeutung bei.

## **2. BMW Group Innovationstag 2011: Efficient Dynamics. (Langfassung)**

### **2.1 Synergie, Effizienz, Nachhaltigkeit: Die neue BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie.**

Die BMW Group hat das Prinzip der Nachhaltigkeit in ihrer Unternehmensstrategie Number ONE verankert. Mit Efficient Dynamics wird dieses Prinzip konsequent und erfolgreich im Sinne einer umfassenden Produktverantwortung umgesetzt. Weltweit hat sich die Strategie Efficient Dynamics als Markenzeichen für besonders wirksame Maßnahmen zur Verbrauchs- und Emissionsreduzierung bei Neufahrzeugen etabliert. Die BMW Group hat innerhalb der vergangenen 15 Jahre die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihrer europäischen Neuwagenflotte um rund 30 Prozent reduziert. Zu Beginn des Jahres 2011 umfasste das Modellangebot der Marken BMW und MINI bereits 52 Fahrzeuge mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von maximal 140 Gramm pro Kilometer, 19 davon weisen einen Emissionswert von höchstens 120 Gramm pro Kilometer auf.

Die kontinuierliche Senkung des Kraftstoffkonsums und der CO<sub>2</sub>-Emissionen geht stets mit einer weiteren Steigerung der Fahrfreude einher. Gewährleistet wird dieser für BMW und MINI charakteristische Fortschritt insbesondere durch eine grundlegende Motorenstrategie. Sie stellt sicher, dass die von den Motorenentwicklern der BMW Group realisierten Innovationen allen Modellen frühzeitig und in vollem Umfang zugute kommen.

Bereits heute setzt die BMW Group maßgebliche effizienzoptimierende Technologien in Motoren unterschiedlicher Größe und Leistung ein. So sind alle in den aktuellen BMW und MINI Modellen zur Verfügung stehenden Dieselmotoren mit einem Aluminium-Kurbelgehäuse, Turboaufladung und Common-Rail-Direkteinspritzung ausgestattet. Außerdem kommt BMW TwinPower Turbo Technologie sowohl bei Vier- als auch bei Sechszylinder-Dieselmotoren zur Anwendung. Auch die BMW TwinPower Turbo Technologie für Otto-Motoren wird in übereinstimmender Zusammensetzung



bereits in ersten Vier- und Sechszylinder-Triebwerken genutzt. Das Technologiepaket umfasst eine optimale Luftzufuhr mittels VALVETRONIC, eine effiziente Verbrennung durch die von der High Precision Injection bewirkte präzise Kraftstoff-Luft-Gemisch-Versorgung sowie modernste Turbo-Technologie.

### **Die neue BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie mit BMW TwinPower Turbo Technologie.**

Mit der neuen BMW Group Efficient Dynamics Motorenfamilie wird BMW TwinPower Turbo Technologie zu einem gemeinsamen Merkmal aller Benzin- und Dieselantriebe mit vier und sechs Zylindern und darüber hinaus auch in den zukünftigen Dreizylinder-Motoren zum Einsatz kommen. BMW TwinPower Turbo beinhaltet die variable Beatmung des Motors, die optimale Verbrennung des Kraftstoffs und die jeweils effizienteste Aufladungstechnik. Auf der Basis des Technologiepakets BMW TwinPower Turbo entstehen innerhalb des BMW Motorenbaukastens verschiedene Antriebseinheiten, die gemäß der Efficient Dynamics Strategie weltweit und über die gesamte Bandbreite des Modellportfolios hinweg einsetzbar sind.

### **Höchstes Technologie-Niveau als Maßstab, maximale Synergie als Zielsetzung.**

Durch eine gezielte Entwicklung von Komponenten, die nicht nur für Motoren unterschiedlicher Größe, sondern darüber hinaus sowohl für Benzin- als auch für Dieselantriebe eingesetzt werden können, steigert die BMW Group mit dem BMW Motorenbaukasten den sogenannten Kommunalitätsgrad innerhalb des Antriebsportfolios. Maßstab für alle Antriebe ist dabei das Technologiepaket BMW TwinPower Turbo, das den Anforderungen besonders leistungsstarker Triebwerke entspricht.

Durch maximale Effizienz in Entwicklung und Fertigung können die bestmöglichen technischen Lösungen für die komplette Bandbreite des Motorenangebots verfügbar gemacht werden. Unabhängig von Zylinderzahl, Brennverfahren und Leistung entspricht daher jeder Antrieb den herausragenden Standards, den die BMW Group Motorenentwicklung hinsichtlich Wirkungsgrad, Kraftentfaltung und Laufkomfort definiert.

### **BMW Motorenbaukasten stärkt ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit.**

Als Grundlagen für die erhöhte Kommunalität im Antriebsportfolio dienen eine übereinstimmende Architektur und ein einheitliches Konstruktionsprinzip für alle künftigen Benzin- und Dieselmotoren mit drei, vier und sechs Zylindern. Der so entstehende Motorenbaukasten ist das Ergebnis der BMW Antriebsentwicklung, auch die Fertigung der Aggregate erfolgt bei BMW. Mit

diesem Vorgehen wird ein weiterer Beitrag zur Stärkung der Selbstständigkeit der BMW Group geleistet.

Der BMW Motorenbaukasten gewährleistet bedeutende Fortschritte sowohl in der ökonomischen Nachhaltigkeit für das Unternehmen bezüglich Entwicklung und Produktion als auch für die ökologische Nachhaltigkeit hinsichtlich der Verbrauchs- und Emissionswerte künftiger Modelle. Er stellt daher eine maßgebliche Säule für die erfolgreiche Fortführung der Efficient Dynamics Strategie der BMW Group dar.

### **Perfekte Thermodynamik, Reihenmotor-Prinzip als gemeinsame Grundlage.**

Als gemeinsame Basis für den Grundmotor aller Otto- und Diesel-Aggregate kommt das Konstruktionsprinzip des Reihenmotors zur Anwendung. Dabei wird für den Motorenbaukasten ein Zylindervolumen von rund 500 Kubikzentimetern je Brennraum definiert, mit dem sich das thermodynamische Optimum für einen Verbrennungsmotor realisieren lässt. Aufgrund dieses Prinzips steht der Hubraum des jeweiligen Antriebs dabei im direkten Verhältnis zur Zahl der Brennräume.

### **Entwicklungs- und Fertigungseffizienz durch kommunale Komponenten und gemeinsame Schnittstellen für die Fahrzeug-Integration.**

Die konstruktiven Gemeinsamkeiten beziehen sich darüber hinaus unter anderem auf den Zylinderabstand, das Kurbelgehäuse- und das Ausgleichswellen-Konzept sowie die Position der Steuerketten auf der Schwungradseite. Otto- und Dieselmotoren können außerdem unter anderem mit einheitlichen Ölwanne einschließlich Vakuumpumpe bestückt werden, auch bei der Konfiguration des Riementriebs, der Anordnung der Nebenaggregate und der motornahen Positionierung der Abgasnachbehandlungssysteme kann eine gemeinsame Bauart zur Anwendung kommen. Insgesamt steigt der Umfang der über alle Motoren hinweg eingesetzten Gleich- oder Kommunalbauteile auf bis zu 60 Prozent.

Darüber hinaus bieten alle auf dieser Grundlage entwickelten Drei- und Vierzylinder-Motoren mit Otto- und Dieselmotorenverfahren die Voraussetzungen sowohl für einen Längs- als auch für einen Quereinbau in künftigen Modellen von BMW beziehungsweise MINI. Zusätzliche Effizienz in den Bereichen Entwicklung und Fertigung wird dabei durch einheitliche Schnittstellen zwischen den dem BMW Motorenbaukasten entstammenden Antrieben und dem jeweiligen Fahrzeug gewonnen.

### **Skalierbarer Motorenbaukasten ermöglicht Leistungspreizung für vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Modellportfolio.**

Der neue BMW Motorenbaukasten bietet die Möglichkeit, Drei-, Vier- und Sechszylinder-Antriebe in unterschiedlichen Leistungsstufen zu entwickeln. Diese Skalierbarkeit schafft die Voraussetzungen für ein breites Leistungsspektrum und damit für vielfältige Einsatzmöglichkeiten in den Fahrzeugkonzepten der BMW Group. Da die bei Motoren unterschiedlicher Größe und Leistung eingesetzten Komponenten in deutlich höheren Stückzahlen gefertigt werden, lässt sich daher die auch in Zukunft gewünschte Vielfalt im Antriebsportfolio mit erheblich optimierter Kosteneffizienz realisieren. Insgesamt erreicht ein neu eingeführter Motor die für eine nachhaltig wirtschaftliche Produktionsstrategie erforderliche Rentabilität bereits bei einem Viertel der bisher dazu erforderlichen Stückzahlen. Mit dem BMW Motorenbaukasten realisiert die BMW Group deutlich höhere Stückzahlen bei einzelnen Komponenten und erzielt die damit verbundenen Skaleneffekte.

Zusätzlich wird durch die hohe Kommunalität auch der Aufwand für die Entwicklung zusätzlicher Motorvarianten reduziert. So sind beispielsweise besonders leistungsstarke Abwandlungen eines bestehenden Antriebs oder Hybrid-Varianten für einzelne Baureihen auch bei vergleichsweise geringen Stückzahlen wirtschaftlich darstellbar.

### **BMW Group investiert fast 300 Millionen Euro in die Motorenfertigung.**

Durch den erhöhten Anteil kommunaler Komponenten wird nicht nur die Synergie, sondern auch die Flexibilität innerhalb des Fertigungsprozesses maßgeblich gesteigert. In den Motorenwerken der BMW Group am Firmenstammsitz in München sowie im österreichischen Steyr können zukünftig sowohl Benzin- als auch Dieselantriebe aller Größen gefertigt werden. Durch diese Strategie können auch kurzfristige Nachfrageveränderungen, wie sie beispielsweise bei der Markteinführung neuer Modelle auftreten, bei konstanter Produktionsauslastung mit hoher Flexibilität beantwortet werden.

Zur Umsetzung der neuen Motorenstrategie und zur Sicherstellung des damit verbundenen Flexibilitätsgrads investiert die BMW Group an beiden Fertigungsstandorten bis zum Jahr 2012 fast 300 Millionen Euro. Davon entfallen rund 160 Millionen allein auf das BMW Werk in München.

## **2.2 Mit höchster Entwicklungskompetenz zum optimierten Wirkungsgrad: Die neuen Benzin- und Dieselmotoren mit BMW TwinPower Turbo Technologie, Achtgang-Automatikgetriebe mit vorausschauender Steuerung.**

Mit den aktuell eingeführten beziehungsweise unmittelbar vor der Serienreife stehenden Motoren und Getrieben verfügt die BMW Group über ein weltweit einzigartiges Angebot im Bereich der Antriebstechnologie. Mit ihrem außergewöhnlich hohen Wirkungsgrad schaffen die neuen Benzin- und Dieselmotoren ebenso wie die aktuellen und künftigen Getriebe optimale Voraussetzungen für eine weitere Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte im Rahmen der Strategie Efficient Dynamics.

Als Ergebnis der herausragenden Entwicklungskompetenz auf dem Gebiet der Antriebstechnologie wird jetzt die BMW TwinPower Turbo Technologie sukzessive auf alle Benzin- und Dieselmotoren übertragen. Diese Technologie kann unabhängig von Gesamthubraum und Zylinderzahl des jeweiligen Motors angewandt und zudem weltweit eingesetzt werden. Zusätzliches Effizienz-Potenzial erschließt die BMW Group auch bei der Weiterentwicklung des Achtgang-Automatikgetriebes. Bereits heute berücksichtigt die Getriebesteuerung unterschiedliche Betriebssituationen und Anforderungen des Fahrers und wählt jeweils den dafür optimal geeigneten Gang aus. Eine vorausschauende Getriebesteuerung bietet zusätzlich die Möglichkeit, durch Vernetzung mit anderen Fahrzeugkomponenten und unter Nutzung von Navigationsdaten die Schaltcharakteristik der jeweiligen Fahrsituation anzupassen. Auf diese Weise werden sowohl die Effizienz als auch der Fahrkomfort sowie die Dynamik situationsgerecht gesteigert. Für die Zukunft ist geplant, weitere Potenziale, die sich durch die intelligente Nutzung vernetzter Funktionen ergeben, zu erschließen.



## **Technologisches Upgrade: BMW TwinPower Turbo Technologie im Vierzylinder-Benzinmotor.**

Mit der Markteinführung des neuen BMW X1 xDrive28i hat BMW zugleich das Startsignal für den ersten Vierzylinder-Repräsentanten der Efficient Dynamics Motorenfamilie gesetzt. Der 2,0 Liter große Antrieb ist erstmals mit der bereits beim Reihensechszylinder-Motor erfolgreich eingesetzten BMW TwinPower Turbo Technologie ausgestattet. Sein Technologiepaket umfasst ein Aufladesystem nach dem Twin-Scroll-Prinzip, eine Benzin-Direkteinspritzung, die variable Nockenwellensteuerung Doppel-VANOS und die variable Ventilsteuerung VALVETRONIC.

Der neu entwickelte Antrieb des BMW X1 xDrive28i leistet 180 kW/245 PS und liegt damit um 55 kW über dem Wert des bislang stärksten Vierzylinder-Ottomotors von BMW. Sein maximales Drehmoment von 350 Newtonmetern steht bereits bei einer Motordrehzahl von  $1\,250\text{ min}^{-1}$  zur Verfügung. Aufgrund dieses Wertes gelingt es dem neuen BMW TwinPower Turbo Aggregat, in den Disziplinen Ansprechverhalten und Durchzugskraft einen BMW Sechszylinder-Saugmotor zu übertreffen. Das Plus an Dynamik geht zudem mit einer signifikanten Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte einher. Die Fahrleistungs- und Verbrauchswerte des neuen BMW X1 xDrive28i sind ein beeindruckendes Beispiel für den durch BMW EfficientDynamics erzielbaren Fortschritt. Für den Spurt von null auf 100 km/h benötigt er mit nunmehr 6,5 Sekunden 0,3 Sekunden weniger als das ebenfalls mit einem Automatikgetriebe ausgestattete Vorgängermodell, sein Durchschnittsverbrauch im EU-Testzyklus fällt um 1,5 auf 7,9 Liter je 100 Kilometer.

Die außergewöhnliche Leistungscharakteristik des neuen Vierzylinder-Aggregats basiert nicht nur auf der BMW TwinPower Turbo Technologie, sondern darüber hinaus auf umfangreichen Innovationen im Bereich des Grundmotors. Höhenversetzt positionierte Ausgleichswellen bewirken eine optimierte Schwingungskompensation. Zusätzlich sorgt ein in das Zweimassenschwungrad integriertes Fliehkraftpendel für eine spürbare Reduzierung der vor allem im niedertourigen Bereich auftretenden Dreh-Ungleichförmigkeiten. Das früh einsetzende hohe Drehmoment des Motors kann somit ohne jegliche Komforteinbußen genutzt werden. Die durch das Fliehkraftpendel erzielte optimale Schwingungsdämpfung bleibt über einen breiten Drehzahlbereich hinweg wirksam. Dadurch stößt der neue 2,0 Liter-Motor auch im Bereich der Laufkultur auf ein Niveau vor, das bislang nur von BMW Sechszylinder-Motoren erreicht wurde.

## **Noch sportlicher, noch effizienter: Reihensechszylinder-Dieselmotor mit BMW TwinPower Turbo Technologie der neuesten Generation.**

Mit einer Weiterentwicklung der BMW TwinPower Turbo Technologie werden auch für die Reihensechszylinder-Dieselmotoren zusätzliche Dynamik- und Effizienzpotentiale erschlossen. Die neue Variante des kraftvollen BMW Dieselmotors baut damit ihre Position als besonders sportliches Triebwerk weiter aus. Gemäß BMW EfficientDynamics werden Ansprechverhalten und Höchstleistung nochmals gesteigert, Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen zugleich weiter reduziert.

Gegenüber dem Vorgängermotor weist der neue 3,0 Liter-Dieselantrieb eine weitere Optimierung der inneren Reibwerte, des Gewichts und der Kraftstoffeinspritzung auf. Die Höchstleistung wurde um zehn kW auf 190 kW/258 PS gesteigert. Das maximale Drehmoment beträgt nunmehr 560 Newtonmeter (plus 20 Nm) und steht bereits bei einer Motordrehzahl von 1 500 min<sup>-1</sup> zur Verfügung. Neben der modifizierten Luftzufuhr mit reduzierten Rohrlängen kommt auch die gewichtsoptimierte Kurbelwelle dem Ansprechverhalten des neuen Sechszylinder-Dieselmotors zugute.

Einen zusätzlichen Beitrag zur Erhöhung von Leistung und Drehmoment leistet das optimierte Einspritzverfahren. Die Common-Rail-Einspritzung, deren Magnetventil-Injektoren mit einem Maximaldruck von 1 800 bar arbeiten, sorgt unter anderem durch eine neu abgestimmte Voreinspritzung für eine noch effizientere Verbrennung, eine besonders spontane Leistungsentfaltung und weiter verbesserte Akustikeigenschaften des Dieselantriebs. Auch der Turbolader mit variabler Einlassgeometrie wurde weiter optimiert und weist nun eine nochmals gesteigerte Festigkeit auf. Zugleich wurde das Gewicht des Turbinenrads reduziert. Das damit verbundene besonders spontane Ansprechen des Laders fördert die Kraftentfaltung bei niedrigen Drehzahlen.

Der so erzielte Effizienzfortschritt schlägt sich in einem herausragend günstigen Verhältnis zwischen Kraftstoffkonsum und Fahrleistungen nieder. Im neuen BMW 530d xDrive ermöglicht der neue Dieselantrieb eine Beschleunigung von null auf 100 km/h in 6,1 Sekunden. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch im EU-Testzyklus beläuft sich auf 5,7 Liter je 100 Kilometer, der CO<sub>2</sub>-Wert reduziert sich auf 150 Gramm pro Kilometer.

In seinen grundlegenden Konstruktionsmerkmalen einschließlich der Anordnung der Nebenaggregate und des Riementriebs weist der neue Reihensechszylinder-Motor weitgehende Übereinstimmungen mit den aktuellen Vierzylinder-Dieselantrieben von BMW auf. Darüber hinaus bietet er optimierte Voraussetzungen zur Erfüllung strengster Abgasnormen auf allen wichtigen Automobilmärkten der Welt.

### **Achtgang-Automatik mit vorausschauender Getriebesteuerung.**

Neben dem hohen Wirkungsgrad der Motoren trägt auch die in den aktuellen Modellen eingesetzte Getriebetechnik zum herausragend hohen Effizienzniveau von BMW Automobilen bei. Ein signifikanter Fortschritt wurde dabei vor allem durch die Einführung des neuen Achtgang-Automatikgetriebes erzielt. Ein innovativer Radsatzaufbau ermöglicht es bei diesem Getriebe, zusätzliche Fahrstufen und eine größere Spreizung mit einer kompakten Bauart und einem optimierten Gewicht zu kombinieren. Gegenüber der bisher eingesetzten Sechsgang-Automatik weist das neue Getriebe zwei zusätzliche Gänge und eine von sechs auf sieben gesteigerte Spreizung auf, wobei die Zahl der Radsätze lediglich um einen auf vier erhöht wurde und die Zahl der Kupplungen sogar konstant blieb. Durch die geringe Anzahl zusätzlicher Bauteile wird der innere Wirkungsgrad des Systems optimiert.

Zusätzlich zeichnet sich das Achtgang-Automatikgetriebe, das inzwischen mit Vier-, Sechs-, Acht- und Zwölfzylinder-Motoren kombiniert wird, durch eine besonders hohe Schaltdynamik und eine direkte Zielgangfindung aus. Die elektronische Steuerung des Getriebes ermöglicht die Darstellung unterschiedlicher Kennlinien für die Schaltcharakteristik, mit denen sich sowohl ein besonders dynamischer als auch komfortorientierter Fahrstil unterstützen lässt.

### **Entwicklungsziel: Straßenprofil erkennen, Fahrerwunsch verstehen.**

Durch eine gezielte Weiterentwicklung entsteht nun die Möglichkeit, die von der Getriebesteuerung erteilten Schaltbefehle noch flexibler und zugleich präziser auf die jeweilige Fahrsituation abzustimmen. Die aktuell im Stadium der Vorentwicklung befindliche vorausschauende Getriebesteuerung nutzt zusätzliche Informationen, um bei der Wahl des idealen Gangs neben dem Fahrerwunsch auch die Fahrbahnbeschaffenheit, Straßentopologie sowie die Verkehrssituation zu berücksichtigen. Die Getriebesteuerung ist dazu sowohl mit der Fahrstabilitätsregelung DSC (Dynamische Stabilitäts Control) als auch im ersten Schritt mit dem Navigationssystem vernetzt. In folgenden Ausbaustufen ist auch eine Koppelung mit den für Fahrerassistenzsystemen eingesetzten Kameras beziehungsweise Radar- und weiteren Sensoren angedacht.

Die von den DSC Sensoren gelieferten Daten über den Fahrbahnreibwert helfen dem System dabei, die gerade bei niedrigen Reibwerten typischen Regeleingriffe optimal für die folgende Beschleunigung zu gestalten. Anhand der Daten des Navigationssystems lässt sich bereits deutlich vor dem Einlenken der Kurvenradius bestimmen. Auf dieser Basis ermittelt die Getriebesteuerung dann mit noch größerer Präzision die für ein harmonisches Fahrmanöver und ein souveränes Herausbeschleunigen benötigte Fahrstufe.

Zukünftig kann außerdem dank der von Kameras und Radarsensoren ermittelten Informationen über die Verkehrslage im Vorfeld des Fahrzeugs zum Beispiel der Verzögerungsbedarf ermittelt werden und ein der Situation entsprechendes Antriebsmanagement erfolgen.

In der Fahrpraxis stellt sich das Automatikgetriebe dank dieser vorausschauenden Steuerung auffallend genau auf die situationsbedingten Wünsche und Erfordernisse des Fahrers ein. Dank des großen Umfangs der von der Steuerung berücksichtigten Faktoren agiert die Automatik bei der Gangwahl ähnlich vorausschauend wie ein geübter Fahrer im Umgang mit einem Handschaltgetriebe. Es unterstützt den Fahrer durch schnelle und angemessene Reaktionen, die unmittelbar zu einer Steigerung der Fahrfreude bei optimierter Effizienz führen. Das Zusammenwirken zwischen dem Fahrer und seinem Fahrzeug erreicht damit eine neue Dimension.

## 2.3 Zukunftsweisende Effizienz durch gezielte Elektrifizierung: BMW ActiveHybrid Technologie und Elektromobilität.

Gezielte Elektrifizierung trägt bereits in den heute aktuellen Modellen von BMW und MINI zu dem in allen relevanten Fahrzeugsegmenten erzielten Effizienz-Vorsprung bei. Im Rahmen von Efficient Dynamics wurde der Umfang der elektrisch betriebenen Fahrzeugfunktionen konsequent erweitert. Beispiele dafür sind die in vielen Segmenten nach wie vor einzigartige elektromechanische Servolenkung sowie zahlreiche bedarfsgerecht elektrisch betriebene Nebenaggregate. Diese Systeme werden nicht mehr direkt vom Verbrennungsmotor mit Energie versorgt. Dadurch sinkt der Verbrauch, und die im Kraftstoff enthaltene Energie wird zu einem höheren Anteil zur Erzeugung von Fahrdynamik genutzt.

Der für die elektrisch betriebenen Aggregate benötigte Strom wird möglichst umfassend mithilfe von Bremsenergie-Rückgewinnung erzeugt. Diese bei allen aktuellen BMW und MINI Modellen serienmäßige Rekuperationstechnik konzentriert den Generatorbetrieb auf die Schub- und Bremsphasen des Fahrzeugs. Auf diese Weise kann Energie sinnvoll eingesetzt werden, die bei herkömmlichen Fahrzeugen ungenutzt an den Bremsscheiben in Form von Wärme entweicht.

### **BMW ActiveHybrid Technologie und Elektromobilität: Wichtige Säulen der Efficient Dynamics Strategie.**

Die BMW Group treibt die Elektrifizierung durch die Weiterentwicklung von Hybridtechnologie und Elektroantrieben konsequent voran. Ebenso wie die BMW ActiveHybrid Technologie bildet auch die Elektromobilität eine tragende Säule innerhalb der Strategie Efficient Dynamics. Der Stellenwert dieser Antriebsformen in der Großserienproduktion von Automobilen hängt sowohl vom technologischen Fortschritt als auch von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Auf dem Weg zu einer CO<sub>2</sub>-freien Mobilität spielt die Elektrifizierung eine zentrale Rolle. Die Etablierung der Elektromobilität als nachhaltige Lösung für den Individualverkehr setzt neben einer den Alltagsanforderungen entsprechenden Infrastruktur für die Energieversorgung langfristig auch eine Stromerzeugung aus regenerativen Quellen voraus.



## **Elektrifizierung des Antriebstrangs: BMW Group setzt auf Eigenentwicklung.**

Mit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs wird ein besonders großes Potenzial bei der Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte erschlossen. In den mit BMW ActiveHybrid Technologie ausgestatteten Serienmodellen BMW ActiveHybrid 7 und BMW ActiveHybrid X6 wird der für die elektrischen Antriebsfunktionen benötigte Strom in großem Umfang im Wege der Bremsenergie-Rückgewinnung erzeugt. Zusätzlich benötigte elektrische Energie wird über eine wirkungsgradoptimierende Betriebspunktverlagerung des Verbrennungsmotors gewonnen. Darüber hinaus wird durch die Abschaltung des Verbrennungsmotors im Leerlauf sowie durch die unterstützende Wirkung des Elektromotors bei der Erzeugung einer besonders dynamischen Beschleunigung ein signifikanter Effizienzfortschritt erzielt.

Plug-in-Hybrid-Konzepte schaffen zusätzlich die Möglichkeit, Energie aus dem Stromnetz ins Fahrzeug zu laden. In beiden Fällen hängt die im reinen Elektrobetrieb erzielbare Reichweite wesentlich von der Kapazität der Speichersysteme ab. Die Eigenschaften des Elektromotors beeinflussen die Fahrzeugcharakteristik hinsichtlich Agilität, Kraftentfaltung und Reichweite, während die Leistungselektronik das effiziente Zusammenwirken von Energiespeicher und E-Maschine sicherstellt. Die BMW Group setzt bei diesen Schlüsselkomponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge konsequent auf Eigenentwicklungen und Inhouse-Fertigung. Dazu wird die weltweit einzigartige Technologiekompetenz im Bereich der Antriebssysteme auch auf das Gebiet der Elektromobilität ausgeweitet. Hochvoltspeicher, E-Maschine und Leistungselektronik können so präzise auf die Anforderungen des jeweiligen Modells abgestimmt werden.

## **Hochvoltspeicher: Flexibler Modulaufbau ermöglicht modellspezifische Anordnung im Fahrzeug.**

Beim BMW ActiveHybrid 7 wird die Energieversorgung des Mild-Hybrid-Systems mithilfe einer besonders kompakten, in den Gepäckraum integrierten und aus 35 Einzelzellen bestehenden Lithium-Ionen-Batterie gewährleistet. Sie stellt eine Energiemenge von 0,8 Kilowattstunden (kWh) bereit und ermöglicht eine Leistungsanforderung seitens des Fahrzeugs von bis zu 19 kW.

Um die Leistungs- und Energieanforderungen zukünftiger Hybrid- und Elektrofahrzeuge optimal zu erfüllen, hat sich die BMW Group durch einen modularen Entwicklungsansatz eine einzigartige Flexibilität bei der modellspezifischen Konfiguration von Hochvoltspeichern gesichert. Jede Speichereinheit eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugtyps besteht aus einer

unterschiedlichen Anzahl von Modulen, die ihrerseits aus einer jeweils spezifischen Zahl von Batteriezellen zusammengesetzt sind. Diese werden seriell verschaltet, um den Leistungs- und Energiekapazitätsanforderungen des jeweiligen Fahrzeugs zu entsprechen.

Die Integration des neuen BMW HochvoltSpeichers im BMW ActiveE erforderte aufgrund des vorgegebenen Bauraums dieses Conversion-Konzepts drei Speichereinheiten unterschiedlicher Größe und Ausformung. Sie sind im Bereich des Mitteltunnels, im Vorderwagen sowie im Heckbereich des Fahrzeugs angeordnet. In den Speichern sind mehrere Module mit drei verschiedenen Größen verbaut, die im Aufbau identische Zellgrößen, Strukturen und Subkomponenten aufweisen und sich somit vor allem in ihrer Zellenzahl voneinander unterscheiden. Die drei Speichereinheiten stellen dem 125 kW starken Elektromotor des BMW ActiveE eine Energiemenge von 30 kWh zur Verfügung.

Die in beiden Modellen eingesetzten Lithium-Ionen-Zellen zeichnen sich durch eine hohe Energiedichte und Zyklusfestigkeit aus. Um die Möglichkeiten eines Baukastensystems noch effektiver nutzen zu können, arbeitet die BMW Group in Kooperation mit anderen Automobilherstellern an gemeinsamen Standards für die Größe der einzelnen Batteriezellen. Durch diese Vereinheitlichung und eine Produktion in großen Stückzahlen kann eine erhebliche Kostenreduzierung bewirkt werden. Bislang entfallen bei einem Hybrid-Modell rund 60 und bei einem Elektrofahrzeug bis zu 75 Prozent der Kosten für das elektrische Antriebssystem allein auf die Batteriezellen.

### **Mehr Leistung und Reichweite durch BMW Group Innovationen für Elektrik, Batteriemangement, Gehäuse und Kühlung.**

Für eine umfassende Optimierung des HochvoltSpeichers nutzt die BMW Group ihre Technologiekompetenz auch bei der Entwicklung weiterer Komponenten des Batteriesystems. Dazu gehören spezifische Komponenten, die die Verbindung der Zellen untereinander sowie des Batteriesystems mit dem Fahrzeug sicherstellen ebenso wie das integrierte Steuergerät und zellnahe Elektronikbauteile einschließlich Sensoren für das Batteriemangement. Mit einem besonders leistungsfähigen Batteriemangement werden neben der Sicherheitsüberwachung auch die Betriebssteuerung sowie eine präzise Zustandserkennung und verschiedene Diagnosefunktionen gewährleistet.

Für einen umfassenden Schutz des HochvoltSpeichers vor Umwelteinflüssen und eine strukturfeste Integration in das Fahrzeug sorgt das von der BMW Group entwickelte Batteriegehäuse einschließlich der modellspezifischen Befestigungselemente. Ebenso werden die HochvoltSpeichersysteme mit

einer gezielt an den Anforderungen der Fahrpraxis orientierten Kühlung ausgestattet. Die Temperatur eines Batteriesystems erhöht sich sowohl durch die Verlustleistung im Betrieb als auch durch einen äußeren Wärmeeintrag infolge von hohen Außentemperaturen. Daher werden Lithium-Ionen-Speicher beim Einsatz in Fahrzeugen in der Regel mit einem Kühlsystem für die Batteriezellen ausgestattet.

Das Konzept der Eigenentwicklung und die Steigerung der Fertigungskompetenz im Bereich der Hochvoltspeichersysteme ermöglichen es der BMW Group, ihre Technologiekompetenz in besonderem Maße dafür einzusetzen, durch effektives Batteriemangement, intelligente Betriebsstrategien und ein optimales Wärmemanagement sowohl die Leistungsausbeute als auch die Reichweite und Lebensdauer der Batterie zu maximieren. Darüber hinaus wird das hohe Qualitätsniveau der Speichersysteme auch durch die enge Abstimmung zwischen Komponentenentwicklung und Fertigung gewährleistet.

### **BMW Group entwickelt Leistungselektronik nach Maß.**

Auch die für das Zusammenwirken von Batterie und Elektromotor zuständige Leistungselektronik wird von der BMW Group für jedes Fahrzeug nach Maß entwickelt. Die Leistungselektronik dient sowohl als Inverter bei der Versorgung des Elektromotors mit Strom aus der Batterie als auch als Spannungswandler im Wechselspiel zwischen dem Hochvoltspeicher und dem 12-Volt-Bordnetz. Eine leistungsfähige Software regelt zudem den möglichst effizienten Stromfluss zwischen der Batterie und der in Schubphasen auch als Generator wirkenden E-Maschine. Bei Plug-in-Hybrid- und bei reinen Elektro-Fahrzeugen wird darüber hinaus die Funktion des Ladegeräts in die Leistungselektronik integriert.

Bei allen Aufgaben muss die Leistungselektronik die erforderlichen Stromflüsse variabel und situationsgerecht regeln. So schwanken die aus dem Bordnetz gestellten Leistungsanforderungen je nach Fahrsituation zwischen mehreren Hundert Watt und zwei bis drei Kilowatt. Die E-Maschine eines rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugs beansprucht Energie für Dauerleistungen zwischen 20 und 60 kW, in besonders dynamischen Fahrsituationen werden kurzzeitig deutlich höhere Werte erreicht. In ihrer Funktion als Ladegerät für die Batterie agiert die Leistungselektronik je nach dem Angebot aus der Steckdose in einer Bandbreite zwischen drei und bis zu 20 kW. Inverter, Spannungswandler und Ladeelektronik benötigen ein speziell auf die Anforderungen abgestimmtes Kühlsystem, um dauerhaft und effizient mit optimaler Betriebstemperatur arbeiten zu können.

## **Elektromotor: Mit führender Technologiekompetenz zum optimalen Wirkungsgrad.**

Auch bei der Entwicklung von Elektromotoren setzt die BMW Group auf unternehmensspezifische Lösungen und bringt dabei die weltweit führende Technologiekompetenz auf dem Gebiet der Antriebssysteme auch bei der Erzeugung von Fahrfreude aus Strom zur Geltung. Ähnlich wie die Benzin- und Dieselmotoren zeichnen sich auch die von der BMW Group konzipierten E-Maschinen durch einen herausragend hohen Wirkungsgrad aus. Darüber hinaus bietet die Entwicklungsstrategie die Möglichkeit, für jedes Hybrid- und Elektromodell eine auf den individuellen Fahrzeugcharakter abgestimmte Ausführung des E-Antriebs zu realisieren. Unabhängig davon setzt jede Variante im Portfolio der Elektroantriebe nicht nur mit ihrem Wirkungsgrad und ihrer Leistungsentfaltung Maßstäbe, sondern bietet auch hinsichtlich ihres Akustik- und Schwingungsverhaltens überlegene Qualitäten, die dem Premium-Niveau der Marken der BMW Group entsprechen.

Bei der Auswahl eines Konstruktionsprinzips, mit dem sich die höchsten Anforderungen an ein Antriebssystem im Premium-Segment erfüllen lassen, hat sich die BMW Group für die Entwicklung einer sogenannten Hybrid Synchron Maschine (HSM) entschieden. Elektromotoren dieser Bauart bieten durch ihr besonders günstiges Verhältnis zwischen Leistung und Gewicht ideale Grundvoraussetzungen für effiziente Mobilität. Ein weiterer Vorteil neben der überlegenen Leistungsdichte ist der hohe Wirkungsgrad im Fahrbetrieb. In ihrem Gesamtwirkungsgrad übertrifft die Hybrid Synchron Maschine die bei anderen Herstellern üblichen Asynchron- und durch Oberflächenmagneten permanent erregten Synchron-Maschinen um bis zu fünf Prozent. Darüber hinaus zeichnet sich ein Elektromotor nach dem HSM-Prinzip dadurch aus, dass er über einen besonders breiten Lastbereich hinweg einen Wirkungsgrad von mehr als 95 Prozent erreicht. Dadurch kann im direkten Vergleich mit Elektromotoren anderer Bauart mit gleicher Batterietechnik eine deutlich erhöhte Reichweite erzielt werden.

Ein charakteristisches Merkmal für Elektromotoren ist ihr aus dem Stand heraus verfügbares hohes Drehmoment. Trotz dieser prinzipbedingten Eigenschaft ergeben sich auch bei E-Maschinen Unterschiede im Ansprechverhalten. Um dem sowohl BMW als auch MINI typischen Charakter in der Leistungsentfaltung auch bei Elektrofahrzeugen gerecht zu werden, messen die E-Maschinen-Entwickler sowohl einem spontanen Ansprechverhalten als auch einem bis in hohe Lastbereiche hinein stabilen Drehmoment eine besondere Bedeutung bei. Die Hybrid Synchron Maschine weist auch bei diesen Kriterien deutliche Vorteile gegenüber Elektroantrieben anderer Bauart auf. Darüber hinaus zeichnet sich der von der BMW Group entwickelte Elektromotor durch einen besonders ruhigen und vibrationsarmen

Lauf aus. Auf diesem Gebiet nutzt BMW konsequent Synergien aus der Entwicklung und Produktion von besonders lafruhigen Verbrennungsmotoren. Damit erfllt die Hybrid Synchron Maschine auch hinsichtlich ihres Akustik- und Schwingungsverhaltens die Anspruche an ein Antriebssystem fr Premium-Automobile.

## 2.4 Intelligenter Leichtbau als Entwicklungsprinzip für Efficient Dynamics: Neue Perspektiven zur Gewichtsoptimierung.

Dank Efficient Dynamics gelingt es der BMW Group, die Verbrauchs- und Emissionswerte aktueller und zukünftiger Modelle kontinuierlich zu senken und dabei zugleich den durch Dynamik und Agilität gekennzeichneten Fahrspaß weiter zu steigern. Darüber hinaus werden auch zusätzliche Anforderungen zum Beispiel an die aktive und passive Sicherheit sowie an den Fahrkomfort berücksichtigt. Bei der Auflösung des Zielkonflikts zwischen den vielfältigen Ansprüchen an Fahrzeuge des Premium-Segments und dem Streben nach maximaler Effizienz spielt neben der Wirkungsgradoptimierung im Antriebssystem vor allem die Gewichtsoptimierung eine zentrale Rolle. Das Konzept des intelligenten Leichtbaus schafft ideale Voraussetzungen, um den unverwechselbaren Charakter eines BMW oder MINI Modells bei einem möglichst geringen Fahrzeuggewicht zu realisieren.

Das Prinzip des intelligenten Leichtbaus kommt in allen Bereichen der Automobilentwicklung – vom Karosserie- und Motorenbau über die Fahrwerkstechnik bis zur Innenraumgestaltung – zum Tragen und wird konsequent verfolgt. Bereits in der Vorentwicklungsphase hat die BMW Group einen Prozessschritt etabliert, der innovative Ideen für alternative Materialien oder Konstruktionsweisen generiert, mit denen sich das Gewicht eines Fahrzeugs optimieren lässt. Innovative Fertigungsverfahren erweitern die Spannbreite der einsetzbaren Lösungen. Neben neuartigen Metalllegierungen und Kunststoffen, nachwachsenden Rohstoffen und Schäumen werden in zunehmendem Maße auch Verbundwerkstoffe und hybride Werkstoffsysteme genutzt.

Die Anforderungen, die an jede Leichtbau-Lösung gestellt werden, sind anspruchsvoll. Jedes neue Material muss hinsichtlich Funktionalität und Zuverlässigkeit mindestens das Niveau des bisher verwendeten Werkstoffs erreichen und dabei signifikant leichter sein. Zudem werden auch der Herstellungsaufwand einschließlich Energie- und Rohstoffbilanz sowie die Recyclingfähigkeit in die Gesamtbewertung einbezogen. So wurde beispielsweise die Nutzung neuartiger Verbundwerkstoffe erst nach der Entwicklung moderner Recyclingverfahren möglich. Sie stellen sicher, dass



auch Werkstoff-Kombinationen nach ihrer Nutzung vollständig wiederverwertet werden können.

### **Mehr Sicherheit, einzigartige Agilität, optimiertes Gewicht: Innovativer Materialmix im Karosseriebau.**

Ein beeindruckendes Beispiel für die Fortschritte, die durch intelligenten Leichtbau bei der Optimierung des Karosseriegewichts erzielt werden können, stellt die neue BMW 5er Reihe dar. Bei der Entwicklung von Limousine und Touring waren gegenüber dem Vorgängermodell deutlich verschärfte Sicherheitsanforderungen zu berücksichtigen, zugleich galt es, die für einen BMW 5er typische Charakteristik hinsichtlich Agilität und Komfort weiter zu schärfen.

Im Vergleich zum Vorgängermodell wurde die mittlere Festigkeit der Karosseriestruktur der neuen BMW 5er Limousine um 55 Prozent gesteigert. Darüber hinaus weist das neue Modell die für BMW typische Gewichtsverteilung im Verhältnis von nahezu 50 : 50 zwischen Vorder- und Hinterachse auf. Die hohe Festigkeit der Karosserie und die harmonische Achslastverteilung gehen mit einem optimierten Gesamtgewicht einher und wirken sich daher positiv sowohl auf die Effizienz als auch auf das agile Fahrverhalten des neuen BMW 5er aus.

Die Auflösung des Zielkonflikts zwischen Crashesicherheit und Komfort auf der einen sowie Gewichtsoptimierung, Agilität und Effizienz auf der anderen Seite wurde durch einen präzise definierten Materialmix erreicht. Der neue BMW 5er verfügt über Türen, vordere Seitenwände und eine Motorhaube aus Aluminium. Allein durch den Einsatz von Aluminium-Türen wurde eine Gewichtsreduzierung im Vergleich zur herkömmlichen Stahlbauweise von 23 Kilogramm je Fahrzeug erzielt. Für die Trägerstrukturen wurde zudem ein gegenüber dem Vorgängermodell deutlich höherer Anteil von warm umgeformtem Stahl genutzt. Diese hochfesten Stahlqualitäten, die einen aufwändigeren Verarbeitungsprozess erfordern, machen es möglich, mit geringerem Materialeinsatz und daher auch mit reduziertem Gewicht höhere Festigkeitsgrade zu realisieren. Durch Fortschritte in der Fertigungstechnik kann der Anteil hochfester Stahlsorten in allen Baureihen mit jeder Modellgeneration weiter erhöht werden. So lassen sich die stetig wachsenden Anforderungen an die Crashesicherheit ohne eine entsprechende Gewichtssteigerung erfüllen.

### **Optimierter Materialeinsatz in der Carbon-Fertigung.**

Beim Einsatz von carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) übernimmt BMW bereits heute eine Vorreiterrolle in der Automobilbranche, die mit der für 2013 angekündigten Serienfertigung der Modelle BMW i3 und BMW i8 massiv

ausgebaut wird. Beide Modelle verfügen über eine aus CFK gefertigte Fahrgastzelle, die extreme Festigkeit mit einem gegenüber Stahl, aber auch Aluminium erheblich geringerem Gewicht kombiniert. Damit hält der bislang vor allem aus dem Formel-1-Rennsport und aus der Luftfahrtindustrie bekannte Werkstoff erstmals Einzug in die Großserienproduktion von Automobilen.

Von der innovativen Bauweise werden mittel- und langfristig nicht nur die unter der neuen Submarke von BMW produzierten Modelle profitieren. Im Rahmen der Fertigungsentwicklung für die Fahrgastzellen der Modelle BMW i3 und BMW i8 wurde ein neuartiges Verfahren zur Weiterverarbeitung der beim Zuschnitt der Kohlenstoffasermatten beziehungsweise -gelege anfallenden Schnittreste konzipiert. Diese können künftig zu 100 Prozent für die Produktion weiterer Karosseriekomponenten genutzt werden. Auf diese Weise wird es möglich, auch andere Modellen mit extrem leichten und hochwertigen Carbon-Bauteilen auszustatten. Die Steigerung des Carbon-Anteils über alle Segmente hinweg wird so zu erheblich geringeren Kosten als bisher möglich.

Die Weiterverarbeitung der Schnittreste erfolgt in einem neu entwickelten Verfahren, in dem Kohlenstofffaser-Fäden unterschiedlicher Länge zu CFK-Matten in der benötigten Größe verwoben und anschließend auf die gleiche Weise wie das Ursprungsmaterial in Kunstharz getränkt und gehärtet werden. Die Festigkeit des auf diese Weise gewonnenen Werkstoffs liegt um ein Mehrfaches über dem Wert von glasfaserverstärktem Kunststoff. Sie erreicht damit den Festigkeitswert eines herkömmlichen Stahl-Bauteils – bei einem auf weniger als ein Viertel reduzierten Gewicht.

Im Rahmen der Vorentwicklung wurde beispielsweise der Einsatz des weiterverarbeiteten CFK im Prototyp einer Motorhaube für ein BMW M Modell getestet. Die Klappe besteht aus zwei Carbonschichten, die entweder eine Nomex-Kunststoffwabe oder eine aus Recycling-Material bestehende Papierwabe umschließen. Darüber hinaus wurde der Prototyp einer Sitzschale aus dem durch die neue Technik gewonnenen Material gefertigt. Die BMW M GmbH hat bereits umfangreiche Erfahrungen bei der Nutzung von CFK in der Serienentwicklung gesammelt. Aktuell verfügt beispielsweise das BMW M3 Coupé über ein Carbondach.

**Weniger Gewicht, geringere Geräuschemissionen:  
Innovationsschwerpunkt Akustik-Leichtbau im Antriebsbereich.**

Mit kontinuierlich steigenden Aluminium-Anteilen und dem Einsatz des nochmals leichteren Magnesiums im Motorenbau hat die BMW Group auch das durchschnittliche Gewicht der Antriebseinheiten in der jüngsten

Vergangenheit deutlich reduziert. Darüber hinaus arbeiten die Motorenentwickler an innovativen Komponenten, mit denen sich neben dem Gewicht auch die Geräuschemissionen von Otto- und Dieselmotoren weiter reduzieren lassen. Ein Beispiel dafür ist die Akustikkapselung für den Partikelfilter von Dieselmotoren. Sie sorgt für eine sowohl innerhalb als auch außerhalb des Fahrzeugs deutlich wahrnehmbare Senkung des Geräuschniveaus. Dank der wirksamen Kapselung des Partikelfilters kann auf einen Teil der bislang an der Unterbodenverkleidung, der Stirnwand und der Vorderachse eingesetzten Schallisierungen verzichtet werden, sodass das Gesamtgewicht des Fahrzeugs sinkt. Außerdem hat die neue Ummantelung nicht nur einen akustik-, sondern auch einen wärmeisolierenden Effekt. Ein gekapselter Partikelfilter erreicht nach dem Kaltstart schneller seine optimale Betriebstemperatur. Die neue Konstruktionsweise verbessert somit auch die Haltbarkeit des Abgasnachbehandlungssystems.

Eine weitere Akustik-Leichtbau-Maßnahme kommt an der Motorvorderseite zum Einsatz. Eine schallisierende Abdeckung des Riementreibs, das sogenannte Motorfrontschott, absorbiert dort die aus dem Kurbelgehäuse und dem Zylinderkopf dringenden, hochfrequenten und daher als unangenehm empfundenen Antriebsgeräusche. Das für das Motorfrontschott genutzte Schaumstoff-Material zeichnet sich durch ein besonders geringes Gewicht und zugleich durch eine ausgeprägte Fähigkeit zur Schallabsorbierung aus.

Für eine unmittelbar an der Geräuschquelle wirkende Schallisierung sorgt auch die Kapselung der Ölwanne. Vor allem aus Metall gefertigte Ölwannen erweisen sich, angeregt vom Kurbelgehäuse und von der Kurbelwelle, als ideale Resonanzkörper. Dieser unerwünschte Effekt wird nun mit einer aus Faserwerkstoff und einer Formschaumschicht zusammengesetzten Isolierung kompensiert. Aufgrund der gezielten Materialkombination werden die auftretenden Schallemissionen nicht nur wirkungsvoll gedämpft, sondern auch absorbiert.

### **Fahrwerkskomponenten: Gewicht reduziert, Fahrfreude und Effizienz gesteigert.**

Durch eine besonders große Vielfalt und einen direkten positiven Einfluss auf die Fahrfreude zeichnen sich die Leichtbau-Maßnahmen im Bereich des Fahrwerks aus. Jede Reduzierung der ungefederten und besonders der rotierenden Massen wirkt sich unmittelbar auf die Agilität des Fahrzeugs aus. Daher misst die BMW Group der Gewichtsoptimierung im Bereich der Radaufhängung, Radführung und der Bremssysteme eine besonders hohe Bedeutung bei. Mit der bereits seit 1996 erfolgten Einführung von nahezu vollständig aus Aluminium gefertigten Fahrwerken setzt BMW in allen

Segmenten Maßstäbe für Agilität und Fahrfreude. Darüber hinaus bietet die gewichtsoptimierte Fahrwerkstechnik ideale Voraussetzungen für eine weiter verbesserte Komfortabstimmung, für kürzere Bremswege und für reduzierte Lasteinträge in den Fahrzeugaufbau.

Zu den bei aktuellen BMW Serienmodellen realisierten Leichtbaumaßnahmen gehören unter anderem die gewichtsoptimierten Antriebswellen mit Stirnverzahnung (Gewichtsreduzierung: 0,8 Kilogramm je Fahrzeug bei Modellen mit BMW xDrive), ein Lenksäulen-Gehäuse aus Magnesium (bis zu 2,0 Kilogramm) sowie ein aus Kunststoff gefertigter Fußhebel-Lagerbock und ein Kunststoff-Kupplungspedal (bis zu 1,5 Kilogramm). Mit einem Stabilisator-Haltebügel und einer Pendelstütze aus faserverstärktem Kunststoff wird das Fahrzeuggewicht jeweils um 0,4 Kilogramm reduziert. Ein Getriebequerträger aus glasfaserverstärktem Thermoplast ist um 1,0 Kilogramm leichter als das bisher verwendete Aluminium-Bauteil.

Auch für den Einsatz in näherer Zukunft arbeiten die Entwickler der BMW Group im Rahmen eines fahrwerksübergreifenden Vorentwicklungsprojekts an gewichtsoptimierenden Innovationen, mit denen eine weitere Massereduzierung im Umfang von mehr als 20 Kilogramm zu erzielen ist. So befinden sich beispielsweise Tragfedersysteme aus glasfaserverstärktem Kunststoff, die jedes Fahrzeug um bis zu sechs Kilogramm leichter machen, sowie eine besonders gewichtsreduzierte Hochleistungsbremse im Vorentwicklungsstadium. Die aus einem Aluminium-Festsattel und einer Fachwerk-Leichtbau-Bremsscheibe bestehende Konstruktion reduziert das Fahrzeuggewicht um rund 8,0 Kilogramm gegenüber den bereits in Serienfahrzeugen verwendeten Bremsanlagen, bei denen Leichtbau-Bremsscheiben mit Aluminiumtopf und Aluminium-Faustsättel eingesetzt werden.

## 2.5 Fahrfreude und Effizienz in einer neuen Dimension: Der neue BMW X1 xDrive28i mit BMW TwinPower Turbo.

Sein ausdrucksstarkes, sportlich-elegantes Design, überragende Agilität, hochwertige Funktionalität und innovative Ausstattungsmerkmale haben den BMW X1 zum Vorreiter für Fahrfreude im Premium-Kompaktsegment gemacht. Jetzt leistet der BMW X1 auch bei der Umsetzung der Entwicklungsstrategie BMW EfficientDynamics Pionierarbeit. Der neue BMW X1 xDrive28i ist das erste Modell der Marke, das von einem Vierzylinder-Ottomotor mit BMW TwinPower Turbo Technologie, bestehend aus Direkteinspritzung (High Precision Injection), Aufladung nach dem Twin-Scroll-Prinzip, variabler Nockenwellensteuerung Doppel-VANOS und variabler Ventilsteuerung VALVETRONIC, angetrieben wird.

Die Einführung dieses Technologiepakets kennzeichnet den mit dem neuen BMW X1 xDrive28i eingeläuteten Generationswechsel bei den 2,0 Liter-Ottomotoren von BMW. Die neue, 180 kW/245 PS starke Antriebseinheit kombiniert die gegenüber dem Vorgängermotor nochmals gesteigerte Durchzugskraft mit deutlich reduzierten Verbrauchs- und Emissionswerten. Der neue BMW X1 xDrive28i bringt diesen doppelten Fortschritt auf beeindruckende Weise zur Geltung. Für den Spurt von null auf 100 km/h benötigt er 6,1 Sekunden (Automatik: 6,5 Sekunden) und damit 0,7 Sekunden (0,3 Sekunden) weniger als das ausschließlich mit Automatikgetriebe angebotene Vorgängermodell. Sein Durchschnittsverbrauch im EU-Testzyklus verringert sich um 1,5 Liter beziehungsweise 16 Prozent auf 7,9 Liter je 100 Kilometer. Der CO<sub>2</sub>-Wert beträgt 183 Gramm pro Kilometer.

Der neue BMW X1 xDrive28i ist serienmäßig mit einem Sechsgang-Handschatgetriebe ausgestattet. Seine serienmäßige BMW EfficientDynamics Technologie umfasst unter anderem die Bremsenergie-Rückgewinnung, die Schaltpunktanzeige, die Auto Start Stop Funktion und bedarfsgerecht gesteuerte Nebenaggregate. Optional ist ein Achtgang-Automatikgetriebe verfügbar, das sich durch einen außergewöhnlich günstigen inneren Wirkungsgrad auszeichnet. So weist der neue BMW X1 xDrive28i sowohl mit Handschaltung als auch mit Automatikgetriebe übereinstimmende Verbrauchs- und Emissionswerte auf.



Der serienmäßige Allradantrieb BMW xDrive sorgt im neuen BMW X1 xDrive28i mithilfe einer elektronisch gesteuerten Lamellenkupplung für eine variable Verteilung des Antriebsmoments zwischen Vorder- und Hinterachse. Das intelligente Allradsystem ist mit der Fahrstabilitätsregelung DSC (Dynamische Stabilitäts Control) vernetzt und reagiert frühzeitig auf jede Tendenz zum Über- oder Untersteuern. So fördert es neben der Traktion auf rutschigem oder unbefestigtem Untergrund auch die Fahrdynamik in Kurven.

### **Der Motor: Neuer Maßstab für Effizienz und Dynamik.**

BMW X Modelle bieten eine besondere Ausprägung der markentypischen Freude am Fahren. Der BMW X1 xDrive28i kombiniert dieses Erlebnis mit einer im Wettbewerbsumfeld seiner Leistungsklasse unübertroffenen Effizienz. Sportliche Kraftentfaltung auf einem Niveau, das bislang nur von Sechszylinder-Motoren erreicht wurde, geht mit herausragend günstigen Verbrauchs- und Emissionswerten einher.

Ermöglicht wird dies durch den Einsatz eines 2,0 Liter großen Vierzylinder-Ottomotors der neuesten Generation, der sich durch einen wegweisenden Einsatz von innovativen Technologie-Komponenten auszeichnet. Aus einem Hubraum von 1 997 cm<sup>3</sup> und mit der weltweit einzigartigen BMW TwinPower Turbo Technologie, die ein Aufladesystem nach dem Twin-Scroll-Prinzip, Direkteinspritzung High Precision Injection, Doppel-VANOS und VALVETRONIC umfasst, erzeugt das neue Triebwerk eine Höchstleistung von 180 kW/245 PS bei einer Motordrehzahl von 5 000 min<sup>-1</sup>. Damit übertrifft die Antriebseinheit des neuen BMW X1 xDrive28i den Wert des bislang stärksten 2,0 Liter-Ottomotors von BMW um 55 kW.

### **Premiere: BMW TwinPower Turbo jetzt auch im Vierzylinder.**

Im Vergleich zu einem ähnlich leistungsstarken Sechszylinder-Motor fällt der mit einem Vollaluminium-Kurbelgehäuse einschließlich der aus dem Motorsport abgeleiteten Bedplate-Konstruktion ausgestattete Antrieb kompakter und leichter aus. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Effizienz und dank der geringeren Vorderachslast auch auf die Agilität des BMW X1 xDrive28i aus.

Auch die Durchzugskraft des neuen Antriebs übertrifft das Niveau der bisher eingesetzten Saugmotoren. Sein maximales Drehmoment beträgt 350 Newtonmeter und steht bereits bei einer Motordrehzahl von 1 250 min<sup>-1</sup> zur Verfügung. Dadurch ist ein besonders spontanes Ansprechverhalten gewährleistet. Der neue Motor sorgt bereits unmittelbar oberhalb der Leerlaufdrehzahl für eine faszinierend temperamentvolle Kraftentfaltung, die sich gleichförmig bis in höhere Lastbereiche fortsetzt. Die Höchstgeschwindigkeit des neuen BMW X1 xDrive28i beträgt 240 km/h.

Das Aufladesystem des neuen Antriebs entspricht dem TwinScroll Prinzip, bei dem sowohl im Abgaskrümmers als auch im Turbolader selbst die Kanäle von jeweils zwei Zylindern voneinander getrennt sind. Die Abgasströme werden dabei spiralförmig zum Turbinenrad geführt. Daraus resultiert ein besonders geringer Abgasgegendruck bei niedrigen Drehzahlen. So wird die Dynamik der pulsierenden Gasströme ideal genutzt, um die Laderschaufeln verzögerungsfrei und kraftvoll in Bewegung zu versetzen. Dies führt zu spontanen Reaktionen auf jede Gaspedalbewegung und einer sich frühzeitig entwickelnden Drehfreude, die für BMW Motoren charakteristisch ist.

### **Mehr Sportlichkeit, weniger Emissionen dank VALVETRONIC, Doppel-VANOS und Direkteinspritzung.**

Auch die vollständig in den Zylinderkopf integrierte variable Ventilsteuerung VALVETRONIC sowie die variable Nockenwellenverstellung für die Einlass- und Auslassseite (Doppel-VANOS) wirken sich positiv auf den Leistungsaufbau aus. Aufgrund ihrer stufenlosen Regelung des Hubs der Einlassventile macht die von BMW patentierte VALVETRONIC die bei früheren Motorgenerationen übliche Drosselklappe überflüssig. Die Steuerung der zur Verbrennung benötigten Luftmasse erfolgt innerhalb des Motors und führt so zu einem deutlich spontaneren Ansprechverhalten. Drosselverluste im Ladungswechsel werden auf ein Minimum reduziert, was auch den Wirkungsgrad der Antriebseinheit begünstigt.

Die für Turbomotoren außergewöhnlich hohe Effizienz des neuen Triebwerks ist darüber hinaus vor allem der Benzin-Direkteinspritzung High Precision Injection zu verdanken. Zentral zwischen den Ventilen angeordnete Magnetventil-Injektoren sorgen mit einem maximalen Einspritzdruck von 200 bar für eine präzise dosierte Kraftstoffzufuhr.

### **Mit Konstruktionsmerkmalen des preisgekrönten Reihensechszylinder-Motors zu neuen Effizienz-Bestwerten.**

In seinen wesentlichen Konstruktionsmerkmalen orientiert sich der neue Antrieb an der jüngsten Generation des BMW Reihensechszylinder-Motors mit BMW TwinPower Turbo Technologie. Das 225 kW/306 PS starke Triebwerk, das unter anderem im neuen BMW X3 xDrive35i zum Einsatz kommt, gilt weltweit als Maßstab für dynamische Kraftentfaltung und beeindruckende Effizienz. Seine besonderen Qualitäten verhalfen ihm beispielsweise zum „Engine of the Year Award“ 2010. Kein anderer 3,0 Liter-Motor erreicht eine vergleichbar günstige Relation zwischen Fahrfreude und Kraftstoffverbrauch. Unter den 2,0 Liter-Triebwerken stellt nun der Motor des neuen BMW X1 xDrive28i eine ähnliche Ausnahmeerscheinung dar.