

Die BMW i8 Produktion. Inhaltsverzeichnis.



1. Das BMW i Produktionskonzept.	2
2. Das Life-Modul: vollständige Integration der CFK-Fertigung in den Produktionsprozess..	3
3. Leicht und robust: Die Außenhaut aus thermoplastischen Kunststoffen.	5
4. Drive-Modul: Leichtbau bei den Fahrwerksstrukturteilen, Elektromotor und Hochvoltspeicher..	6
5. Parallele Prozesse: Die Montage.	8

1. Das BMW i Produktionskonzept.



Innovative Fertigungstechnologie und der Einsatz neuartiger Materialien prägen den Produktionsprozess der BMW i Automobile. Ihre Herstellung steht am Beginn einer vollständig an Nachhaltigkeit ausgerichteten Wertschöpfungskette. Von der Rohstoffgewinnung über den energieeffizienten Betrieb des Fahrzeugs bis zu einem späteren Recycling trägt diese umfassend zur günstigen ökologischen Gesamtbilanz des Plug-in-Hybrid-Sportwagens BMW i8 bei. Ebenso wie in der Entwicklung kommt auch in der Fertigung des BMW i8 die herausragende technologische Kompetenz der BMW Group zum Tragen.

Weltweit führend im Automobilbereich ist beispielsweise das Know-how auf dem Gebiet der industriellen Fertigung von Komponenten aus karbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK). Auch die Entwicklung und die Produktion sowohl des Verbrennungs- als auch des Elektromotors für den Hybrid-Sportwagen liegen vollständig in den Händen der BMW Group.

Die innovative Fahrzeugarchitektur des BMW i8 besteht aus zwei Elementen: dem Life-Modul, der aus CFK gefertigten Fahrgastzelle, und dem Drive-Modul aus Aluminium, das die gesamte Antriebs- und Fahrwerkstechnik aufnimmt. Die Fertigungszeit halbiert sich durch das LifeDrive-Konzept und den Einsatz von CFK auf die Hälfte im Vergleich zum konventionellen Automobilbau. Das Verfahren ist weniger investitionsintensiv, da die hohen Kosten für ein konventionelles Presswerk und eine klassische Lackiererei entfallen und die Fertigung von Life- und Drive-Modul parallel stattfinden kann.

Das BMW i Produktionsnetzwerk umfasst die Carbonfaserherstellung in Moses Lake im US-Bundesstaat Washington und die Weiterverarbeitung zu textilen Gelegen in Wackersdorf. Beide Standorte betreibt SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), ein Joint Venture der BMW Group und der SGL Group. Hinzu kommen die eigenen Standorte der BMW Group – die BMW Werke Dingolfing, Landshut und Leipzig.

2. Das Life-Modul: vollständige Integration der CFK-Fertigung in den Produktionsprozess.

Die BMW Group nutzt auch bei der Produktion des BMW i8 ihre langjährige Erfahrung im Umgang mit karbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK). Die Fertigung der CFK-Fahrgastzelle für den Plug-in-Hybrid-Sportwagen ist vollständig in den Produktionsprozess für BMW i Automobile integriert.

Carbonfaser-Herstellung mit Wasserkraft / Moses Lake, USA.

Im Karbonfaserwerk in Moses Lake (USA) entstehen aus einer thermoplastischen Textilfaser aus Polyacrylnitril – dem Precursor – in einem komplexen, mehrstufigen Prozess nahezu reine Kohlenstoff-Fasern mit stabiler Graphitstruktur. Diese sind lediglich sieben Mikrometer (0,007 Millimeter) dünn. Ein menschliches Haar misst im Vergleich dazu rund 50 Mikrometer. Für die Verwendung im Automobilbereich werden rund 50.000 dieser Einzelfilamente zusammengefasst und für die Weiterverarbeitung aufgewickelt. Schon bei der Herstellung der Karbonfasern im Werk Moses Lake (US-Bundesstaat Washington) wird die Produktionsenergie ausschließlich mit 100 Prozent Elektrizität aus erneuerbaren Quellen produziert.

Verarbeitung zu textilen Gelegen in Wackersdorf.

Im Innovationspark Wackersdorf werden die in Moses Lake produzierten Faserbündel in industriellem Maßstab zu leichten textilen Gelegen weiterverarbeitet. Gelege mit verschiedenen Faserausrichtungen werden dazu in mehreren Lagen und unterschiedlichen Orientierungen übereinander zu Gelegestapeln, sogenannten Stacks, angeordnet und anschließend zugeschnitten.

Herstellung von CFK-Karosseriekomponenten in Landshut und Leipzig.

Die aus Wackersdorf angelieferten Stacks werden in Innovations- und Produktionszentren in den BMW Werken Leipzig und Landshut zu Karosserieteilen aus CFK weiterverarbeitet. Die Karosserieteile für den BMW i8 entstehen in Landshut, die Karosserieteile für den BMW i3 in Leipzig.

In der Karbonfertigung verleiht ein Preformwerkzeug dem zugeschnittenen Kohlefasergelege zunächst eine stabile, dreidimensionale Form. Mehrere dieser Preform-Rohlinge können dann zu einem größeren Bauteil zusammengefügt werden. So lassen sich auch großflächige

Karosseriebauteile herstellen, die sich aus Aluminium oder Stahlblech nur mit deutlich höherem Aufwand realisieren ließen. Nach dem Konfektionieren folgt das Harzen unter Hochdruck im RTM-Verfahren (Resin Transfer Moulding). Dabei wird in die Preform-Rohlinge unter hohem Druck flüssiges 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 Pressen arbeiten nach genau definierten, eigenentwickelten Zeit-, Druck- und Temperaturparametern, bis sich das Harz mit dem Härter vollständig verbunden hat und ausgehärtet ist. Dank dieses automatisierten Herstellungsverfahrens kann auf den – bei manuellen CFK-Fertigungsverfahren üblichen – zeitraubenden Aushärteprozess in einem Ofen verzichtet werden.

Das CFK-Verfahren ist nicht vergleichbar mit einer konventionellen Stahlblechherstellung. Das industrialisierte Produktionsverfahren ist hoch wirtschaftlich und macht die Fertigung großflächiger CFK-Verbundbauteile für die Automobilindustrie erst möglich.

Selbst komplexe Baugruppen mit vielen integrierten Strukturelementen, wie zum Beispiel ein kompletter Seitenrahmen des BMW i8 Life-Moduls, werden in der Anlage mit hoher Automatisierung hergestellt. Als weitere Prozessschritte erfolgen die Feinarbeiten wie das saubere Zuschneiden der Bauteilkontur sowie das Einbringen fehlender Öffnungen. Dazu werden die Teile mit einer speziellen Wasserstrahlschneideanlage bearbeitet und die Klebeflächen für die Weiterverarbeitung gestrahlt. Für einen herkömmlichen Seitenrahmen aus Stahlblech müssten, im Gegensatz zum CFK-Bauteil, nacheinander mehrere Innen- und Außenbauteile zusammengesetzt werden.

Zusammenfügen der CFK-Komponenten im Karosseriebau Leipzig.

Die CFK-Verbundbauteile werden schließlich in Leipzig in der neuen Karosseriebauhalle zusammengefügt. Hier entsteht die Grundstruktur des Life Moduls für den BMW i3 und den BMW i8. Im CFK-Karosseriebau gibt es keine Lärmbelastigung durch Schrauben oder Nieten, keinen Funkenflug beim Schweißen – es kommt ausschließlich modernste, zu 100 Prozent automatisierte Klebetechnik zum Einsatz. In diesem einzigartigen, von BMW entwickelten Fügeprozess werden dazu die einzelnen Bauteile berührungslos bis auf einen präzise definierten Klebespalt zusammengefügt, um nach dem Klebevorgang eine optimale Festigkeit zu gewährleisten.

3. Leicht und robust: Die Außenhaut aus thermoplastischen Kunststoffen.

Die Außenhaut des BMW i8 besteht aus thermoplastischen Kunststoffen und wird im BMW Werk Landshut hergestellt. Die Kunststoffteile sind um die Hälfte leichter als Stahlblech und zugleich ein korrosionsfreier Oberflächenschutz, der sich energiesparend herstellen lässt. Zudem ist das Material unempfindlich gegenüber Bagatellschäden.

Die futuristische Form des BMW i8 hat die Spezialisten des Produktionsbereichs Kunststoff Exterieur veranlasst, die Fertigungstechnologie entsprechend anzupassen. Die Abmessung der Bauteile sowie die komplexe Formensprache in Verbindung mit den Fugenanforderungen des Fahrzeuges haben dazu geführt, dass sowohl das Kunststoffgranulat eigens entwickelt, als auch die Produktion auf die speziellen Anforderungen des BMW i8 ausgelegt wurde. So erhalten die Stoßfänger in einer hochspezialisierten Manufaktur ihre mehrfarbige Lackierung. Dies ermöglicht eine Zweifarbigkeit mit gleichzeitig extremer Gewichtsoptimierung. Bei der Produktion der BMW i Modelle wird nicht – wie herkömmlich – die gesamte Karosserie in mehreren Arbeitsschritten lackiert, sondern die Lackierung der Stoßfänger, Front-, Heck- und Seitenteile erfolgt einzeln und ist damit ressourcenschonend. Im Zuge der Erstlackierung werden die kompletten Stoßfänger schwarz lackiert. Anschließend kleben die Landshuter Lackspezialisten das Bauteil zur Lacktrennung mit Maskierfolien ab. In akribischer, filigraner Handarbeit decken die Mitarbeiter die Bereiche ab, die auch später ihre schwarze Farbe beibehalten sollen. Danach durchläuft der Stoßfänger die Lackierung noch einmal und erhält an den nicht abgeklebten Bereichen seine Zweitfarbe. Der Lackauftrag erfolgt durch eine innovative, automatisierte Roboterapplikation. Am hinteren Stoßfänger wird durch zusätzliches Montieren eines separat lackierten Bauteiles sogar eine Dreifarbigkeit erzeugt, die eine große optische Wirkung hat. Während bei der konventionellen Fertigung die gesamte Rohkarosserie in einem Stück lackiert wird, eröffnet sich durch die Montage separat lackierter Anbauteile die Möglichkeit, spezielle visuelle Effekte zu kreieren.

4. Drive-Modul: Leichtbau bei den Fahrwerksstrukturteilen, Elektromotor und Hochvoltpeicher.

Die im BMW Werk Dingolfing gefertigten Strukturteile des Drive-Moduls für den BMW i8 –der Vorderachsträger sowie das Vorder- und Hinterachsm modul – bestehen jeweils aus Aluminiumblech und - gussteilen. Um den konstruktiven Herausforderungen und der großen Anzahl von über 800 Schweißnähten mit einer Gesamtlänge von über 50 Metern in der Produktion gerecht zu werden, hat man ein einmaliges Anlagenkonzept mit Schweißrobotern auf einer linear verfahrbaren Achse aufgesetzt. Der eingesetzte Werkstoff Aluminium vereint dabei Leichtbau mit guten Crash-Eigenschaften und trägt so zum Gesamtsicherheitskonzept der BMW i Modelle bei.

Mit dem Hochvoltpeicher kommt ein weiteres zentrales Element der neuen BMW i Modelle aus Dingolfing. Am Anfang des Produktionsprozesses steht ein Begin-of-line-Test, in dem die zugelieferten Lithium-Ionen-Zellen zunächst auf ihre Leistungsfähigkeit hin geprüft werden. Danach erfolgt die sogenannte Plasmareinigung der Batteriezellen. Im Anschluss werden die einzelnen Zellen vollautomatisch miteinander zu Modulen verpresst, verklebt und verschweißt.

Umfangreiches BMW-Know-how steckt in der spezifischen Paketierung und Zusammenstellung des Speichers. Über 100 Montageschritte sind nötig, ihn zu fertigen. Nach der Paketierung der Zellen zu Modulen beginnt die Montage. Die Module werden nacheinander in ein Gehäuse aus Aluminium gehoben und dann manuell miteinander in Reihe verschaltet. Der Speicher ist so konstruiert, dass einzelne Batteriemodule zur Reparatur einfach ausgetauscht werden können.

Der Antrieb ist seit jeher ein wesentliches Differenzierungsmerkmal für die Marke BMW. Die Entwicklung und die Fertigung sowohl des Verbrennungsmotors als auch der E-Maschine für den Plug-in-Hybrid-Sportwagen liegen daher komplett in den Händen der BMW Group. Der Dreizylinder-Benzinmotor mit BMW TwinPower Turbo Technologie (231PS) wird im BMW Motorenwerk Hams Hall (England) produziert.

Der Elektromotor des BMW i8 entsteht im BMW Werk Landshut. Die BMW Group hat die 96 kW starke E- Maschine sowie die Antriebselektronik selbst entwickelt. Im Inneren des Elektromotors befinden sich ein Innengehäuse, der

Stator und der Rotor. Der Stator ist der innere Kern des Motors, der aus rund zwei Kilometern Kupferdraht gewickelt wird. Im Vergleich zu anderen E-Maschinen mit dieser Leistung ist der Elektromotor des BMW i8 durch eine spezielle Wicklung der Kupferdrähte sehr klein und kompakt – das spart Gewicht und Platz. Bevor der Stator in das Innengehäuse kommt, wird er mit einer dünnen Harzschicht überzogen. Dann werden Stator, Rotor, Innen- und Außengehäuse zusammengefügt. Hierzu wird das Innengehäuse auf etwa 150 Grad Celsius aufgewärmt, damit es sich etwas ausdehnt. Dabei ist absolute Präzisionsarbeit gefragt. Denn Stator und Rotor müssen exakt ineinander passen, damit der Motor später reibungslos läuft.

5. Parallele Prozesse: Die Montage.

Im Gegensatz zu Fahrzeugen mit selbsttragender Karosserie besteht die Life-Drive Architektur grundsätzlich aus zwei horizontal getrennten, voneinander unabhängigen funktionalen Einheiten. In der Montagehalle in Leipzig kommt daher für den BMW i3 erstmals in der BMW Geschichte ein Zwei-Liniensystem zum Einsatz. Das bedeutet, dass auf jeweils einer separaten Linie das Life-Modul und auf einer anderen das Drive-Modul montiert wird. Damit waren wesentliche Fortschritte in der ergonomischen Gestaltung der Arbeitsplätze möglich, mit einer optimalen Zugänglichkeit für alle Montageumfänge.

Die Montage des BMW i8 erfolgt dagegen auf einer Linie. Dabei wird in das Chassis aus Aluminium bei der Montage des Drive-Moduls in Leipzig der Hochvoltspeicher eingebaut. Anschließend werden die Motoren und Getriebe ebenfalls mit der Modulstruktur verschraubt. Nach der Montage des schon in Dingolfing vormontierten Vorderachsträgers und weiterer Strukturteile ist das Drive-Modul des BMW i8 bereit für die Endmontage.

Vom Karosseriebau gelangt die CFK-Fahrgastzelle in die Montagehalle. Sie erhält dort auf dem BMW i8 Montageband die kundenspezifische Ausstattung. Im sogenannten Aufrüstband erfolgt parallel die Vormontage der Antriebskomponenten. Anschließend werden in der „Hochzeit“ die CFK-Fahrgastzelle und das Aluminium-Chassis miteinander verklebt. Zusätzlich gibt es vier weitere Verschraubungspunkte. Das gewährleistet optimale Steifigkeit und Stabilität. Erst danach erhält der BMW i8 sein finales äußeres Kunststoffkleid. Das Montageband des BMW i8 beinhaltet insgesamt 14 Arbeitstakte. Zuletzt durchläuft der Sportwagen – zusammen mit dem i3 und den anderen in Leipzig gefertigten BMW Fahrzeugen – den abschließenden Finish-Bereich mit umfassenden Qualitätskontrollen.

Die Durchlaufzeit in Karosseriebau und Montage beträgt mit 20 Stunden nur die Hälfte der in der konventionellen Produktion benötigten Zeit, da Arbeitsschritte parallel stattfinden und weniger Karosseriebauteile in der CFK-Struktur verbaut werden.