

# BMW i Innovationstage 2013. Inhaltsverzeichnis.



<b>1. BMW i Innovationstage 2013.</b>	
(Kurzfassung) .....	2
<b>2. BMW i Innovationstage 2013.</b>	
(Langfassung)	
2.1 Beginn einer neuen Ära – der Automobilbau mit CFK. ....	5
2.2 Konsequenz in Sachen Nachhaltigkeit: BMW i3 Produktion in Leipzig mit 100 Prozent CO <sub>2</sub> -freier Stromversorgung. ....	10
2.3 E-Mobilität: Der Weg ist frei. ....	14
2.4 CFK Sicherheit und Reparatur. ....	22

# 1. BMW i Innovationstage 2013. (Kurzfassung)



Mit dem BMW i3 wird die BMW Group noch in diesem Jahr ein elektrisch angetriebenes Serienfahrzeug auf den Markt bringen, das für eine neue, nachhaltige Mobilität im urbanen Raum steht. Als erstes Premium-Elektrofahrzeug stellt sich der BMW i3 damit den gesellschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Herausforderungen unserer Zeit. Das Konzept mit bislang einzigartiger Fahrzeugarchitektur erfordert nicht nur den Einsatz moderner Leichtbaumaterialien, sondern ebenso innovative Produktionsprozesse. Auch hier spielt das Thema Nachhaltigkeit für die BMW Group eine herausragende Rolle. Der BMW i3 war das erste Fahrzeugprojekt, für das Nachhaltigkeitsziele vereinbart wurden, die mit dem gleichen Nachdruck wie Kosten- und Gewichts- oder Qualitätsziele verfolgt wurden. Ziel ist es dabei auch, Umweltauswirkungen aus der Produktion so gering wie möglich zu halten. Im Fokus stehen daher Aspekte wie Energieversorgung und Wasserverbrauch, Lösungsmittlemissionen und Abfallaufbereitung.

## **Carbonfaser-Produktion mit Wind- und Wasserkraft.**

Schon bei der Herstellung und Verarbeitung von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) legt BMW größten Wert auf Umwelt- und Ressourcenschonung sowie auf möglichst regenerativ erzeugte Stromversorgung. Dabei hat die BMW Group von der Faserproduktion bis hin zum Recycling der Fasern und Verbundstoffe Durchgriff auf sämtliche Prozessschritte. Das zeigt die hochmoderne CFK-Produktionskette besonders deutlich, die im amerikanischen Moses Lake beginnt und über Wackersdorf und Landshut bis zur Endfertigung in Leipzig reicht. In Moses Lake wird beispielsweise der benötigte Strom umweltfreundlich aus 100 Prozent Wasserkraft gewonnen, der Strombedarf im Werk Leipzig vollständig aus selbst erzeugter Windenergie gedeckt.

## **BMW Werk Leipzig: Strom zu 100 Prozent aus Windenergie.**

Das BMW Werk Leipzig präsentiert sich gleich in mehrfacher Hinsicht als einzigartig. So wird der für die Produktion benötigte Strom direkt vor Ort durch Windkraft erzeugt. Dabei liefern die vier auf dem Werksgelände installierten Windkraftanlagen mehr Strom, als für die Fertigung der BMW i Modelle in Leipzig erforderlich ist. Neben der CO<sub>2</sub>-freien Stromversorgung setzt das Werk weitere Bestmarken: Im Vergleich zum bereits sehr effizienten BMW Produktionsdurchschnitt konnten bei der BMW i Fertigung noch einmal 50 Prozent Energie und 70 Prozent Wasser eingespart werden.

### **CFK-Serienfertigung: hohe Prozesssicherheit, schnelle Taktzeiten.**

Im BMW Werk Leipzig setzt die Serienfertigung des BMW i3 nicht nur in Hinblick auf den Umweltschutz neue Maßstäbe. Der Einsatz von Carbon-Komponenten ist für die automobilen Großserienproduktion einzigartig, denn bisher galt die großflächige Verwendung von CFK als zu teuer, die Verarbeitung und Fertigung als zu aufwendig und nicht flexibel genug. Doch nach über zehn Jahren intensiver Forschungsarbeit und Optimierung der Prozesse, Materialien, Anlagen und Werkzeuge verfügt die BMW Group als einziger Automobilhersteller über das erforderliche Know-how, um CFK in der Großserienproduktion einzusetzen. Dabei ist der Prozess einmalig, die Taktzeiten auch für komplexe CFK-Komponenten sind ungewöhnlich kurz. Gleiches gilt für das eigens entwickelte Klebverfahren, mit dem die einzelnen Bauteile im Karosseriewerk voll automatisiert zusammengefügt werden.

### **Weltweit einmaliges Recyclingkonzept.**

Schließlich hat die BMW Group im Laufe der BMW i Entwicklungsarbeit ein weltweit einmaliges Recyclingkonzept für CFK-Bauteile, Karosserieteile und sortenreine Produktionsabfälle bis zur Serientauglichkeit entwickelt. In verschiedenen Verfahren werden die hochwertigen Wertstoffe wiederverwertet und entweder dem Produktionsprozess erneut zugeführt oder in anderen Anwendungen eingesetzt, um wertvolle Ressourcen zu schonen. Auch für ausgemusterte Energiespeicher hat BMW eine sinnvolle Zweitverwendung vorgesehen.

### **E-Mobilität: Der Weg ist frei.**

Mit einer Reichweite von bis zu 160 Kilometer erfüllt der BMW i3 die Mobilitätsansprüche seiner Nutzer in Ballungsräumen. Das Aufladen selbst gestaltet sich denkbar einfach und kann zu Hause, am Arbeitsplatz oder an öffentlichen Ladesäulen gleichermaßen erfolgen. Zudem hält BMW i unter dem Label 360° ELECTRIC ein umfassendes Produkt- und Service-Angebot bereit, das individuelle Kundenbedürfnisse abdeckt. Schließlich treibt BMW i zusammen mit verschiedenen Partnern den Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur inklusive komfortabler Reservierungs- und Bezahlssysteme mit Hochdruck voran.

### **eDrive: zuverlässig, sicher und langlebig.**

Zuverlässigkeit und Sicherheit der elektrischen Komponenten spielen für die BMW Group selbstverständlich eine wichtige Rolle. Gut zu wissen, dass die Lithium-Ionen-Batterie des BMW i3 mindestens ein ganzes Fahrzeugleben hält. Dafür sorgen beispielsweise ein intelligentes Batteriemanagement sowie ein eigens entwickeltes, effektives Heiz-/Kühlsystem. Zudem erfüllt der BMW i3 wie alle BMW Fahrzeuge die hohen Ansprüche des Unternehmens, die über die gesetzlichen Anforderungen noch hinausgehen.

### **Service- und Reparaturfreundlichkeit auf bekanntem Niveau.**

Selbst im höchst unwahrscheinlichen Fall einer Störung können fehlerhafte Komponenten ermittelt, einzelne Module oder die komplette Batterie ausgetauscht werden. Ähnliches gilt auch für Schäden an der Karosserie, die infolge eines Unfalls entstehen. Denn die Reparaturfreundlichkeit des BMW i3 stand schon in der Konzeptionsphase des Fahrzeugs ganz oben im Lastenheft. So hat BMW speziell für die Kunststoffbeplankung und die CFK-Bauteile des BMW i3 zeitsparende Reparaturmethoden entwickelt. Im Ergebnis liegen die kompletten Unfallinstandsetzungskosten auf gleicher Höhe wie bei einem BMW 1er.



## 2. BMW i Innovationstage 2013. (Langfassung)

### 2.1 Beginn einer neuen Ära – der Automobilbau mit CFK.

Konsequenter Leichtbau ist besonders bei Fahrzeugen mit Elektroantrieb von großer Bedeutung, denn neben der Batteriekapazität ist das Fahrzeuggewicht der limitierende Faktor bei der Reichweite. Je leichter ein Fahrzeug ist, desto größer wird die Reichweite, schon weil der Elektromotor beim Beschleunigen weniger Masse in Bewegung setzen muss. Und gerade in der Stadt wechseln Brems- und Beschleunigungsphasen einander häufig ab. Neben höheren Reichweiten bedeutet ein niedriges Fahrzeuggewicht aber auch weniger Energieverbrauch und ein Plus an Fahrdynamik. Zudem kann dann die Batterie kleiner ausfallen.

#### **Industrialisierung der CFK-Produktion.**

Um das Mehrgewicht der elektrischen Komponenten zu kompensieren, setzt BMW i bei seinen Fahrzeugen daher konsequent auf Leichtbau und innovativen Materialeinsatz. Zudem wurden Konzept und Produktion des Autos schon im Ansatz komplett neu definiert. Das Life-Modul – also die Fahrgastzelle des künftigen BMW i3 – besteht hauptsächlich aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff, kurz: CFK. Der Einsatz des leichten und crashsicheren Hightech-Werkstoffs in dieser Größenordnung ist für die Großserienproduktion eines Fahrzeugs einzigartig, denn bisher galt die großflächige Verwendung von CFK als zu teuer, die Verarbeitung und Fertigung als zu aufwendig und nicht flexibel genug. Doch BMW hat das Potenzial des Werkstoffs früh erkannt. Und nach über zehn Jahren intensiver Forschungsarbeit und Optimierung der Prozesse, Materialien, Anlagen und Werkzeuge verfügt die BMW Group als einziger Automobilhersteller über das erforderliche Know-how für eine industrialisierte CFK-Großserienproduktion. Wie ausgereift der Produktionsprozess heute ist, zeigt sich vor allem in der erreichten Prozesssicherheit, den schnellen Taktzeiten und der hohen Qualitätsgüte der produzierten CFK-Bauteile.

Gleichwohl erfordern Leichtbauwerkstoffe wie Aluminium oder Carbonfasern bei ihrer Herstellung einen höheren Energieaufwand als beispielsweise Stahl. Deswegen legt BMW bei Herstellung und Verarbeitung größten Wert auf Ressourcenschonung und eine weitgehend CO<sub>2</sub>-freie Stromversorgung. Im Fokus stehen hierbei der Energie- und Wasserverbrauch, das Prozessabwasser, die Lösungsmittlemissionen und der Abfall. Dabei sind die Einsparungen eine direkte Folge des neuen Produktionskonzepts. Hier hat die BMW Group zusammen mit dem angeschlossenen Joint Venture SGL

Automotive Carbon Fibers (ACF) von der Faserproduktion bis hin zum Recycling der Fasern und Verbundstoffe (siehe Kapitel 2.4) als „Besitzer“ sämtlicher Prozessschritte eine einzigartige Position in der Industrie.

### **Moses Lake: Carbonfaser-Herstellung mit Wasserkraft.**

Aus einem sogenannten Precursor, einer thermoplastischen Textilfaser aus Polyacrylnitril, entsteht bei der SGL ACF im amerikanischen Moses Lake die Carbonfaser. Dazu werden sämtliche Elemente der Faser in einem komplexen, mehrstufigen Prozess gasförmig abgespalten, bis nur noch eine aus nahezu reinem Kohlenstoff bestehende Faser mit stabiler Graphitstruktur vorliegt. Diese ist lediglich sieben Mikrometer (0,007 Millimeter) dünn, ein menschliches Haar dagegen misst rund 50 Mikrometer. Für die Verwendung im Automobilbereich werden anschließend ca. 50.000 dieser Einzelfilamente zu sogenannten „rovings“ oder „heavy tows“ zusammengefasst und für die Weiterverarbeitung aufgewickelt. Neben den automobilen Anwendungen kommen die Faserverbünde der genannten Stärke zum Beispiel auch in großen Rotorblättern von Windenergieanlagen zum Einsatz.

Schon bei der Herstellung der Carbonfasern in Moses Lake wird die Produktionsenergie ausschließlich regenerativ aus lokal verfügbarer Wasserkraft gewonnen und ist damit zu 100 Prozent CO<sub>2</sub>-frei. Auch in Sachen Energieeffizienz setzt das hochmoderne Werk im US-Bundesstaat Washington Maßstäbe. Im Vergleich zur konventionellen CFK-Produktion beträgt die Einsparung an CO<sub>2e</sub> (Treibhauspotenzial) rund 50 Prozent. Damit der BMW i3 Ende 2013 in Leipzig planmäßig vom Band rollen kann, läuft die Produktion der ultraleichten Hightech-Fasern bereits seit Ende 2011. Zwei Produktionslinien mit einer Kapazität von aktuell je 1.500 Tonnen pro Jahr sorgen für den erforderlichen Nachschub. Damit liefern die Anlagen schon heute rund zehn Prozent der weltweiten CFK-Produktion.

Die beiden Muttergesellschaften BMW Group und SGL Group haben bislang rund 100 Millionen US-Dollar in die Fertigungsanlage in Moses Lake investiert und 80 neue Arbeitsplätze geschaffen.

### **Wackersdorf: Verarbeitung zu textilen Gelegen.**

Am zweiten Standort des Joint Venture, im Innovationspark Wackersdorf, werden die in Moses Lake produzierten Faserbündel im industriellen Maßstab zu leichten textilen Gelegen weiterverarbeitet. Anders als bei Geweben sind die Fasern nicht miteinander verschränkt oder verwoben, sondern in einer Ebene nebeneinander angeordnet. Eine Gewebestruktur würde die Faser krümmen und die hervorragenden Eigenschaften teilweise reduzieren. Denn erst die Faserorientierung im Gelege gewährleistet die optimalen Eigenschaften des späteren Bauteils.

Nach einer Investition von 20 Millionen Euro und der Schaffung von rund 100 neuen Arbeitsplätzen können am Standort Wackersdorf schon heute mehrere tausend Tonnen Carbonfaser-Gelege pro Jahr hergestellt werden. Diese bilden das Ausgangsmaterial für die Herstellung von CFK-Bauteilen und CFK-Komponenten in den BMW Werken in Landshut und Leipzig.

### **Landshut: Weiterverarbeitung zu CFK-Komponenten.**

Die aus Wackersdorf angelieferten Carbonfaser-Gelege werden in den Presswerken in Landshut und Leipzig zu CFK-Karosserieteilen weiterverarbeitet. In Landshut ist es den Spezialisten der BMW Group gelungen, den Fertigungsprozess für CFK-Bauteile in den letzten zehn Jahren so weiterzuentwickeln und zu automatisieren, dass heute eine wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Großserienfertigung mit hoher Prozesssicherheit möglich ist. Schon seit geraumer Zeit werden in Landshut die Dächer für die BMW Modelle M3 und M6 sowie die Stoßfängerträger des M6 in industrialisierter CFK-Produktion gefertigt.

Nach einer Investition von 40 Millionen Euro und dem Start der Carbon-Produktion mit rund 100 Mitarbeitern im März 2012 gilt der Standort Landshut als das entscheidende Innovations- und Produktionszentrum für CFK-Komponenten. Um das hohe technische Know-how bei der Verarbeitung von innovativen Leichtbauwerkstoffen zu sichern, setzt man in Landshut auf den eigenen Nachwuchs. Deshalb wurde die Zahl der Auszubildenden auf jährlich 40 junge Nachwuchskräfte erhöht.

### **Leipzig: eigene Werkstoffherstellung mit variabler Rezeptur.**

Das neu errichtete Presswerk in Leipzig verfügt über modernste Technologie für CFK im Automobilbau. In der für eine industrielle Großserienproduktion dimensionierten Anlage stellt BMW jetzt seine eigenen Kohlefaserverbundwerkstoffe her. Die Rezeptur, also die Zusammensetzung, Festigkeit und Geometrie der CFK-Teile, kann im Presswerk, abhängig von den konstruktiven Vorgaben, individuell jederzeit während des Herstellungsprozesses geändert oder angepasst werden. Das aus Wackersdorf angelieferte zugeschnittene Kohlefasergelege erhält zunächst im sogenannten Preform-Prozess seine spätere Form. Ein Heizwerkzeug verleiht dabei dem Lagenpaket eine stabile, dreidimensionale Form. Mehrere dieser vorgeformten Preform-Rohlinge können dann zu einem größeren Bauteil zusammengefügt werden. So lassen sich beispielsweise großflächige Karosseriebauteile herstellen, die sich in Aluminium oder Stahlblech nur schwer realisieren ließen. Nach dem Konfektionieren und Vorformen folgt der nächste Prozessschritt: das Harzen unter Hochdruck nach dem RTM-Verfahren (**R**esin **T**ransfer **M**oulding). Bei dem aus Luft- und Raumfahrt sowie Boots- und Windräderbau bekannten RTM-Harzinjektionsverfahren werden

die Preform-Rohlinge unter hohem Druck mit flüssigem Harz injiziert. Erst durch die Verbindung der Fasern mit dem Harz und das anschließende Aushärten erhält das Material seine Steifigkeit und damit seine hervorragenden Eigenschaften.

### **Die Industrialisierung der CFK-Produktion hat begonnen.**

Mit einer Zuhaltkraft von bis zu 4.500 Tonnen arbeitet dann das Presswerk nach genau definierten, eigenentwickelten Zeit-, Druck- und Temperaturparametern, bis sich das Harz mit dem Härter vollständig verbunden hat und ausgehärtet ist. Dank dieses speziellen BMW eigenen Herstellungsverfahrens kann auf einen zusätzlichen zeitraubenden Aushärteprozess in separatem Ofen, der üblicherweise einem CFK-Pressvorgang nachgeschaltet wird, verzichtet werden.

Das neue, speziell auf CFK ausgelegte Presswerk ist nicht mehr vergleichbar mit einer konventionellen Stahlblechherstellung. Die produktionsspezifischen Investitionen verfügen über eine wesentlich schlankere Investitionsstruktur. So reduzierte beispielsweise der Wegfall einer klassischen Lackiererei und der kathodischen Tauchbadlackierung deutlich die Baukosten. Das Produktionsverfahren ist zukunftsweisend, es spart enorm Zeit und macht erst die Industrialisierung großer CFK-Verbundbauteile realistisch. Nur so ist es möglich, dass Formteile im einstelligen Minutenbereich aus dem Presswerk kommen.

Selbst komplexe Baugruppen wie zum Beispiel ein kompletter Seitentürrahmen des BMW i3 Life-Moduls verlassen die Anlage mit vielen integrierten Strukturelementen. In bester Produktqualität, tadelloser Funktionalität und mit sehr hoher Passgenauigkeit. Lediglich Feinarbeiten wie das saubere Zuschneiden der Bauteilkontur sowie das Einbringen fehlender Öffnungen sind noch zu erledigen. Dazu werden die Teile mit einer speziellen Wasserstrahlschneideanlage bearbeitet, danach gesandstrahlt und die Klebeflächen für die Weiterverarbeitung aufgeraut. Für einen herkömmlichen Seitenrahmen aus Stahlblech müssten, im Gegensatz zum CFK-Formteil, nacheinander mehrere Innen- und Außenbauteile zusammengesetzt werden. In der Summe benötigt eine normale Stahlblecharchitektur wesentlich mehr Karosserieteile und wäre damit schon konstruktionsbedingt schwerer als das LifeDrive-Modul des BMW i3.

### **Revolution im Karosseriebau mit neuen Präzisionswerkzeugen.**

Die neu produzierten CFK-Verbundbauteile aus dem neuen Presswerk Leipzig sowie angelieferte CFK-Teile aus dem Presswerk Landshut werden in der neuen Karosseriebauhalle zusammengefügt. Aus ca. 150 Teilen, das sind ein Drittel weniger als im konventionellen Stahlblechbau, entsteht hier die Grundform des Life-Moduls eines BMW i3. Es gibt keine Lärmbelästigung

durch Schrauben oder Nieten, keinen Funkenflug beim Schweißen, es kommt ausschließlich modernste Klebetechnik zum Einsatz und die ist zu 100 Prozent automatisiert. Eine Technologie, die nur BMW beherrscht. In dem einzigartigen, von BMW entwickelten Fügeprozess werden dazu die einzelnen Bauteile berührungslos bis auf einen Klebespalt von 1,5 Millimeter zusammengefügt, um nach dem Klebevorgang eine optimale Festigkeit zu gewährleisten. Bei dem neu entwickelten Fertigungsprozess stehen alle Verbindungsbauteile im Life-Modul immer mit gleichem Abstand zueinander und bekommen so die gleiche Menge Klebstoff. Nur diese Präzision garantiert eine perfekte Kraftübertragung zwischen den einzelnen CFK-Bauteilen und somit höchsten Qualitätsstandard in der Großserie. In der Summe ergibt sich pro Auto eine genau definierte Klebestrecke von 160 Meter Länge und 20 Millimeter Breite.

### **Zeitgewinn mit Sekundenkleber.**

Die Herstellung von CFK-Karosseriezellen findet heutzutage gemeinhin nur für Spezialfahrzeuge, im Rennsport und für einzelne extravagante Sportwagen statt. Der Produktionsaufwand spielt bei den kleinen Stückzahlen eine eher untergeordnete Rolle. So kann die Aushärtezeit der Klebeverbindungen schon mal mehr als einen Tag dauern. Um diese Zeitspanne für die Großserienproduktion des BMW i3 zu minimieren, hat BMW den Aushärteprozess extrem beschleunigt.

So kann ein neu entwickelter Klebstoff jetzt nur noch 90 Sekunden nach dem Auftragen auf ein Bauteil bearbeitet werden, bevor er Haftung aufbaut. Nach anderthalb Stunden ist er hart. Diese Eigenschaft entspricht schon einer zehnfachen Beschleunigung eines herkömmlichen Klebeprozesses. Um nun die Aushärtezeit weiter bis in den einstelligen Minutenbereich zu reduzieren, hat BMW einen zusätzlichen thermischen Prozess entwickelt. Dafür werden bestimmte Heftstellen an den zu klebenden CFK-Teilen zusätzlich aufgeheizt, um den Aushärteprozess noch einmal um das 32fache zu beschleunigen.

### **Farbkonzepte bis sechs Tage vor Endmontage wählbar.**

Die in Leipzig hergestellte hochfeste CFK-Fahrgastzelle (Life-Modul) gelangt vom Karosseriebau in die neue Montagehalle und erfährt dort ihre „Hochzeit“ mit dem Aluminium-Drive-Modul. Das aus Dingolfing angelieferte Drive-Grundmodul wird erst in Leipzig komplettiert, bevor mittels einer Schraub-Klebe-Verbindung eine untrennbare Verbindung mit dem Life-Modul stattfindet. Erst danach erhält die innere CFK-Life-Modul-Zelle ihr finales äußeres Kunststoffkleid. Für die lackierte mehrteilige Außenhaut kommen vorwiegend Thermoplast-Spritzgusskunststoffe zum Einsatz, wie sie auch im herkömmlichen Fahrzeugbau Verwendung finden (Front-/Heckschürzen, Schweller etc.). Die farbigen Kunststoffformteile werden dazu unauffällig über

spezielle Halterungen bei der Endmontage auf die innere Life-Modul-Zelle aufgeschraubt.

### **CFK-Recycling beim BMW i: ein geschlossener Kreislauf.**

Die BMW Group hat im Laufe der BMW i Entwicklungsarbeit ein weltweit einmaliges Recyclingkonzept für CFK-Bauteile, Karosserieteile und sortenreine Produktionsabfälle bis zur Serientauglichkeit entwickelt. In verschiedenen Verfahren werden die hochwertigen Wertstoffe schon aus der Produktion und sogar von Unfall-/Altfahrzeugen im Automobilbau wiederverwertet und entweder dem Produktionsprozess erneut zugeführt oder in anderen Anwendungen eingesetzt.

Beim Wiederaufbereitungsprozess unterscheidet man zwischen Carbonfaser-Recycling mit „trockenem“, nicht verharztem Material und dem Verbundstoff-Recycling (CFK), bei dem „nasse“, schon mit Harz versetzte Kunststoffe zum Einsatz kommen. Die trockenen Carbon-Verschnittreste, die während der Produktion anfallen, können wieder zu hochwertigen Vliestextilien aufbereitet und zur Weiterverwendung in den Herstellungskreislauf eingehen. Rund zehn Prozent der beim BMW i3 eingesetzten Carbonfasermenge sind bereits heute recyceltes Material. Ein Prozess, der in der Automobilindustrie weltweit einmalig ist.

Beim Verbundstoffrecycling – also der Verarbeitung der mit Harz vernetzten Carbonfasern – wird CFK zunächst aus der Mischung mit anderen Kunststoffen großtechnisch abgetrennt und z. B. in einer Pyrolyseanlage verarbeitet. Die Prozesswärme des Harzabbaus wird zur Abtrennung der unbeschädigten Kohlefasern verwendet. Diese Fasern können dann bei der Herstellung von Bauteilen eingesetzt werden und reduzieren den Bedarf an neuen Fasern. Beispielsweise wird die Rücksitzbanksitzschale aus so recycelten Kohlefasern gefertigt. Sie erfüllt zu 100 Prozent die BMW Qualitätsstandards und wiegt 30 Prozent weniger als eine in konventioneller Glasfaserplattenbauweise. Gemahlen oder als Kurzfaser geschnitten, kommen das recycelte CFK bzw. die Carbonfasern auch außerhalb der Autoindustrie in vielen Bereichen wieder zum Einsatz. Sie können zum Beispiel in der Textilindustrie oder in der Elektronikindustrie (Gehäusewerkstoff für Steuergeräte) eingesetzt werden. Die Verwendung der „Sekundär-CFK-Fasern“ ist Bestandteil eines nachhaltigen Werkstoffkreislaufs. So werden Ressourcen geschont und Rohstoffe für künftige Anwendungen gesichert.



## 2.2 Konsequenz in Sachen Nachhaltigkeit: BMW i3 Produktion in Leipzig mit 100 Prozent CO<sub>2</sub>-freier Stromversorgung.

Der Ausbau des Leipziger BMW Werkes liegt voll im Zeitplan. Die Produktion des elektrisch angetriebenen BMW i3 startet im Herbst 2013 mit CO<sub>2</sub>-freier Stromversorgung. Anfang 2014 folgt der BMW i8, ein Plug-in-Hybrid-Sportwagen mit Elektroantrieb und Verbrennungsmotor.

Die Produktion der BMW i Modelle wird im Hinblick auf den Umweltschutz neue Maßstäbe setzen und mit rund 50 Prozent weniger Energieverbrauch sowie 70 Prozent weniger Wasserverbrauch – im Vergleich zum bereits hocheffizienten BMW Produktionsdurchschnitt – auskommen. Der Strom für die Produktion der BMW i Modelle im Werk Leipzig stammt ausschließlich aus Windkraft und damit zu 100 Prozent aus regenerativen Energiequellen.

Erstmals in Deutschland entstehen auf dem Werksgelände eines Automobilherstellers Windkraftanlagen zur direkten Stromversorgung der Produktion vor Ort. Die Bauarbeiten zur Errichtung von vier Windrädern mit einer Leistung von je 2,5 MW werden noch im Frühjahr abgeschlossen. Der dann daraus gewonnene Strom deckt den gesamten Strombedarf zur künftigen Produktion der BMW i Modelle am Standort Leipzig ab.

### **Windkraftträder produzieren mehr Strom, als die Leipziger Produktion braucht.**

Mit rund 26 GWh pro Jahr liefern die vier Windkraftanlagen vom Typ Nordex N100/2500 künftig sogar mehr Strom, als zur Produktion der BMW i Modelle erforderlich ist. Es wird pro Jahr mit einem Überschuss von bis zu zwei GWh gerechnet, der dann anderweitig im Werk Leipzig zum Einsatz kommt. Betreiber der Windkraftanlagen wird Deutschlands führendes Unternehmen in der Entwicklung von Windenergieprojekten, die wpd AG aus Bremen, sein. Das BMW Werk Leipzig hat mit wpd einen langfristigen Vertrag über die Abnahme des produzierten Stroms zur direkten Verwendung auf dem Werksgelände geschlossen.

Um die reibungslose Markteinführung des BMW i3 in 2013 sicherzustellen, sind auf dem erweiterten Werksgelände am Standort Leipzig außerdem ein neues Carbon-Presswerk, eine Kunststoffteilefertigung und der Karosseriebau sowie eine Montage-/Logistikhalle für die neuen Modelle entstanden. Die Gesamtinvestitionen belaufen sich auf 400 Millionen Euro.

### **Nachhaltigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette.**

Für BMW i spielte das Thema Nachhaltigkeit von Beginn an eine herausragende Rolle und erstreckt sich über die gesamte Wertschöpfungskette. Für den BMW i3 wurden daher als erstem Fahrzeugprojekt bereits in der frühen Konzeptionsphase verbindliche Nachhaltigkeitsziele festgelegt, die sich vom Einkauf über Entwicklung und Produktion bis hin zum Vertrieb erstrecken. Und die gesteckten Ziele werden erreicht. Neben dem Treibhauspotenzial gab es auch Ziele für weitere umweltrelevante Wirkungsfelder und die soziale Nachhaltigkeit. Erreicht wird dies durch viele innovative Einzelmaßnahmen im Entwicklungs-, Produktions- und Recyclingprozess, wobei auch Lösungen aus dem Lieferantennetzwerk mit eingeflossen sind. Damit setzt BMW i in Sachen Nachhaltigkeit neue Maßstäbe.

### **Vorbildliche Umweltbilanz für den BMW i3.**

Die Umweltbilanz des Gesamtfahrzeugs wird entscheidend von der Nutzungsphase geprägt. Und hier kann besonders der Leichtbau sein Einsparpotenzial entfalten. Denn obwohl sich der Herstellungsaufwand (Batterie, CFK-Leichtbau) im Vergleich zu konventionellen Materialien energetisch ungünstiger darstellt, sind es exakt die Leichtbaumaßnahmen, die den BMW i3 im täglichen Einsatz energieeffizienter machen. Im Ergebnis wird der höhere Energieaufwand bei der Herstellung von der Energieersparnis bereits früh in der Nutzungsphase kompensiert.

### **Ziel ist eine CO<sub>2</sub>-freie Produktion.**

Von Beginn an kontrolliert die BMW Group die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die als Ergebnis des Energieverbrauchs bei der Fertigung entstehen. Den Erfolg dieser Bemühungen zeigt der BMW i3 besonders eindrucksvoll: Über den gesamten Produktions- und Lebenszyklus inklusive der Stromerzeugung in Europa (EU-25-Strom-Mix) weist das E-Mobil mindestens ein Drittel weniger Treibhauspotenzial (CO<sub>2e</sub>) auf als ein vergleichbares, hocheffizientes Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Wird die Energie für den Fahrbetrieb dabei aus regenerativen Quellen wie Wind- oder Wasserkraft gewonnen, kann das Treibhauspotenzial sogar um deutlich mehr als 50 Prozent gesenkt werden.

### **BMW i verändert den Automobilbau.**

Die Produktion der BMW i Familie setzt Standards nicht nur bei der Verwendung innovativer Materialien, bei der Schonung von Ressourcen und bei der Industrialisierung von Elektromobilität. Sondern auch das Produktionskonzept ist revolutionär. Die Fahrzeugarchitektur mit LifeDrive-Modul und die Karbonfaserfahrgastzelle des Life-Moduls ermöglichen einen neuartigen Produktionsprozess ohne die klassischen Produktionsschritte in Presswerk und Lackiererei. Auch die Fertigungsverfahren sind einzigartig:

Statt klassischer Verfahren kommt eine Hightech-Verklebung zur Anwendung.

Damit wird auch das Arbeiten für die Mitarbeiter deutlich leichter. Durch die neue Fahrzeugarchitektur sind die Arbeitsplätze ergonomischer und die Montage ist viel leiser. Außerdem werden die Produktionshallen mit natürlichem Licht gespeist.

**„Leed Gold Standard“ für nachhaltige Gebäudeplanung.**

Für nachhaltig gestaltete Bauwerke zeichnete der weltweit anerkannte amerikanische Green Building Council die in Leipzig neu entstandenen Gebäude bereits mit dem „LEED Gold Zertifikat“ aus (**L**eadership in **E**nergy and **E**nvironmental **D**esign).

Durch technische Maßnahmen konnte der Energieverbrauch in den Hallen deutlich reduziert werden. Mit einer intelligenten Belüftungssteuerung findet in den Produktionsstätten mehrmals täglich ein kompletter Luftaustausch über die Ober- und Seitenlichter des Hallendachs statt. Die natürliche Lüftung senkt die Geruchs- und Staubbelastung im Karosseriebau sowie in der Montagehalle und sorgt für den nötigen Kühlbedarf im produktionsbedingt warmen Presswerk. Das gesamte Belüftungssystem kommt ohne zusätzliche Ventilatoren und Klimaanlage aus. Zudem reflektieren weiße Folien auf den Lichtbändern im Hallendach das Sonnenlicht und reduzieren den Einsatz von künstlicher Beleuchtung. Auch in ökologischer Hinsicht setzen die neuen Gebäude in Leipzig Maßstäbe in der Automobilindustrie.

## 2.3 E-Mobilität: Der Weg ist frei.



Für die Energieversorgung des BMW i3 sorgt eine speziell entwickelte Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterie mit acht Modulen und 96 Zellen, die raumsparend und optimal geschützt im Unterboden integriert ist. Der Energiespeicher wurde im Laufe der Entwicklung stetig optimiert, um Leistung, Reichweite, Gewicht und Langlebigkeit in optimale Balance zu bringen. Auch die Haltbarkeit der Speicherzellen entspricht einem ganzen Fahrzeugleben. Mit vollständig gefülltem Akku kann der BMW i3 unter alltäglichen Bedingungen bis zu 160 Kilometer zurücklegen, bevor er zum Wiederaufladen an die Steckdose muss. Der BMW i3 wird überwiegend in Städten und als Pendlerfahrzeug zwischen Wohn- und Arbeitsort eingesetzt werden, eignet sich aber auch für ländliche Gegenden, wie unsere MINI E Versuche gezeigt haben. Und nach der Auswertung von mehr als 20 Millionen Kilometern, die über 1000 Testkunden mit MINI E und BMW ActiveE in zehn Ländern zurückgelegt haben, ergibt sich ein klares Bild: Rund 90 Prozent der täglichen Fahrten liegen im Durchschnitt bei etwa 45 Kilometern, so dass ein vollgeladener BMW i3 die Alltagsbedürfnisse seiner Nutzer in Ballungsräumen weitestgehend erfüllt. Mit größeren Batterien wären zwar höhere elektrische Reichweiten möglich, das wird allerdings derzeit noch mit Mehrgewicht, höheren Kosten und reduzierter Fahrdynamik erkauft.

### **Energie laden: bequem zu Hause, am Arbeitsplatz oder unterwegs.**

In der Praxis gestaltet sich das Laden des BMW i3 denkbar einfach, und schon heute sind viele Menschen in der Lage, Elektromobilität im Alltag komfortabel zu nutzen. Denn an der heimischen Ladestelle – sei es die klassische Steckdose oder die BMW i Wallbox – ist der Energiespeicher des BMW i3 nach frühestens sechs Stunden vollständig aufgefüllt, mit einer modernen öffentlichen Schnellladevorrichtung sind bereits nach 30 Minuten 80 Prozent der Batterie geladen. Dann reicht eine Mittagspause oder der Einkauf in der Stadt aus, um die Energie für weitere 120 Kilometer nachzutanken.

### **360° ELECTRIC.**

Damit der BMW i3 optimal eingesetzt werden kann, hält BMW i ein umfassendes Produkt- und Serviceangebot bereit, das die individuellen Bedürfnisse der Kunden über das Fahrzeug hinaus abdeckt. Mit dem Komplettpaket 360° ELECTRIC lassen sich die Vorteile der Elektromobilität im Alltag besonders zuverlässig, komfortabel und flexibel erleben. Welche Angebote der Kunde nutzen möchte, entscheidet er immer selbst. Das Portfolio von 360° ELECTRIC basiert auf vier Säulen und umfasst im Wesentlichen die Bereiche Aufladen zu Hause, Aufladen an öffentlichen

Ladestationen, Mobilitätssicherung sowie die Integration in innovative Mobilitätskonzepte zur Überwindung von Reichweitenrestriktionen.

### **Home Charging: komfortables Laden zu Hause.**

Für Kunden mit eigener Garage oder privatem Stellplatz bietet BMW i maßgeschneiderte Lösungen an, mit denen das Aufladen zu Hause sicher, komfortabel und besonders schnell vonstattengeht. Zu diesem Zweck hat BMW i im Januar 2013 eine weitreichende Partnerschaft mit Schneider Electric und The Mobility House (TMH) geschlossen. Die Zusammenarbeit hat zum Ziel, bei Markteinführung des BMW i3 kundenfreundliche und leistungsfähige Lademöglichkeiten anzubieten, die ein komfortables Laden in der eigenen Garage ermöglichen. Die Vereinbarung umfasst Leistungen wie die Prüfung der Hausinstallation beim Kunden vor Ort, die Lieferung und Montage der Ladestation (die BMW i Wallbox) sowie Wartungs-, Beratungs- und weitere Serviceleistungen.

Außerdem unterstützt BMW i die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Quellen und stellt in Zusammenarbeit mit ausgewählten Partnern unterschiedliche Grünstromprodukte zur Wahl. Im Rahmen einer strategischen Kooperation zwischen der BMW AG und der Naturstrom AG haben die Kunden in Deutschland zukünftig die Möglichkeit, ein Ökostrompaket für den Betrieb ihres BMW i3 zu erwerben. Da die Naturstrom AG zu 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien mit sehr hohem Windstromanteil liefert, ist ein CO<sub>2</sub>-freier Betrieb des Elektrofahrzeugs gewährleistet. Und BMW i ist auch dann behilflich, wenn sich der Kunde beispielsweise für einen Carport mit Solarpaneelen entscheidet.

### **Ausblick: Induktives Laden.**

Während das Laden mit Ladekabel und Wallbox mittlerweile zum Serienstand gereift ist, beschäftigt sich die BMW Group bereits mit möglichen Zusatzoptionen für die Zukunft. Ein Beispiel dafür ist das induktive Laden, das ohne Kabel und Stecker funktioniert. Bei dieser Technik fährt das Fahrzeug mit Elektroantrieb über eine Ladeplatte auf dem Boden, wobei die Energie durch ein elektromagnetisches Feld berührungsfrei übertragen wird. Theoretisch denkbar ist eine solche Lösung für die heimische Garage, aber könnte sich in der Folge auch im öffentlichen Bereich verbreiten – als in den Boden eingelassene Platten auf Straßen und öffentlichen Parkplätzen.

Zu Beginn der Entwicklung des BMW i3 waren die verfügbaren fahrzeugseitigen Ladeeinheiten zu groß und zu schwer und hätten die Reichweite der Fahrzeuge unnötig reduziert. Mittlerweile ist es den Forschern der BMW Group jedoch gelungen, Maße und Gewicht der im Fahrzeug integrierten Ladeplatte um den Faktor zehn zu reduzieren. Durch den Einsatz

der hochmodernen Resonatortechnologie sind deutlich kleinere Systeme mit hoher Effizienz und Sicherheit realisierbar. Damit die induktive Ladetechnik für Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller nutzbar wird, ist ein möglichst weltweiter Standard notwendig. Zu diesem Zweck hat die BMW Group mit anderen deutschen Herstellern eine offizielle Arbeitsgruppe im Rahmen der DKE/VDE gegründet, und auch auf internationaler Ebene steht man mit diversen Herstellern in Kontakt.

### **Public Charging: Laden unterwegs.**

Wer seinen BMW i3 weder zu Hause noch am Arbeitsplatz aufladen kann, findet bei 360° ELECTRIC ebenfalls individuelle Lösungen vor. In Kooperation mit Parkhausbetreibern und Anbietern von öffentlichen Ladestationen bietet BMW i den Kunden einen zuverlässigen Zugang zur öffentlichen Ladeinfrastruktur. Dabei unterstützt BMW i zusammen mit seinen Partnern die Vernetzung mit Smartphone und Navigationssystem, um den Nutzern Komfortmerkmale wie die Anzeige verfügbarer Ladestationen und einfache wie transparente Bezahlprozesse mit der ChargeNow Karte zu ermöglichen. Die ChargeNow Karte ermöglicht den übergreifenden Zugang zu Ladesäulen und die bargeldlose Bezahlung. Die ChargeNow Karte bündelt in allen BMW i Märkten die größtmögliche Anzahl an Anbietern von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum, sodass der Kunde mit nur einer Karte Zugang zu den Ladesäulen verschiedener Anbieter nutzen kann und eine einheitliche Abrechnung von BMW i bekommt.

Alleine in Deutschland gibt es über 70 verschiedene Anbieter von öffentlichen Lademöglichkeiten, die derzeit noch auf unterschiedliche Bezahl- und Servicekonzepte setzen. Eine Harmonisierung dieser Landschaft ist unabdingbar. Die ChargeNow Karte ist das BMW i eigene Produkt, das jetzt schon eine intelligente Lösung für Kunden darstellt. Die Herausforderung besteht nun darin, gemeinsam mit allen beteiligten Partnern die übergreifenden Angebote weiter auszubauen.

Ein aktuelles Beispiel für die Vernetzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist das kürzlich vorgestellte Lösungsportfolio der Hsubject GmbH, eines Joint Ventures von BMW Group, Bosch, Daimler, EnBW, RWE und Siemens. Das Unternehmen ermöglicht Anbietern von Elektromobilitätsdienstleistungen, ihr Angebot um das sogenannte eRoaming zu erweitern. Fahrer von Elektrofahrzeugen erhalten dadurch mit nur einem Anbietervertrag Zugang zu jedem öffentlichen Ladepunkt eines entstehenden europäischen Netzwerks, das der BMW i Kunde mit der ChargeNow Karte nutzen kann. Damit gestaltet sich das Aufladen von Elektrofahrzeugen in Zukunft so unkompliziert wie das Abheben von Bargeld an einem Bankautomaten. Der Zugang an der

Ladesäule erfolgt über einen standardisierten QR-Code, der den Ladevorgang mittels Scan-Funktion und Smartphone-App startet und beendet.

### **Bald Wirklichkeit: von München nach Leipzig rein elektrisch.**

In einem vom Bund geförderten Gemeinschaftsprojekt der BMW Group mit ABB, Deutsche Bahn, EIGHT, RWE, der Universität Bamberg, der Universität der Bundeswehr München und der Technischen Universität Dresden entsteht an der BMW Welt in München eine Schnellladestation für Elektrofahrzeuge, die Mitte des Jahres eröffnet wird. Sie bietet den Nutzern zwei Ladepunkte des sogenannten Combined Charging System CCS (Combo), auf das sich die europäischen Automobilhersteller als gemeinsamen Standard verständigt haben. CCS ermöglicht neben dem bekannten Laden mit Wechselstrom das ultraschnelle Laden mit Gleichstrom und ist für den neuen BMW i3 ebenso geeignet wie für Elektrofahrzeuge anderer Hersteller.

Mit der neuen Ladestation entsteht in unmittelbarer Nähe des U-Bahnhofs Olympiapark ein Knotenpunkt zwischen Elektroauto, öffentlichem Nahverkehr und Elektrofahrradverkehr.

Im Rahmen eines weiteren Förderprojekts errichtet ein Konsortium aus BMW Group, Siemens und E.ON Schnellladesäulen entlang der A9. Ab Anfang 2014 wird damit – unterbrochen von kurzen Ladestopps – eine rein elektrische Fahrt von München bis nach Berlin möglich sein. Und dabei wird es nicht bleiben: Ein ähnliches Vorhaben anderer Akteure soll den Brückenschlag von München über Salzburg und Wien bis nach Bratislava herstellen und damit den Grundstein für ein länderübergreifendes Netz an Schnellladesäulen legen.

Die genannten Beispiele zeigen, dass die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur stetig wächst und die derzeit noch überwiegend genutzten Lademöglichkeiten zu Hause oder am Arbeitsplatz immer besser ergänzt. So gewinnen die Nutzer von Elektrofahrzeugen noch mehr Flexibilität und die Möglichkeit, auch längere Strecken problemlos zurückzulegen. Auch in diesem Zusammenhang hat der große Feldversuch der BMW Group interessante Ergebnisse geliefert: Bei Verfügbarkeit eigener und gesicherter öffentlicher Lademöglichkeit konnten die Nutzer mit dem MINI E bis zu 90 Prozent ihrer Fahrten erledigen. Dies erreichten sie im Schnitt mit weniger als 10 Prozent öffentlichem Ladeanteil.

### **Flexible Mobility: Alternativen geschickt nutzen.**

Für den Fall, dass die Reichweite eines BMW i3 einmal nicht ausreicht, kann der Kunde auf ergänzende Mobilitätsbausteine zurückgreifen, mit deren Hilfe sich auch größere Distanzen bewältigen lassen – beispielsweise über die

zeitweilige Nutzung eines BMW mit Verbrennungsmotor oder Hybridantrieb. Zu diesem Zweck lassen sich über 360° ELECTRIC individuelle Jahreskontingente hinzubuchen. Daneben steht dem BMW i Kunden auch das Carsharing-Angebot DriveNow zur Verfügung.

Der Schwerpunkt beim BMW i3 liegt auf der rein elektrischen Antriebsvariante. Für Kunden, die regelmäßig weitere Strecken als 160 Kilometer zurücklegen wollen, bieten wir jedoch einen optionalen Range-Extender an, der die Reichweite des BMW i3 auf rund 300 Kilometer erhöht.

### **Assistance Services.**

Damit der BMW i3 im Alltagseinsatz stets zuverlässig funktioniert, werden die Batterie und die übrigen elektrischen Systeme auch während der Fahrt permanent überwacht. Im seltenen Fall einer Störung sind die BMW Service-Mobile oder Werkstätten in der Lage, im Rahmen der Diagnose fehlerhafte Komponenten zu ermitteln.

Falls es an der Batterie jedoch tatsächlich zu einem Schaden kommt, bietet BMW i mit der Einführung des BMW i3 erstmalig in der Automobilindustrie einen vollmodularen und reparaturfähigen Hochvoltspeicher an. Ein möglicher Defekt führt somit nicht notwendigerweise zum Komplettausgleich, sondern kann bei ausgewählten BMW i Händlern auch durch den Tausch einzelner Module behoben werden. Die konstruktiven Maßnahmen in Verbindung mit der Ersatzteilstrategie tragen wesentlich zur langfristigen Produktakzeptanz, zu günstigen Betriebskosten und reduzierten Gewährleistungskosten bei. Somit trägt dieses Konzept ganz wesentlich zur Ressourcenschonung und zur Nachhaltigkeitsstrategie bei.

### **BMW hat die Batterie selbst entwickelt.**

Die Hochvoltspeicher für den BMW i3 entstehen auf einer hochmodernen Montagelinie im BMW Werk Dingolfing. Zugeliefert werden lediglich die Zellen, ansonsten handelt es sich bei den Batterien um eine komplette Eigenentwicklung. Dabei konnte auf Entwicklungserfahrungen früherer, ebenfalls eigenentwickelter Batterien wie die des BMW ActiveHybrid 3 und 5 sowie des BMW ActiveE aufgesetzt und weitere Optimierungen umgesetzt werden.

Der modulare Aufbau der Batterie besteht aus einzelnen Blocks, die jeweils über eigene Sicherheitssysteme verfügen. Die Entscheidung, den Energiespeicher selber zu bauen, bedeutet nicht nur Zukunftssicherheit für den Standort Deutschland. Sie bietet für BMW und seine Kunden zudem zahlreiche Vorteile. Zum einen ist gewährleistet, dass die Potenziale der Speichertechnik weiter erschlossen werden, zum anderen sind BMW typische Performance sowie maximale Sicherheit gewährleistet. Schließlich kann BMW

als Entwickler und Hersteller sehr flexibel auf zukünftige Anforderungen und Bedürfnisse reagieren.

### **Batterie hält ein Autoleben lang.**

Die Lebensdauer eines Lithium-Ionen-Speichers hängt von verschiedenen Faktoren ab. So altert die Batterie durch zwei Effekte: zum einen kalendarisch, d. h. mit zunehmendem Alter nimmt die Leistungs- und Speichereffizienz ab; dieser Effekt hängt stark von der Temperatur der Batterie ab. Zum anderen beeinflusst das Laden und Entladen das Alterungsverhalten. Ausgiebige Tests der Entwickler haben ergeben, dass die Zellen, wie sie im BMW i3 eingesetzt werden, sowohl bezüglich der Lebensdauer als auch hinsichtlich der Zyklenfestigkeit die hohen BMW Anforderungen über das gesamte Fahrzeugleben erfüllen. Dafür sorgen eine passende Auswahl der chemischen Bestandteile der Zellen und ein intelligentes Batteriemanagement, welche den Speicher im optimalen Nutzungsbereich (z. B. Anpassung der Temperatur durch Kühlung oder Heizung) betreibt.

### **Kühlung mit Kältemittel.**

BMW i nutzt zur Kühlung des Hochvoltspeichers direkt das Kältemittel der Klimaanlage. Dieses Kühlmedium bietet im Vergleich zu Wasser- oder Luftkühlung die höhere Kühlleistung und es sind keine zusätzlichen Komponenten wie Gebläse oder Pumpen erforderlich. Dadurch kann Gewicht und Bauraum gespart werden. Die Heizung zur Vorkonditionierung bei kalten Temperaturen wird, wenn das Fahrzeug an die Wallbox angeschlossen ist, direkt aus dem Stromnetz gespeist.

Im Ergebnis steht die Batterieleistung daher über weite Teile des Ladezustands gleichmäßig zur Verfügung und ist von wechselnden Temperatureinflüssen weitgehend unabhängig. Folglich profitieren Alltagstauglichkeit, Langzeitstabilität und Lebensdauer des Energiespeichers.

Darüber hinaus wurde im BMW i3 besonderer Wert auf eine niedrige Energieaufnahme der elektrischen Verbraucher gelegt. Die Innenraumheizung arbeitet nach dem Prinzip der Wärmepumpe und spart im Stadtverkehr bis zu 30 Prozent Strom gegenüber einer konventionellen elektrischen Heizung. Für die Beleuchtung innen und außen kommen stromsparende Leuchtdioden zum Einsatz. Beide Maßnahmen tragen substantiell zur Reichweite des BMW i3 bei. Und der BMW i8 stößt mit dem erstmaligen Einsatz von Laserlicht in eine neue Energieeffizienz-Liga vor.

### **Zuverlässigkeit ist oberstes Gebot.**

Die Einführung neuer Technologien geht stets mit Vorbehalten einher. Doch wenn in diesem Jahr der BMW i3 an den Start geht, können sich Fahrer,

Passagiere und andere Verkehrsteilnehmer auf ein rundum sicheres Fahrzeug verlassen, das dem hohen BMW Group Standard entspricht. Dieser geht bei allen sicherheitsrelevanten Themen über gesetzliche Anforderungen hinaus.

Das elektrische System des BMW i3 ist im Gegensatz zu einem konventionellen Bordnetz zweipolig ausgeführt. Der Minuspol ist deshalb nicht an Masse, also der Karosserie angelegt, sondern als separate, voll isolierte Leitung geführt. Zudem verhindert ein komplett dichtes Batteriegehäuse das Eindringen von Wasser. Bei der Auswahl der chemischen Zusammensetzung der Batteriezellen wurde neben Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit natürlich auch auf die Eignung der Zellen für den automobilen Bereich, speziell bei der Sicherheit, geachtet.

Daneben sorgen aufwendige Überwachungsalgorithmen, eine ausgeklügelte Sensorik sowie das beschriebene Kühlsystem dafür, dass die Batterie weder zu tief entladen noch überladen werden kann und auch im Betrieb nicht überhitzt. Drei Sicherheitsebenen inklusive Abschaltmechanismus sowohl auf Software- als auch auf Hardware-Seite sichern das gesamte elektrische System zuverlässig ab.

### **Nachhaltigkeit: Zweitverwendung nach dem Autoleben.**

Der Energiespeicher des BMW i3 verfügt am Ende der Lebensdauer des Autos noch über eine gute Leistungs- und Energiespeicherfähigkeit. Nach circa 1.000 Ladezyklen besitzt die Batterie noch einen Großteil ihrer Nennkapazität. Daher wird BMW i die Batterien aufbereiten und einer Zweitverwendung zuführen. Im Sinne der Nachhaltigkeit lassen sich die Batterien als stationäre Energiespeicher für zahlreiche neue Anwendungen nutzen. Denkbar sind Zwischenspeicher für Sonnenenergie einer Solaranlage, die bei Nacht oder Schlechtwetter in das Hausnetz oder zum Laden des eigenen BMW i3 zurückspeisen – so kann die Versorgung eines BMW i über selbstproduzierten Grünstrom realisiert werden.

Darüber hinaus bietet die Zusammenschaltung mehrerer Batterien die Option auf Speichersysteme in gewerblichen Größenordnungen. Solche Systeme nutzen bereits die beiden Forschungszentren der BMW Group: das BMW Group Technology Office USA in Mountain View, Kalifornien und seit Januar 2013 auch das BMW ConnectedDrive Lab in Shanghai, China. Und auch im Energieeffizienzhaus Plus des Bundesministeriums für Wirtschaft in Berlin zur Optimierung und Stabilisierung der lokalen Energieversorgung kommen Batterien des MINI E zum Einsatz.

Darüber hinaus sind Großspeicher von mehreren Megawatt Speicherkapazität zur Versorgungsstabilisierung auf Stromnetzebene wirtschaftliche

Einsatzszenarien. BMW i arbeitet an der Erforschung und Realisierung von Anwendungen dieser Größenordnung. Als globaler Automobilhersteller verfolgt BMW i auf dem Gebiet der Zweitverwendung von Batterien eine ganzheitliche Strategie zur Abdeckung der potenziellen Weltmärkte.

## 2.4 CFK Sicherheit und Reparatur.



Leichtbau und Sicherheit sind kein Widerspruch. Ganz im Gegenteil, das LifeDrive-Konzept des BMW i3 ist in der Materialkombination Aluminium und CFK in Crashtests den bisherigen Stahlkonstruktionen zum Teil sogar überlegen. Der Einsatz des kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffs bietet dabei die Möglichkeit, sehr leichte Karosserien zu bauen. CFK besitzt eine beeindruckende Fähigkeit zur Energieabsorption und ist sehr schadenstolerant. CFK ist das leichteste Material, das im Karosseriebau ohne Sicherheitseinbußen eingesetzt werden kann.

### **LifeDrive-Modul bietet optimale Sicherheit.**

Die Crashtests im Automobilbau sind sehr hoch. Zahlreiche Aufprallkriterien müssen nach den strengen Richtlinien der weltweiten Verbraucherschutzorganisationen und Gesetzgeber berücksichtigt werden. Schon während der Entwicklung des BMW i3 Konzepts gab es einen intensiven Austausch mit den internationalen Crashtest-Instituten zum neuartigen Karosserie- und Sicherheitskonzept der BMW i Modelle.

Dr. Ulrich Veh, Sicherheitsexperte in der BMW i Entwicklung, zieht Bilanz: „Wir befinden uns auch mit den BMW i Fahrzeugen auf BMW Niveau.“ Insgesamt schafft die hochfeste Fahrgastzelle in Verbindung mit der intelligenten Kraftverteilung im LifeDrive-Modul die Voraussetzung für einen optimalen Insassenschutz. Selbst nach dem strukturzehrenden Offset-Frontcrash mit 64 km/h sorgt das extrem steife Material für einen intakten Überlebensraum der Passagiere. Für zusätzliche Sicherheit sorgen dabei die crashaktiven Strukturen aus Aluminium an Vorder- und Hinterwagen des Drive-Moduls. Die Karosserieverformung fällt so geringer aus als bei vergleichbaren Stahlblechkarosserien. Zudem ist – bedingt durch den „Kokon-Effekt“ der CFK-Karosserie – sichergestellt, dass die Türen problemlos zu öffnen sind.

Ebenfalls sehen Bergungsmannschaften der Feuerwehr bei dem neuen Fahrzeugkonzept im Falle eines Unfalls keine Rettungsprobleme. Gerhard Schmöller, für das Training der Berufsfeuerwehr München zuständig, sagt: „Die Berufsfeuerwehr München hatte bereits Gelegenheit, sich im Rahmen von standardisierten Schneidversuchen davon zu überzeugen, dass die Bergung von Insassen aus einem verunfallten BMW i3 einem konventionellen Fahrzeug vergleichbar ist. Die Entwicklungsarbeiten bezüglich Unfallrettung haben bereits jetzt einen sehr hohen Stand erreicht, trotz völlig neuartigem Fahrzeugkonzept und dem Großeinsatz von CFK. Wir sind beeindruckt von der Entschlossenheit und Umsichtigkeit der BMW Ingenieure, hier

Automobilgeschichte zu schreiben, ohne dabei die Sicherheit für die Passagiere aus dem Auge zu verlieren.“

### **Kombination von Aluminium und CFK betten die Batterie sicher ein.**

Der Hochvoltenergiespeicher ist zum bestmöglichen Schutz im Unterboden des Aluminium-Drive-Moduls untergebracht, wo statistisch gesehen das Fahrzeug bei Crashes die geringste Energie aufnehmen muss und so dort die wenigste Verformung zeigt. Auch im Seitencrash, bei dem nach Euro NCAP ein Pfahl mit 32 km/h punktuell mittig in die Fahrzeugseite schlägt, zeigt der Kohlefaserverbundwerkstoff seine außergewöhnliche Energieaufnahmefähigkeit. Das Life-Modul fängt den gesamten Stoß ab und zeigt nur eine geringe Verformung. Das garantiert optimalen Insassenschutz. Auch wenn CFK Energie abbaut, besteht keine Gefahr für Passagiere oder andere Verkehrsteilnehmer.

Von den hervorragenden Verformungseigenschaften des CFK-Life-Moduls profitiert auch der Hochvoltspeicher. Beim Seitencrashtest dringt der Pfahl nicht bis zur Batterie vor. Durch den eingesetzten Materialmix und die intelligente Kraftverteilung im LifeDrive-Modul ist der Hochvoltspeicher auch im Schwellerbereich bestens geschützt.

### **Auch im Brandfall sind Lithium-Ionen-Batterien sicher.**

Bei der Entwicklung der BMW i Modelle ist die Sicherheit ein wesentliches Kriterium. Im Fahrzeug sind eine Reihe von Systemen bzw. Maßnahmen implementiert, welche die Sicherheit im Regelbetrieb und bei Brandunfällen sicherstellen. Das Hochvoltsystem ist so ausgelegt, dass es Unfallereignisse auch über die gesetzlichen Anforderungen hinaus beherrschen kann. Der Hochvoltspeicher verfügt über Einrichtungen (z. B. Entgasungseinheit), die ein geregeltes Entweichen der Brandgase aus dem Hochvoltspeicher sicherstellt. Es wird davon ausgegangen, dass die Brandgase und das Löschwasser im Vergleich zum Brand eines konventionellen Fahrzeugs keinen größeren schädlichen Einfluss auf die Umwelt ergeben.

Die jüngste Versuchsreihe des renommierten DEKRA Competence Centers für Elektromobilität führt aus: „Wir haben umfangreiche Tests durchgeführt von Entflammungsverhalten, Flammenausbreitung und Löschanforderungen bis zu den Belastungen des abfließenden Löschwassers. Unser Resümee lautet: Elektro- und Hybridautos mit Lithium-Ionen-Antriebsbatterien sind im Brandfall mindestens genauso sicher wie Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb.“ (Pressemeldung DEKRA vom 29.10.2012; DEKRA ist eine der weltweit führenden unabhängigen Expertenorganisationen mit Schwerpunkt Sicherheit, Umweltschutz und Produktanalytik)

Um ein Höchstmaß an Sicherheit in einem solchen Crasheszenario zu gewähren, wird der Hochvoltspeicher schon beim Auslösen der Insassenrückhalteeinrichtungen vom Hochvoltsystem getrennt und die daran angeschlossenen Komponenten entladen. So kann ein Kurzschluss, der zu Stromschlägen oder zur Brandentwicklung führen könnte, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

### **Instandsetzungskosten der BMW i Modelle liegen auf Klassenniveau.**

Nach Untersuchungen der Kfz-Versicherer und der BMW Unfallforschung entstehen heute bei den meisten Unfällen primär Bagatellschäden. Bei diesen rund 90 Prozent aller registrierten Unfälle konventioneller Fahrzeuge handelt es sich um Beschädigungen der Außenhaut. Der BMW i3 trägt diesem Umstand Rechnung und ist deshalb rundherum mit einer geschraubten/geklippten Kunststoffbeplankung versehen. Kleine Remppler werden absorbiert, ohne, wie sonst bei Blechteilen üblich, Beulen zu hinterlassen. Beschädigungen des Lacks führen nicht zu Korrosion. Ist ein Tausch von Bauteilen an der Außenhaut des BMW i3 erforderlich, wird das Bauteil schnell und kostengünstig ausgewechselt. In der Summe liegen die Unfallinstandsetzungskosten auf gleicher Höhe wie bei einem BMW 1er. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Versicherungsersteinstufungen auf üblichem Kompaktklasseniveau liegen werden.

### **„Kalte“ Reparaturmethoden für Aluminiumbauteile.**

Das im Serienprozess geschweißte Aluminiumstruktur-Drive-Modul wird in der Reparatur mit den „kalten“ Reparaturmethoden „Kleben und Nieten“ in Stand gesetzt. Diese Methoden werden in BMW Werkstätten bereits seit 2003 erfolgreich eingesetzt.

### **Zeitsparende Reparaturmethoden bei CFK-Bauteilen.**

Die Reparaturfähigkeit der CFK-Struktur des Life-Moduls stand schon bei der Entwicklung des Fahrzeugkonzepts ganz oben mit im Lastenheft. Beispielsweise wurden für den Seitenrahmen mehrere Reparaturabschnitte definiert. Muss nach einem Seitencrash ein beschädigter Schweller ausgetauscht werden, trennt die Werkstatt nach Sichtprüfung und Schadensbeurteilung lediglich den Reparaturabschnitt Schweller mit einem patentierten Fräswerkzeug heraus. Dann wird das benötigte Schwellerbauteil passend angefertigt und an dem beschädigten Fahrzeug eingesetzt. Das Neuteil wird an den Trennstellen mittels Reparaturoelementen verbunden.

Jeder autorisierte BMW i Händler kann die Reparatur der Außenhaut durchführen. Auf Grund der produktspezifischen Besonderheiten des

LifeDrive-Moduls wird es Reparaturzentren geben, in denen spezialisierte Mitarbeiter Fahrzeuge mit Beschädigungen an der Aluminium- oder CFK-Struktur in Stand setzen.