

# 25 Jahre BMW (Forschung und) Technik GmbH. Inhaltsverzeichnis.

<b>1. Quelle der Innovation.</b> <b>25 Jahre BMW (Forschung und) Technik GmbH.</b> (Kurzfassung) .....	2
<b>2. Innovationskraft erlebbar gemacht.</b> <b>Die Konzeptfahrzeuge der BMW Technik GmbH. ....</b>	15
<b>3. Die Zukunft der Fahrfreude.</b> <b>Efficient Dynamics – aus der Forschung auf die Straße. ....</b>	23
<b>4. Mehr Fahrfreude, Komfort und Sicherheit durch intelligente Vernetzung.</b> <b>Connected Drive – ein dynamisches Konzept mit faszinierenden Perspektiven. ....</b>	32



# 1. Quelle der Innovation. 25 Jahre BMW (Forschung und) Technik GmbH. (Kurzfassung)

Innovationskraft bedeutet Zukunftsfähigkeit. Die BMW Group verdankt ihren Status als weltweit erfolgreichster Hersteller von Premium-Automobilen einer herausragenden Entwicklungskompetenz in allen für Fahrfreude, Nachhaltigkeit und Sicherheit relevanten Bereichen. Die Grundlagen dafür werden seit einem Vierteljahrhundert in der BMW (Forschung und) Technik GmbH geschaffen. Die in dieser Denkfabrik tätigen Forscher entwickeln Technologien und Konzepte für die individuelle Mobilität von morgen. Mit der vor 25 Jahren ins Leben gerufenen Tochtergesellschaft verfügt die BMW Group heute über ein weltweit einzigartiges Kompetenzzentrum, das als Quelle für Innovationen ihre Technologieführerschaft sichert und weiter ausbaut.

Diese Grundlagenarbeit erfolgt unabhängig, aber nicht losgelöst von der Entwicklung von Serienfahrzeugen. Die in der BMW Forschung und Technik GmbH tätigen Spezialisten genießen ein hohes Maß an kreativer Freiheit, das es ihnen ermöglicht, neuartige Ansätze zu verfolgen und nach unkonventionellen Lösungen zu suchen. Sie nutzen unterschiedliche Inspirationsquellen, die von der Bionik bis zur Raumfahrttechnik reichen können, und entwickeln Zukunftsperspektiven, die weit über den Produktlebenszyklus eines Fahrzeugmodells hinausreichen. „Unsere projektbezogene Forschung ist nicht an die aktuelle Produktpalette gebunden, aber natürlich orientieren wir uns an dem Ziel, die charakteristischen Merkmale von Fahrzeugen der BMW Group permanent zu optimieren und unsere Projekte und Themen in die Serienentwicklung zu transferieren.“, erläutert Professor Dr. Raymond Freymann, Geschäftsführer der BMW Forschung und Technik GmbH.

Mit dem Konzept der Kooperativen Forschung wird zudem gewährleistet, dass auch die für eine spätere Serienentwicklung verantwortlichen Abteilungen frühzeitig in das entsprechende Projekt eingebunden werden. Bereits in der Forschungsphase werden auf diese Weise Realisierungsmöglichkeiten geprüft. Die Initiatoren einer Innovation begleiten ihr Projekt auch nach dem Übergang in die Vor- beziehungsweise Serienentwicklungsphase und wechseln dann mit ihrem Thema in die entsprechende Serienentwicklungsabteilung der BMW AG. Somit wird



garantiert, dass an den Schnittstellen keine Informationen verloren gehen und auch personell ein reger Austausch zwischen Forschung und Serienentwicklung besteht. Diese Strategie stellt eine zielgerichtete und effiziente Nutzung der in der BMW Forschung und Technik GmbH gebündelten Innovationskraft sicher.

### **Kompetenzzentrum in München, internationales Netzwerk.**

Das Tochterunternehmen wurde 1985 als BMW Technik GmbH gegründet. Als Aufgabenschwerpunkte wurden damals die Entwicklung und der Bau von Konzeptfahrzeugen definiert. Das Vorstandsprotokoll vom Januar 1985 machte die anstehenden Aufgaben deutlich: „Die kürzlich gegründete BMW Technik GmbH hat die Aufgabe, frei von den Zwängen eines konkreten Serienanlauftermins neuartige, in die Zukunft gerichtete und originelle Fahrzeug-Gesamtkonzepte und Teilkonzepte zu entwickeln. Dabei werden jedoch stets serientaugliche Lösungen angestrebt.“ Zunächst sollten Projekte unter den Arbeitstiteln „Auto 2000“ und „Nahverkehrsfahrzeug“ ausgearbeitet werden.

Mit der Umbenennung zur BMW Forschung und Technik GmbH im Jahr 2003 wurde der Fokus auf eine fahrzeugübergreifende Technologieentwicklung verlagert. Mit aktuell rund 200 Mitarbeitern am Standort München versammelt die BMW Forschung und Technik GmbH umfassende Kompetenz in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Wasserstofftechnologien, Alternative Antriebs- und Energiemanagementkonzepte, Aktive Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme sowie Informations- und Kommunikationstechnologien im Fahrzeug unter einem Dach. Darüber hinaus unterhält sie Außenstellen in den USA: das Technology Office Palo Alto im Silicon Valley, Kalifornien, sowie das Liaison Office Clemson, South Carolina. Diese stehen in engem Kontakt zu Universitäten wie beispielsweise der Stanford University oder dem Massachusetts Institute of Technology, aber auch zu Forschungseinrichtungen und High-Tech-Firmen anderer Branchen, um innovative Trends und Technologien für den Einsatz im Automobilbereich zu erschließen.

Auch auf deutscher und europäischer Ebene erfolgt ein intensiver Austausch mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Mit der Beteiligung am intereuropäischen Hochschulnetzwerk Eurécom – ansässig am High-Tech-Standort Sophia Antipolis in Südfrankreich – sichert sich die Forschungstochter der BMW Group den Zugang zu führender Informations- und Telekommunikationstechnologie. Darüber hinaus treibt die BMW Forschung und Technik GmbH mit einem Stützpunkt am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz die Automatisierung von

intelligentem Verhalten und damit das „Auto der Zukunft“ voran. Durch das gemeinsam mit der Technischen Universität München gegründete Munich Center of Automotive Research (CAR@TUM) sichert sich die Tochtergesellschaft der BMW Group einen dauerhaften Kontakt zu hochkarätigen potenziellen Jungakademikern sowie zu wichtigen Ergebnissen aus der wissenschaftlichen Grundlagenforschung.

In öffentlich geförderten Forschungsprojekten arbeitet die BMW Forschung und Technik GmbH auch auf nationaler und internationaler Ebene mit anderen Automobilherstellern und Zulieferern zusammen, um industrieweite Standards zu schaffen, von denen schließlich alle Kunden profitieren. Aktuelles Beispiel ist der Feldversuch für Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation im Rahmen des Projekts „Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland“, kurz simTD.

### **Zum Jubiläum: Faszinierende Konzeptfahrzeuge, wegweisende Technologien.**

Die Geschichte der BMW Forschung und Technik GmbH ist von zahlreichen Konzeptfahrzeugen und technologischen Innovationen geprägt, die wegweisende Impulse für die Entwicklung von Serienfahrzeugen, Komponenten und Systemen lieferten. Je nach Themenschwerpunkt und Komplexität erreicht der Einfluss der Forschungsprojekte auf die Serienentwicklung unterschiedliche Ausprägungen: von der unmittelbaren Umsetzung in einem konkreten Produkt bis zum langfristigen Aufbau von Technologiekompetenz. Anlässlich des Jubiläums präsentiert die BMW Group Forschung und Technik eine Auswahl von Projekten, von denen einige erstmals außerhalb der streng abgeschirmten Labors und Werkstätten zu erleben sind.

Eines der ersten Projekte, die von der neuen Tochtergesellschaft umgesetzt wurden, ist der im Jahr 1988 entwickelte Prototyp eines BMW Z1 Coupé. Dieses Fahrzeug entstand im Rahmen einer Konzeptentwicklung auf Basis des allerersten Projekts der neuen Tochter, dem in einer Kleinserie gefertigten Roadster BMW Z1. Das Interesse der Entwickler richtete sich dabei auf Methoden und Technologien für eine möglichst effiziente Erweiterung eines Fahrzeugkonzepts auf zusätzliche Derivate. Eingesetzt wurden die damals gewonnenen Erkenntnisse unter anderem beim Serienmodell BMW Z3, das sowohl als Roadster als auch als Coupé produziert wurde, sowie beim BMW Z4 der ersten Generation, der ebenfalls in einer offenen und einer geschlossenen Variante angeboten wurde.

Zu den erstmals öffentlich vorgestellten Projekten gehört ein Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug auf Basis der BMW 1er Reihe. Mit ihm zeigt

die BMW Forschung und Technik GmbH eine vollkommen neuartige Ausprägung der im Rahmen von Efficient Dynamics entwickelten Hybridtechnologie in Verbindung mit der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger. Neben einem Vierzylinder-Benzinmotor verfügt das Forschungsfahrzeug über einen Elektroantrieb für den Stadtverkehr. Die elektrische Energie wird von einer kleinen Brennstoffzelle in Form einer Auxiliary Power Unit (APU) erzeugt und in Hochleistungskondensatoren zwischengespeichert. Diese so genannten Supercaps decken die Leistungsspitzen für Beschleunigungsvorgänge beziehungsweise Ampelstarts ab und nehmen den beim Bremsen zurückgewonnenen Strom auf. Durch die Verwendung einer vergleichsweise kleinen Brennstoffzelle zur Gewinnung von Strom aus Wasserstoff wird gerade für den Stadtverkehr ein hoher Wirkungsgrad erzielt, während der Verbrennungsmotor ausschließlich für Fahrten mit höherer Geschwindigkeit eingesetzt wird. Diese Kombination könnte zukünftig eine emissionsfreie Reichweite von mehreren hundert Kilometern im Stadtverkehr und ein „Nachladen“ innerhalb weniger Minuten ermöglichen – zuzüglich der Mobilitätsreserven, die der Verbrennungsmotor für Überlandfahrten bereitstellt.

Auch auf dem Gebiet der intelligenten Vernetzung von Fahrer, Fahrzeug und Umgebung ermöglicht die BMW Forschung und Technik GmbH anlässlich des Jubiläums einen exklusiven Blick auf innovative Projekte. Bereits heute umfasst BMW ConnectedDrive ein im Automobilbereich weltweit einzigartiges Angebot an Fahrerassistenzsystemen und Mobilitätsdienstleistungen, die sowohl den Komfort und die Sicherheit als auch die Nutzung von Infotainmentfunktionen im Fahrzeug optimieren. Zu den aktuellen Forschungsprojekten auf diesem Gebiet gehören der Engstellenassistent, der den Fahrer beispielsweise im Bereich von Baustellen beim Passieren von besonders schmalen Fahrspuren unterstützt, sowie der Nothalteassistent, der das Fahrzeug in einem medizinischen Notfall sicher zum Stehen bringt.

Zusätzlich werden aktuelle Beispiele für die erfolgreiche Kooperation der BMW Forschung und Technik GmbH mit der Technischen Universität München (CAR@TUM) vorgestellt. Im Rahmen des Projekts „IT-Motive 2020“ entwickeln die Forscher eine neuartige Architektur für die fahrzeuginterne Informations- und Kommunikationstechnologie, die es ermöglicht, die bislang auf eine Vielzahl von Steuergeräten verteilten Funktionen in einem homogenen Kommunikationsnetz zu bündeln. Ziel ist es, mit einer einheitlichen Hardware-Plattform die Darstellung einer ständig wachsenden Zahl von Fahrzeug-, Komfort- und Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.

## **Meilensteine: Vom BMW Z1 bis zum Leichtbau-Sportcoupé BMW Z29.**

Innovative Lösungen für eine Vielzahl von Aspekten der individuellen Mobilität zu entwickeln, war der Auftrag, der 1985 mit der Gründung der BMW Technik GmbH verbunden war. Bereits mit ihrem ersten Projekt kamen die Spezialisten der neu geschaffenen Abteilung dieser Aufgabe besonders gründlich nach. Sie entwickelten den Roadster BMW Z1. Mit diesem Fahrzeugprojekt sollten neuartige Werkstoffe erprobt, ein revolutionäres Karosseriekonzept dargestellt und Möglichkeiten zur Optimierung von Entwicklungsprozessen aufgezeigt werden. Das Ergebnis war so beeindruckend, dass schon drei Jahre später die ersten von insgesamt 8 000 Serienfahrzeugen das BMW Werk München verließen. Mit seiner Kunststoffkarosserie, den versenkbaren Türen und den faszinierenden Handling-Eigenschaften wurde der BMW Z1 nicht nur zum ersten Meilenstein in der Geschichte der BMW Technik GmbH, sondern auch zu einer Ausnahmereise auf der Straße.

Revolutionäre Karosserie-, aber auch Antriebskonzepte sollten in den folgenden Jahren die Forschungs- und Entwicklungsarbeit bestimmen. 1993 wurde der BMW Z13 vorgestellt, ein sportiv gestaltetes Kompaktfahrzeug mit Heckmotor und drei unkonventionell angeordneten Sitzplätzen. Der Fahrer konnte hinter dem zentral positionierten Lenkrad, die beiden Mitreisenden seitlich versetzt hinter ihm Platz nehmen. Die Studie zeichnete sich durch markentypische Fahrfreude, ein hohes Komfortniveau und herausragende Sicherheitsmerkmale aus.

### **BMW E1: Vorreiter für Elektromobilität.**

Noch im gleichen Jahr präsentierte die BMW Technik GmbH den BMW Z15. Dieses erste voll funktionstüchtige Konzeptfahrzeug mit reinem Elektroantrieb war die Weiterentwicklung des schon auf der Internationalen Automobilausstellung des Jahres 1991 gezeigten Elektrofahrzeugs BMW Z11. Als Prototyp mit der Modellbezeichnung BMW E1 stellt der sowohl unter aerodynamischen als auch ergonomischen Aspekten wegweisend gestaltete Viersitzer das auch im Alltagsbetrieb herausragend hohe Potenzial seiner emissionsfreien Antriebstechnik unter Beweis. Mit dem BMW E1 konnte eine Reichweite von bis zu 200 Kilometern erreicht werden, seine Höchstgeschwindigkeit betrug 120 km/h. Beim Publikum und bei unabhängigen Testern stieß der Prototyp auf einhellige Zustimmung. Bei der Leserwahl der „Auto Zeitung“ wurde der BMW E1 zum Sieger der Rubrik „Umwelt und Technik“ gekürt, die Fachzeitschrift „Auto Bild“ bezeichnete den BMW E1 als „das modernste Auto des Jahrhunderts“.

Schon damals wurde deutlich, dass BMW typische Fahrfreude und eine am Einsatz im Stadtverkehr orientierte Funktionalität auch in Verbindung mit rein elektrischem Antrieb realisierbar sind und eine Serienentwicklung unter der Voraussetzung einer leistungs- und kostenoptimierten Batterietechnologie umsetzbar wäre. Mit der im Rahmen des project i initiierten Entwicklung eines Megacity Vehicle für die emissionsfreie Mobilität in großstädtischen Ballungsräumen knüpft BMW heute an diese Erkenntnisse an. Ein innovatives Fahrzeugkonzept und jüngste Entwicklungsfortschritte im Bereich der Antriebs- und Energiespeichertechnologie bilden dabei die Voraussetzung für eine zeitgemäße Darstellung von Elektromobilität.

### **Neue Wege zu maximalem Fahrspaß: BMW Z18 und BMW Just 4/2.**

Auch bei der Entwicklung der im Jahr 1995 vorgestellten Prototypen widmeten sich die Spezialisten der BMW Technik GmbH der Suche nach neuen Ausprägungen der Fahrfreude. Eine ihrer Ideen bestand darin, ein automobiles Pendant für das in den 1990er Jahren besonders erfolgreiche Motorradkonzept der Enduro zu entwerfen. Die Lust auf Ausflüge auf unbefestigtem Terrain und das Vergnügen an Mobilität unter freiem Himmel wurden mit dem BMW Z18 erstmals auf vier Rädern kombiniert. Ein Achtzylinder-Motor, Allradantrieb, ein variables Innenraumkonzept und eine erhöhte Sitzposition kennzeichnen das neuartige Fahrerlebnis in dem robusten Roadster.

Der BMW Z18 wurde erst fünf Jahre nach seiner Entstehung erstmals öffentlich vorgestellt – Anlass war das 15-jährige Bestehen des Think Tanks. Ein weiterer Prototyp, der einen zuvor nur von Motorrädern bekannten Fahrspaß in Aussicht stellte, faszinierte dagegen schon 1995 das Publikum der Tokyo Motor Show in Japan. Freistehende Räder, eine Karosserie, die ohne Dach und Windschutzscheibe auskam, sowie ein 100 PS starker Vierzylinder-Motor im Heck kennzeichnen die Studie, deren Zweisitzigkeit bereits in der Modellbezeichnung BMW Just 4/2 zum Ausdruck kam.

### **Festival der Innovationen: Der BMW Z22.**

Zu den anspruchsvollsten Technologieträgern, die jemals in der BMW Technik GmbH entstanden, gehört der BMW Z22. Die 1999 vorgestellte Studie beinhaltete nicht weniger als 70 Innovationen und 61 angemeldete Erfindungen in den Bereichen Karosseriekonzept, Leichtbau, Antrieb, Sicherheit, Mechanik und Bedienung. Der Einsatz von kohlefaserverstärktem Kunststoff in einem neuartigen Verarbeitungsverfahren ermöglichte die Erfüllung höchster Crashesicherheitsstandards bei deutlich reduziertem Gewicht. Eine elektrische Lenkung, ein elektromechanisches Bremssystem, Kameras anstelle von Außen- und Rückspiegeln sowie eine auf das Wesentliche reduzierte Cockpitgestaltung prägen den zukunftsweisenden

Charakter des BMW Z22. Mit seinem adaptiven Kurvenlicht, einem Head-Up-Display und einer zentralen Bedieneinheit bot der Prototyp darüber hinaus innovative Funktionen, die bereits wenig später in BMW Serienfahrzeugen umgesetzt wurden.

### **Konsequenter Leichtbau für kompromisslose Fahrfreude: Der BMW Z29.**

Eine Optimierung des Fahrzeuggewichts durch den Einsatz modernster High-Tech-Werkstoffe stand auch im Mittelpunkt der Entwicklung der Konzeptstudie BMW Z29. Der Prototyp eines zweisitzigen Sportwagens wurde 2001 von der BMW Technik GmbH fertig gestellt und ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit mit einer weiteren Tochter der BMW Group, der BMW M GmbH. Das Fahrzeug fasziniert durch fließende Linien und nach oben aufschwingende Türen. Die Grundlagen für das herausragende fahrdynamische Potenzial des BMW Z29 sind unter der Motorhaube und unter dem Lack zu finden. Als Antriebsquelle diente der Reihensechszylinder-Motor des damals aktuellen BMW M3, die Fahrgastzelle wurde aus kohlefaserverstärktem Kunststoff gefertigt, Hinterachse, Front- und Heckmodul aus Aluminium. Die wichtigsten Resultate dieser Kombination: ein Leistungsgewicht von 3,4 Kilogramm pro PS und ein Beschleunigungswert von 4,4 Sekunden für den Spurt von null auf 100 km/h.

### **Forschung als Grundlage für Efficient Dynamics.**

Mit der Entwicklungsstrategie Efficient Dynamics verfügt die BMW Group über das weltweit wirksamste Programm zur Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte im Straßenverkehr. Neben konsequentem Leichtbau gehören vor allem die Entwicklung von wirkungsgradoptimierten Antriebssystemen, ein intelligentes Energiemanagement im Fahrzeug und aerodynamische Maßnahmen zu dieser Strategie. Auf all diesen Gebieten hat die BMW Forschung und Technik GmbH seit ihrer Gründung maßgebliche Fortschritte erzielt, deren Ergebnisse vielfach in die Serienentwicklung neuer Modelle eingeflossen sind.

Darüber hinaus wurde intensive Grundlagenarbeit bei der Entwicklung von innovativen und alternativen Antriebssystemen geleistet. Das Spektrum der Forschung reicht dabei von neuen Konzepten für den klassischen Verbrennungsmotor über Hybridtechnologie und den Einsatz von Wasserstoff als Energieträger im Fahrzeug bis hin zur Elektromobilität und umfasst damit alle Themenbereiche, die heute als Säulen der Entwicklungsstrategie Efficient Dynamics dienen.



### **Hybridkonzepte: Mehr Effizienz, mehr Fahrfreude – von Anfang an.**

Mit dem BMW ActiveHybrid 7 und dem BMW ActiveHybrid X6 sind im Jahr 2010 die beiden ersten Modelle der Marke verfügbar, bei denen eine Kombination aus Verbrennungs- und Elektromotor zum Einsatz kommt. Beide Modelle nutzen eine jeweils eigenständige Ausprägung der BMW ActiveHybrid Technologie, zugleich weisen sie eine charakteristische Gemeinsamkeit auf: BMW ActiveHybrid sorgt für spürbar gesteigerte Fahrdynamik bei gleichzeitig signifikant reduzierten Verbrauchs- und Emissionswerten. Dieser doppelte Fortschritt ist in der Entwicklungsstrategie BMW EfficientDynamics manifestiert und hat auch die bei der BMW Forschung und Technik GmbH betriebene Grundlagenarbeit im Bereich der Hybridtechnologie von Anfang an bestimmt. Hybridtechnologie im Stil von BMW fördert sowohl die Effizienz als auch die Fahrfreude.

Vollelektrisches und damit emissionsfreies Fahren mit einer für den Stadtverkehr optimierten Charakteristik ermöglicht schon das im Jahr 1994 entwickelte Hybridkonzeptfahrzeug auf Basis eines BMW 5er. Seine als so genanntes paralleles Hybridsystem konfigurierte Antriebstechnologie kombinierte einen Vierzylinder-Benzinmotor mit einem Elektroantrieb, der eine maximale Leistung von 26 kW entwickelte. Die in einer Nickel-Metallhydrid-Batterie gespeicherte Energie genügte für eine Reichweite von elf Kilometern im rein elektrischen Fahrmodus. Hybridtechnologie im BMW 5er ist heute aktueller denn je und auf dem Weg zur Serienreife, wie das auf dem Internationalen Automobilsalon 2010 in Genf präsentierte BMW Concept 5 Series ActiveHybrid eindrucksvoll unter Beweis stellt.

Nur ein Jahr später hatte die Forschung ein weiteres Hybridkonzeptfahrzeug entwickelt und dabei die rein elektrisch zu absolvierende Distanz erweitert. Der BMW 3er mit serieller Hybridtechnologie war ebenfalls vor allem auf den Stadtverkehr abgestimmt und konnte bis zu 38 Kilometer bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor zurücklegen. Als Ergänzung des Vierzylinder-Benzinantriebs dienten zwei Elektromotoren. Einer von ihnen übernahm die Antriebs-, der andere die Generatorfunktion innerhalb des Systems.

Mit einem Hybridfahrzeug auf Basis der ersten Generation des BMW X5 demonstrierte die Forschung im Jahr 2001 die bis dahin erzielten Fortschritte in der Antriebs- und Energiespeichertechnik. In dieser Studie wurden ein Achtzylinder-Benzinmotor und ein Elektroantrieb miteinander kombiniert, die gemeinsam ein maximales Drehmoment von 1000 Newtonmetern bereitstellten. Wichtigste Innovation des ersten Fahrzeugs aus der Strategie „Effiziente Dynamik“ waren darüber hinaus die als Supercaps bezeichneten Doppelschichtkondensatoren, die als Energiespeicher mit besonders hoher Leistungsdichte eingesetzt wurden.

Mit konsequent weiterentwickelten und in die Seitenschweller integrierten Supercaps präsentierte sich das BMW Concept X3 EfficientDynamics, das auf der Internationalen Automobilausstellung 2005 in Frankfurt zu sehen war. Auch für die Verbindung von Verbrennungs- und Elektromotor konnten die Spezialisten der BMW Forschung und Technik GmbH neue Lösungen vorstellen. Im BMW Concept X3 EfficientDynamics wurde der Elektromotor einschließlich der Leistungselektronik in ein kompaktes Aktivgetriebe integriert.

### **Option für die Zukunft, dank intensiver Forschung heute schon nutzbar: Wasserstoff als Energieträger.**

Langfristig setzt die BMW Group auch auf die Nutzung von Wasserstoff als alternativem Energieträger im Fahrzeug. Der Einsatz von Wasserstoff, der mithilfe von regenerativ erzeugter Energie produziert wird, bietet die Option für eine emissionsfreie Mobilität von morgen. Die Alltagstauglichkeit dieser Antriebstechnologie wurde mit dem BMW Hydrogen 7 unter Beweis gestellt, der den vollständigen Serienentwicklungsprozess durchlief und anschließend in einer Kleinserie produziert wurde. Die weltweit erste Wasserstoff-Luxuslimousine für die Nutzung im Alltagsbetrieb wird von einem bivalenten Zwölfzylinder-Verbrennungsmotor angetrieben und ausgewählten Kunden weltweit zur Verfügung gestellt. Diese legten inzwischen bereits mehr als vier Millionen Kilometer mit dem BMW Hydrogen 7 zurück.

Auf dem Weg zum BMW Hydrogen 7 steuerte die BMW Group Forschung und Technik die Ergebnisse aus einer Vielzahl von Forschungsprojekten und Konzeptfahrzeugen bei, die zu einem wesentlich besseren Verständnis der Wasserstofftechnologie und der Rahmenbedingungen für einen Einsatz im Automobil beitrugen. Vorläufer des BMW Hydrogen 7 war das im Jahr 2000 vorgestellte und im Rahmen der Weltausstellung Expo als Shuttle-Fahrzeug eingesetzte Konzeptfahrzeug BMW 750hL, das im Jahr darauf im Rahmen der „CleanEnergy World Tour 2001“ einen Praxistest von mehr als 170 000 Kilometer absolvierte. Weitere Pionierleistungen wurden mit dem Wasserstoffrekordfahrzeug BMW H<sub>2</sub>R erbracht. Im September 2004 erzielte das von einem Zwölfzylinder-Aggregat angetriebene Modell auf dem BMW Testgelände im französischen Miramas neun internationale Rekorde für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge mit Hubkolbenmotor und erreichte dabei eine Höchstgeschwindigkeit von mehr als 300 km/h.

Aktuell konzentriert sich die Forschung auf die noch zu lösenden Herausforderungen für den Einsatz von Wasserstoff. Meilensteine sind hier die Entwicklung eines Wasserstoff-Vierzylinder-Kryo-Versuchsmotors und modularer Wasserstoff-Einzylinder-Forschungsmotoren mit Otto- sowie Diesel-typischen Brennraumgeometrien, mit denen für Wasserstoffantriebe

herausragende Leistungen und Wirkungsgrade realisiert wurden. Zu den weiteren von der BMW Forschung und Technik GmbH vorangetriebenen Innovationen im Bereich der Wasserstofftechnologie gehören ein gewichtsoptimierter Freiformtank aus kohlefaserverstärktem Kunststoff für die Wasserstoffspeicherung im Fahrzeug und ein Reformersystem zur Erzeugung von Synthesegas als Konzept für eine wirksame Emissionsreduzierung in der Kaltstart- und Katalysator-Aufheizphase.

Ein weiteres Aufgabenfeld ist die Verfolgung der Brennstoffzellentechnologie mit konsequenter Fokussierung auf eine Anwendung zur Stromerzeugung für das Fahrzeugbordnetz. Die Nutzung der Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit (APU) wird bei BMW bereits seit 1997 verfolgt, die konsequente Weiterentwicklung über mittlerweile vier Technikgenerationen von APUs hat zu einem stetig gesteigerten Wirkungsgrad und permanent optimierter Alltagstauglichkeit geführt, die mit dem Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug anlässlich des Jubiläums demonstriert werden.

### **Connected Drive: Vernetzung als Schlüssel zu mehr Komfort, Sicherheit und Fahrfreude.**

Mit der Entwicklung elektronischer Systeme, die eine intelligente Vernetzung von Fahrer, Fahrzeug und Umgebung ermöglichen, hat die BMW Forschung und Technik GmbH maßgebliche Beiträge zur Steigerung des Komforts, der Sicherheit und der Fahrfreude geleistet. Viele der heute im Rahmen von BMW ConnectedDrive in aktuellen Serienfahrzeugen angebotenen Fahrerassistenzsysteme, Mobilitätsdienstleistungen und Systeme zur Integration von externen Kommunikations- und Entertainmentgeräten basieren auf Innovationen der BMW Forschung und Technik GmbH.

Um neue Perspektiven bei der Vernetzung mit der Außenwelt zu erschließen und die Grundlagen für die dafür erforderliche Technologie zu bilden, arbeiten die Spezialisten der BMW Group Forschung und Technik an Assistenzsystemen, die weit über das in bisherigen Serienfahrzeugen realisierte Maß an Fahrerunterstützung hinausgehen. Neben dem TrackTrainer, der mithilfe einer Fusion von hochgenauer digitaler Karte, GPS- und Videodaten in der Lage ist, Rennstrecken – und sogar die Nürburgring-Nordschleife – für Schulungszwecke im Rahmen des BMW Fahrer-Trainings auf der Ideallinie autonom zu umrunden, stammen noch weitere Technologien zu weit reichenden Assistenzsystemen aus der Entwicklungsabteilung der BMW Forschung und Technik GmbH.

Der im Rahmen des Forschungsprojekts „SmartSenior – Intelligente Dienstleistungen für Senioren“ konzipierte Nothalteassistent nutzt die für den TrackTrainer entwickelte Technologie zur Steigerung der Verkehrssicherheit.

Das System ist in der Lage, sobald eine gesundheitlich bedingte Notfallsituation des Fahrers erkannt wird, in einen autonomen Fahrmodus zu wechseln, um ein abgesichertes Nothaltemanöver zu absolvieren. Die Grundlage für eine präzise Ausführung des erforderlichen Manövers bildet hierbei neben der zuverlässigen Lokalisierung des Fahrzeugs innerhalb der eigenen Fahrspur vor allem die robuste Erkennung aller Fahrzeuge in der unmittelbaren Umgebung.

Ein weiteres Forschungsprojekt auf dem Gebiet des automatisierten Fahrens ist der 2006 vorgestellte, so genannte Garagenparker. Dieses System ermöglicht das selbsttätige Manövrieren des Fahrzeugs. Alle Antriebs-, Brems- und Lenkfunktionen werden automatisch gesteuert, so dass das Fahrzeug durch die Fernbedienung des Fahrers in eine enge Garage hinein- und auch wieder aus ihr herausgesteuert werden kann. Bei Bedarf sorgt das System für eine automatische Aktivierung der Warnblinkanlage und der Scheinwerfer sowie für das An- und Ausklappen der Außenspiegel – und natürlich sorgen die Sensoren für einen automatischen Stopp, sollte ein Hindernis auftauchen.

### **Mehr Sicherheit und Effizienz durch gezielte Kommunikation.**

Ein wichtiges Thema ist für die Forschungstochter der als Fahrzeug-zu-X-Kommunikation (Car2X) bezeichnete Austausch von Informationen zwischen Fahrzeugen untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur. So können zum Beispiel Lichtsignalanlagen Informationen über ihre Schaltzeiten übertragen, damit ein Fahrerassistenzsystem entweder über die optimale Geschwindigkeit für eine persönliche „grüne Welle“ informieren oder vor einer Rotlichtüberfahung warnen kann. Ein gezielter Transfer von Daten über die Verkehrslage, die Fahrbahnbeschaffenheit und weitere Faktoren ermöglicht es, frühzeitig Warnungen vor Unfällen, Staus oder Glatteisbildung von einem Fahrzeug an andere Verkehrsteilnehmer in der Umgebung zu verbreiten. Zusätzlich ist auf Grundlage der übermittelten Fahrzeugdaten eine Berechnung des Kollisionsrisikos möglich, so dass beispielsweise vor Zusammenstößen an Kreuzungen gewarnt werden kann. Als Hersteller von Autos und Motorrädern ist die BMW Group bei diesem Thema in der einmaligen Lage, beide Fahrzeugtypen in die Kommunikationsszenarien einzubinden.

Auch bei der Entwicklung revolutionärer Bedienkonzepte und Regelsysteme wird in der BMW Forschung und Technik GmbH permanent Grundlagenarbeit geleistet. Ein Beispiel dafür ist das in einem BMW 3er compact der zweiten Generation dargestellte Konzept einer vollkommen neuartigen Cockpit-Gestaltung, in deren Mittelpunkt die so genannten Drive Sticks stehen. Anstelle von Lenkrad, Gas- und Bremspedal verfügt das

Konzeptfahrzeug über zwei vertikal aus der Türverkleidung und der Mittelkonsole hervorragende Bedienelemente, mit denen sich Fahrtrichtung, Beschleunigung und Verzögerung über Drive-by-wire-Technologie steuern lassen. Das Projekt Drive Stick Car verdeutlicht in besonders anschaulicher Weise die Fähigkeit der Spezialisten der BMW Forschung und Technik GmbH, auch Grundsätzliches in Frage zu stellen, mit hoher Kreativität nach radikal anderen Lösungen zu suchen und dabei das Potenzial innovativer Technologien auszuloten. Die bei diesem Projekt gesammelten Erkenntnisse beeinflussten unter anderem die Entwicklung der elektromechanischen Servolenkung. Sie bietet auch unter den Bedingungen einer elektromotorisch erzeugten Lenkunterstützung das BMW typische Lenkgefühl.

Ihre Grundlagenforschung und Technologieentwicklung führt die Spezialisten immer wieder auf Themenfelder, die auf den ersten Blick weit jenseits des Automobilbereichs liegen. Langfristig fließen aber auch die dabei gewonnenen Erkenntnisse in Projekte ein, die zu einer Steigerung von Komfort, Sicherheit und Fahrfreude im Rahmen von BMW ConnectedDrive führen. So entwickelte das Team des Technology Office im US-amerikanischen Palo Alto eine Head-Up Brille für die Crew-Mitglieder des BMW ORACLE Racing Teams. Dieses System, das für den Einsatz bei der Hochseesegelregatta um den America's Cup konzipiert wurde, ermöglicht es, schnell und gezielt Informationen und Kommandos mittels Projektion auf die Brillengläser zu übertragen. Bei dem Projekt wurde zusätzliches Knowhow generiert, das für die Weiterentwicklung des Head-Up Displays in aktuellen Serienfahrzeugen von BMW genutzt werden konnte.

**Identifikation und Integration neuer Technologien als Erfolgsrezept: Infotainment mit weltweit einzigartigem Funktionsumfang.**

Auch für die Einbindung externer Kommunikations- und Entertainmentgeräte ins Fahrzeug wurden im Technology Office in Palo Alto maßgebliche Grundlagen geschaffen. Dort entstand unter anderem die erste Schnittstelle, die eine Integration des Apple iPod einschließlich der Möglichkeit zur Bedienung der Audiofunktion über das BMW iDrive System gewährleistet. Die von der BMW Forschung und Technik GmbH geleistete Pionierarbeit sichert BMW bis heute eine Ausnahmeposition bei der Integration externer Kommunikations- und Entertainmentsysteme ins Fahrzeug. Die im Rahmen von BMW ConnectedDrive angebotenen Systeme und Services gewährleisten einen Funktionsumfang, der weltweit von keinem anderen Automobilhersteller erreicht wird.

Auch für künftige Mobilitätslösungen werden bereits heute innovative Services einschließlich der dafür benötigten Technologie konzipiert. So entwickelte das BMW Group Technology Office Palo Alto zusammen mit

weiteren Fachabteilungen für das Konzeptfahrzeug BMW ActiveE eine iPhone Applikation, die unter anderem aktuelle Informationen über den Batterieladezustand und die potenzielle Reichweite des rein elektrisch betriebenen Fahrzeugs direkt auf das Mobiltelefon des Fahrers überträgt.

Als Mittel zur Vernetzung der Mobilität mit der übrigen Lebenswelt des Fahrers wurde der Prototyp eines multifunktionalen Autoschlüssels entwickelt. Der so genannte BMW Key ist mit einem Sicherheitschip versehen, der unter anderem bargeldloses Einkaufen ermöglicht oder auch beispielsweise die Buchung von Hotelzimmern speichert. Darüber hinaus bietet der Fahrzeugschlüssel mit integrierter Kreditkartenfunktion die Möglichkeit, elektronische Fahrkarten für Bus und Bahn oder auch Flugtickets im Auto zu buchen und auf dem Schlüssel zu speichern. Bei der Nutzung von Mietwagen oder Car-Sharing-Systemen bietet der personalisierte Schlüssel zusätzliches Potenzial, weil er nicht dem Fahrzeug, sondern seinem Besitzer zugeordnet ist.

## 2. Innovationskraft erlebbar gemacht. Die Konzeptfahrzeuge der BMW Technik GmbH.

Frei von konventionellen Vorgaben, losgelöst von der aktuellen Serienentwicklung und unter Ausschluss der Öffentlichkeit entstehen in der BMW Forschung und Technik GmbH Projekte und Visionen, die ihrer Zeit weit voraus sind. Nicht alle Gedankenspiele der Ingenieure erreichen das Stadium, in dem ein real existierender Prototyp aufgebaut wird, aber überwiegend fließen die gewonnenen Erkenntnisse indirekt oder mit zeitlichem Abstand in die Entwicklung von Serienfahrzeugen ein. Oft genug muss die Realität erst einmal etliche Schritte aufholen, um mit den weit in die Zukunft gerichteten Projekten mithalten zu können. So kommt es vor, dass manche Projekte, die in der BMW Forschung und Technik GmbH entstehen, erst Jahre später auch der Öffentlichkeit präsentiert werden.

Hinzu kommt, dass Projekte aus unterschiedlichen Forschungsbereichen niemals im Gleichschritt den Status vorzeigbarer Ergebnisse erreichen. Außerdem werden bei der Präsentation von Forschungsergebnissen inhaltliche Prioritäten gesetzt, die entweder zu einer frühzeitigen Darstellung von Einzelaspekten oder zu einem bewusst mit längeren Vorlaufzeiten bedachten Gesamtkonzept führen. Ein Indiz für derartige Abwägungen ist unter anderem die Nomenklatur der Konzeptfahrzeuge, die im Verlauf von 25 Jahren in der BMW Forschung und Technik GmbH entstanden. Ihre durchlaufende Nummerierung, beginnend beim BMW Z1, weist Lücken auf und stimmt nicht immer chronologisch mit dem Veröffentlichungstermin überein. Einige Lücken entstanden, weil die damit verbundenen Projekte unter anderen Namen vorgestellt wurden, einige, weil die Konzepte nicht über den Status von Skizzen und Überlegungen hinaus Bestand hatten.

### **BMW Z1: Als Erstlingswerk gleich eine Legende.**

Gleich mit ihrer ersten Entwicklung sorgten die Ingenieure des zunächst BMW Technik GmbH genannten Think Tank für Furore. Sie bündelten ihre Ideen für ein vollständig neues Fahrzeugkonzept in einem zweisitzigen Roadster. Damit widmeten sie sich einem Fahrzeugtyp, der Mitte der 1980er Jahre beinahe in Vergessenheit geraten war. Schon das erste Projekt war also ein perfektes Beispiel für die sehr spezielle Herangehensweise des Unternehmens.



Die Highlights des BMW Z1 gingen weit über das vom Publikum mit Begeisterung aufgenommene Karosseriedesign und den als Antriebsquelle dienenden 125 kW/170 PS starken Sechszylinder-Reihenmotor hinaus. Schließlich war der offene Sportwagen, mit dessen Entwicklung in der zweiten Hälfte des Jahres 1985 begonnen wurde, als Pilotprojekt für innovative Fahrzeugstrukturen, die Herstellung und Verwendung neuer Werkstoffe sowie die Optimierung von Entwicklungsprozessen geplant.

Die Struktur des BMW Z1 besteht aus einem monocoqueartigen Stahlchassis mit eingeklebtem Kunststoffboden. Seine Karosserie ist aus elastischen, gegen Beschädigungen unempfindlichen Spezialkunststoffen gefertigt. Es kamen neue Thermoplaste und Sandwich-Bauteile zum Einsatz. Die vergleichsweise hohen Seitenschweller gewährleisteten ein Maß an Insassenschutz, das in einem Roadster bis dahin nicht erreicht wurde. Für Aufsehen sorgten vor allem die elektromechanisch versenkbaren Türen.

Um mit dem bis zu 225 km/h schnellen BMW Z1 auch in der Disziplin Fahrspaß die Zukunft einzuläuten, entwickelten die Techniker eine völlig neue Radführung für die hinteren, angetriebenen Räder. Die sogenannte zentralpunktgeführte, sphärische Doppelquerlenker-Hinterachse bildete die Basis für das Go-kart-ähnliche Fahrverhalten des Roadsters. Diese Konstruktion wird später als Z-Achse in der BMW 3er Reihe zu einer der wesentlichen Grundlagen für das konkurrenzlos agile Fahrverhalten der Mittelklassemodelle von BMW.

Auch das Ziel, Entwicklungszeiten zu verkürzen, gelang dem neu formierten Team der BMW Technik GmbH auf Anhieb. Schon drei Jahre nach dem Projektstart lief die Serienfertigung des Fahrzeugs an. Der heute legendäre BMW Z1 wurde von den äußerst anspruchsvollen Roadsterfans mit offenen Armen empfangen. Zwischen 1988 und 1990 wurden exakt 8000 Exemplare gebaut. Noch heute ist der BMW Z1 ein Liebhabermodell – und das obwohl das Konzept ursprünglich nie zur Serienfertigung vorgesehen war.

### **BMW Z1 Coupé: Die Basis für das Plattformkonzept.**

Der ursprüngliche Forschungsauftrag, der schließlich zur Entstehung des BMW Z1 führte, beinhaltete Grundlagenarbeit auf den Gebieten Karosseriebau, Werkstoffe und Entwicklungsprozesse. Darin eingeschlossen war von Beginn an eine Ausdehnung der neu geschaffenen Methoden auf mehrere Fahrzeugkonzepte. Dem BMW Z1, der als faszinierender Roadster zu einem Publikumsrenner wurde, hätten auf diese Weise weitere Modellvarianten an die Seite gestellt werden können. Angedacht wurden unter anderem ein Coupé sowie eine Allradversion. Die Voraussetzungen für eine derartige Diversifizierung wurden bei der Konstruktion von Bodengruppe



und Fahrwerk berücksichtigt. Und tatsächlich entstand ein in der Öffentlichkeit bis heute kaum bekanntes Designmodell eines BMW Z1 Coupé.

Das BMW Z1 Coupé Kunststoffmodell, das anlässlich des Jubiläums der BMW Forschung und Technik GmbH ausgestellt wird, zeigt das Potenzial einer derartigen Plattformstrategie für Roadster und geschlossene Coupés. Im Rahmen dieses Projekts – intern mit dem Namen BMW Z2 belegt – wurden Voraussetzungen definiert, unter denen maßgebliche Komponenten für mehrere Fahrzeugkonzepte eingesetzt werden können. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse entstanden innovative Entwicklungsprozesse, die bereits wenig später bei neuen BMW Modellen aufgegriffen wurden und eine außergewöhnlich effiziente Auffächerung des Modellangebots ermöglichten. Der sogenannte „Off-Roadster“ blieb aber eine aus Holz, Gips und Kunststoff entstandene Studie mit Anlehnung an die Z1 Stilistik und wurde nicht weiter verfolgt.

Während also das BMW Z1 Coupé niemals auf die Straße kam, wurde die innovative Plattformstrategie schon wenige Jahre später erstmals bei der Entwicklung eines Serienfahrzeugs genutzt. Im Jahre 1995 präsentierte BMW den Roadster BMW Z3. Als puristisch offenes Symbol für Fahrfreude begeisterte der Zweisitzer auf den ersten Blick – das Potenzial für eine Erweiterung des Modellangebots war dagegen nicht auf Anhieb zu erkennen. Umgesetzt wurde es im Jahr 1998, als das BMW Z3 Coupé auf den Markt kam.

Diese gewonnene Flexibilität bei der Entwicklung zusätzlicher Varianten wurde auch für das Nachfolgemodell genutzt. Der im Jahr 2002 eingeführte BMW Z4 debütierte als Roadster, vier Jahre später wurde ihm das BMW Z4 Coupé an die Seite gestellt.

### **BMW E1: Premiere auf dem Gebiet der Elektrofahrzeuge.**

Das Z am Beginn des Projektnamens blieb auch in den folgenden Jahren eine charakteristische Gemeinsamkeit aller Konzeptfahrzeuge der BMW Technik GmbH. Zu Beginn der 1990er Jahre war die Nomenklatur des äußerst aktiven Unternehmens bereits bei der Zahl 11 angelangt. Dass der intern als BMW Z11 bezeichnete Prototyp schließlich als BMW E1 an die Öffentlichkeit trat, stellt einen Hinweis auf seinen revolutionären Antrieb dar: Im Heck des auf der Internationalen Automobil-Ausstellung 1991 in Frankfurt präsentierten BMW E1 arbeitete ein Elektromotor. Das Entwicklungsziel dieses Projekts lautete, die Vor- und Nachteile eines rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugs im praktischen Einsatz zu erforschen. Dabei sollte

der BMW E1 zugleich ein eigenständiges und leistungsfähiges Automobil darstellen, das bei aller Funktionalität auf Fahrfreude ausgelegt war.

Heute gilt der BMW E1 als Ausgangspunkt für die ganzheitliche Entwicklung von Konzepten für Elektromobilität bei der BMW Group. Bereits seit Beginn der 1970er Jahre waren mehrere, auf konventionellen Serienmodellen basierende Elektrofahrzeuge entstanden, mit denen grundlegende Erkenntnisse auf den Gebieten der Antriebs- und Energiespeichertechnologie gewonnen wurden. Mit dem BMW E1 wurde das erste reinrassig auf Elektromobilität ausgerichtete Fahrzeugkonzept entwickelt. Der Elektromotor des BMW E1 leistet 37 kW, die Kraftübertragung erfolgt auf die Hinterachse. Das dank neuartiger Aluminiumprofilbauweise und Kunststoffkarosserie erstaunlich leichte Citymobil erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h, die Reichweite beträgt 200 Kilometer.

Der BMW E1 war ein vollständig fahr- und darüber hinaus auch alltagstauglicher Prototyp. Die Fahrleistungen und praktischen Qualitäten des auch aerodynamisch wegweisend konstruierten Fahrzeugs überzeugten die zeitgenössischen Tester auf Anhieb. Hochwertige Materialien und die BMW typisch hohe Verarbeitungsqualität grenzten den BMW E1 eindeutig von den wenigen anderen Elektrofahrzeugen ab. Airbags für Fahrer und Beifahrer setzten einen neuen Maßstab beim Insassenschutz. Die Fachzeitschrift „Auto Bild“ bezeichnete den vollständig emissionsfrei fahrenden 2+2-Sitzer als „das modernste Auto des Jahrhunderts“. Und bei der Leserwahl der „Auto Zeitung“ wurde der BMW E1 zum Sieger der Rubrik „Umwelt und Technik“ gekürt.

Beim BMW E1 sind Natriumschwefel-Batterien crashsicher unter der Fondsitzebank montiert. Zum Aufladen genügt dem Energiespeicher eine herkömmliche 220-Volt-Haushaltssteckdose. Das als Nachfolger konstruierte Konzeptfahrzeug BMW Z15 sowie der darauf basierende, geringfügig größere BMW E2 werden von einer Natrium-Nickelchlorid-Batterie mit Strom versorgt. Das grundlegende Fazit aus dieser Entwicklungsreihe aus den Anfängen der 1990er Jahre: Fahrzeuge mit Elektroantrieb sind technisch machbar, praktische Grenzen setzt allerdings die noch nicht ausreichend entwickelte Technologie zur Speicherung von elektrischer Energie. Dennoch legte die BMW Technik GmbH schon zu diesem Zeitpunkt den Grundstein für aktuelle Projekte zur emissionsfreien Mobilität in Ballungsräumen – und damit auch für den technologischen Vorsprung, den die BMW Group heute mit Fahrzeugen wie dem MINI E und dem Concept BMW ActiveE unter Beweis stellt.

### **BMW Z13: Ein Innenraumkonzept, das Konventionen sprengt.**

Im Jahr 1993 erhielten die Ingenieure der BMW Technik GmbH eine neue, spannende Aufgabe: Gesucht wurde ein zeitgerechtes Kompaktfahrzeug mit vorbildlicher aktiver und passiver Sicherheit, ausgeprägtem Komfort, überzeugenden Fahrleistungen sowie angemessener Ökonomie und Ökologie. Es sollte außerdem Fahrspaß und unaufdringliche Eleganz bieten und damit unverwechselbar die Werte der Marke verkörpern. Auf Basis dieser Vorgaben entwickelten die Spezialisten den BMW Z13.

Der voll funktionsfähige Prototyp vereint die Vorteile einer komfortablen Reiselimousine mit den Dimensionen eines Kleinwagens. Die an diesem Projekt beteiligten Techniker beschritten einen äußerst ungewöhnlichen Weg. Als sogenanntes Personal Car wurde der BMW Z13 für die hauptsächliche Verwendung als Einsitzer ausgelegt. Der mittig platzierte Fahrersitz ermöglicht die ergonomisch perfekte Anordnung aller Bedienelemente und bietet bei einem seitlichen Crash ebenso Vorteile wie beim Einsteigen und beim Verlassen des am Straßenrand geparkten Fahrzeugs. Je nach Verkehrssituation kann wahlweise die linke oder die rechte Tür genutzt werden.

Direkt hinter dem Fahrersitz liegt der variable Kofferraum, der beispielsweise Ski mit einer Länge von bis zu zwei Metern aufnimmt. Alternativ können jeweils links und rechts schräg hinter dem Fahrersitz zwei zusätzliche Sitze ausgeklappt werden. Diese unkonventionelle Anordnung bietet Passagieren im Fond eine unerreicht komfortable Beinfreiheit.

Die tragende Struktur des BMW Z13 wird von einem Leichtbau-Chassis aus Aluminiumprofilen (Space Frame) gebildet. Der 60 kW/82 PS starke Benzinmotor ist im Heck untergebracht. Das niedrige Fahrzeuggewicht von nur 830 Kilogramm trug dazu bei, dass beim durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch Werte zwischen fünf und sechs Litern je 100 Kilometer zu erreichen waren. Verpackt ist das ungewöhnliche Fahrzeugkonzept in einem extravaganten Design, das zu seiner Zeit herkömmliche Vorstellungen von einem Automobil sprengte. Gleichzeitig ermöglichte der BMW Z13 einen ganz konkreten Ausblick auf die Zukunft der mobilen Kommunikation. Am Armaturenbrett wurde neben einem Telefon und einem Faxgerät auch ein Satellitennavigationssystem installiert.

### **BMW Z18: Der erste Gelände-Roadster.**

Innovative Fahrzeugkonzepte schaffen neue Herausforderungen. Für die Spezialisten der BMW Technik GmbH sind diese vor allem deshalb so bedeutend, weil sie zu unkonventionellen technischen Lösungen inspirieren. Ergebnis einer derartigen Grenzüberschreitung ist das Konzeptfahrzeug

BMW Z18, das 1995 als erster Gelände-Roadster in die Geschichte des Unternehmens einging. Zur damaligen Zeit hatte der Wunsch nach vielseitiger Mobilität unter freiem Himmel und abseits fester Fahrbahnen einen Boom im Segment der Enduro-Motorräder ausgelöst. Bei der BMW Technik GmbH wurde diese Ausprägung der Fahrfreude auf ein automobiles Konzept übertragen. Jenseits aller bislang gängigen Fahrzeugklassen kombinierte der BMW Z18 auf einzigartige Weise begeisterndes Cabrio-Feeling mit der Robustheit und der Vielseitigkeit eines Geländewagens.

Als Antriebsquelle des fahrfertigen Prototyps dient ein 260 kW/355 PS starker Achtzylinder-Motor, für die gewünschte Geländetauglichkeit sorgt ein technisch aufwändiger Allradantrieb. Die auf einer Rahmenstruktur aus Stahlprofilen befestigte Kunststoffkarosserie erinnerte nicht von ungefähr an ein Boot – auch flache Wasserdurchfahrten meistert der BMW Z18 ohne Probleme. Das variable Innenraumkonzept – möglich waren Konfigurationen als Zweisitzer, Viersitzer oder Pickup – macht das ungewöhnliche Konzeptfahrzeug gleich in mehrfacher Hinsicht zu einem wahren Multitalent.

### **BMW Z21: Faszinierender Fahrspaß Just 4/2.**

Der BMW Z18 wurde erst fünf Jahre nach seiner Entstehung erstmals öffentlich vorgestellt. Ein weiterer Prototyp, der einen zuvor nur von Motorrädern bekannten Fahrspaß in Aussicht stellte, faszinierte dagegen schon 1995 das Publikum der Tokyo Motor Show in Japan. Beim im gleichen Jahr entstandenen Projekt BMW Z21 hatten die Ingenieure der BMW Technik GmbH nicht die Geländetauglichkeit, sondern erhöhten Fahrspaß auf befestigten Straßen in den Mittelpunkt gestellt. Das Resultat war ein auf das Wesentliche reduzierter Zweisitzer, der seine Technik offen zur Schau trug und seinem aus der Formulierung „Nur für zwei“ abgeleiteten Namen Just 4/2 alle Ehre machte.

Eine Karosserie ist beim BMW Just 4/2 nur rudimentär vorhanden, die Räder stehen wie bei einem Formelrennwagen frei. Der 73 kW/100 PS starke Vierzylinder-Antrieb, der aus dem Motorrad Modell BMW K 1100 entliehen ist, hat mit dem nur 550 Kilogramm schweren Prototypen leichtes Spiel. Aus dem Stand beschleunigt der Zweisitzer in rund sechs Sekunden auf Tempo 100, seine Höchstgeschwindigkeit beträgt 180 km/h. Für hohen Insassenschutz sorgen neben Airbags für Fahrer und Beifahrer sowie Seitenaufprallschutz speziell entwickelte Kleidung und Helme, die aus dem Projekt Z21 bereits bei der Premiere in Tokio ein Gesamtkunstwerk machten.

### **BMW Z22: Ein Meisterwerk der Mechatronik.**

Gegen Ende des 20. Jahrhunderts verschmolzen elektronische und mechanische Funktionen von Automobilen immer stärker miteinander. Die

unter dem Begriff Mechatronik zusammengefasste Technologie ermöglichte vollkommen neuartige Funktionen. Auch auf diesem Gebiet dachten die Ingenieure der BMW Technik GmbH um Jahre voraus. Und so ist der 1999 vorgestellte Mechatronik-Ideenträger BMW Z22 mit insgesamt 70 technischen Neuheiten und 61 grundlegenden Erfindungen eines der anspruchsvollsten Projekte, das im Think Tank der BMW Group jemals realisiert wurde.

Sowohl Lenkrad als auch Bremspedal arbeiten beim BMW Z22 nicht mechanisch, sondern übertragen die Befehle mittels elektrischer Impulse (Steer-by-wire, Brake-by-wire). Kameras ersetzen die Rückspiegel, ihre Aufnahmen werden in einem zentralen Display anstelle des Innenspiegels zu einem Panoramabild zusammengefügt. Ein Fingerabdruck-Scanner ersetzt den konventionellen Zündschlüssel. Wichtige Informationen wie Geschwindigkeit oder Hinweise des Navigationssystems werden per Head-Up Display ins Sichtfeld des Fahrers projiziert. Dadurch ließ sich die Instrumentierung des BMW Z22 auf zwei Monitore beschränken. Mit dem rechteckigen Multifunktionslenkrad wirkt der Innenraum fast wie ein Flugzeugcockpit. Der Fahrer kann verschiedene Schaltprogramme mittels eines elektrischen Drehschalters anwählen. Außerdem wurde der Prototyp mit einem lenkwinkelabhängigen Kurvenlicht ausgestattet – Vorläufer des heute für BMW Serienmodelle verfügbaren adaptiven Kurvenlichts. Auch das Head-Up Display und Kamerafunktionen wie Side View oder Top View sind mittlerweile in Serienfahrzeugen der BMW Group verfügbar – nur die Rückspiegel sind weiterhin gesetzlich vorgeschrieben.

Als Antriebsquelle wurde ein Vierzylinder-Benzinmotor mit 100 kW/136 PS ausgewählt. Das konventionelle Getriebe wurde durch eine CVT-Automatik mit stufenlos variabler Übersetzung ersetzt.

Bei der Karosseriestruktur gingen die Ingenieure völlig neue Wege. Sie trennten den Funktionsrahmen horizontal von der Fahrgastzelle. Diese ist beim BMW Z22, ähnlich wie ein Monocoque in einem Formel-1-Boliden, komplett aus kohlefaserverstärktem Kunststoff gefertigt. Dadurch wird nicht nur eine vorbildliche Crashesicherheit erreicht. Dank des ultraleichten Verbundwerkstoffs, der selbst Aluminium um rund 30 Prozent unterbietet, reduziert sich das Fahrzeuggewicht beträchtlich. Der Radstand eines BMW 7er bei der Außenlänge eines BMW 3er ermöglichte zudem ein völlig neues Innenraumkonzept. Bei gleichem Raumangebot wog der BMW Z22 rund ein Drittel weniger als ein BMW 528i Touring des Jahres 1999. Auch auf dem als Schlüsseltechnologie angesehenem Gebiet des Leichtbaus setzte das viertürige Konzeptfahrzeug damit neue Maßstäbe. Ein durchschnittlicher

Kraftstoffverbrauch von rund 6 Litern je 100 Kilometer war das messbare Resultat der konsequenten Gewichtsoptimierung.

Obwohl er als Machbarkeitsstudie die Grenzen des technisch Möglichen ausloten sollte, wurde der BMW Z22 als vollständig fahrfertiges Automobil konstruiert, das nicht mehr Eingewöhnungszeit erforderte als ein Serienfahrzeug. Das revolutionär einfache, intuitive Bedienkonzept garantierte auf Anhieb mühelose und entspannte Fahrfreude.

### **BMW Z29: Fahrmaschine aus Formel-1-Materialien.**

Konsequenter Leichtbau stand im Mittelpunkt des Projekts BMW Z29, das die BMW Forschung und Technik GmbH im Jahr 2001 verwirklichte. Als Konzeptfahrzeug schufen die Ingenieure ein emotionales und puristisches Sportcoupé, das vom 252 kW/343 PS starken Reihensechszylinder-Motor des damals aktuellen BMW M3 angetrieben wurde, sich aber mit nach oben schwingenden Flügeltüren bereits optisch deutlich von allen Serienmodellen der Marke differenzierte.

Die maximal zwei Insassen des BMW Z29 nehmen in einer Fahrgastzelle Platz, deren Struktur von einem Monocoque aus kohlefaserverstärktem Kunststoff gebildet wird. Daran verschraubt ist ein aus Aluminium bestehendes Frontmodul, das den als Frontmittelmotor platzierten Sechszylinder und die ebenfalls aus Aluminium gefertigte Doppelquerlenker-Vorderachse aufnimmt. Für die Kraftübertragung an die Hinterachse sorgt ein sequentielles M Getriebe mit sechs Gängen. Aluminium als Material für das Heckmodul und die Hinterachse senkt das Fahrzeuggewicht noch weiter ab.

Zusätzliches Gewicht sparten die Ingenieure durch innovative Strukturen im Cockpit ein. So sind die Ausströmer der Belüftungsanlage als Träger ausgebildet, an denen das Armaturenbrett befestigt ist. Allein durch diese und ähnliche Maßnahmen im Bereich des Interieurs wurde das Leergewicht des Fahrzeugs um rund 26 Kilogramm reduziert.

Der exakt vier Meter lange und 1 265 Millimeter flache Prototyp bringt es fahrfertig auf ein Gewicht von nur 1 160 Kilogramm. Das daraus resultierende Leistungsgewicht beträgt 3,4 kg/PS und liegt auf dem Niveau reinrassiger Sportwagen. Die Achslastverteilung erreicht den Idealwert von 50:50. Entsprechend beeindruckend fallen die Fahrleistungen aus. Der BMW Z29 beschleunigt in nur 4,4 Sekunden aus dem Stand auf Tempo 100, die Höchstgeschwindigkeit wird erst bei 270 km/h erreicht.

### 3. Die Zukunft der Fahrfreude. Efficient Dynamics – aus der Forschung auf die Straße.

Mit der Entwicklungsstrategie Efficient Dynamics verfügt die BMW Group über das weltweit wirksamste Programm zur Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte im Straßenverkehr. Neben konsequentem Leichtbau gehören vor allem die Entwicklung von wirkungsgradoptimierten Antriebssystemen, ein intelligentes Energiemanagement im Fahrzeug und wirksame aerodynamische Maßnahmen zu den wichtigen Teilbereichen dieser Strategie. Auf all diesen Gebieten hat die BMW Forschung und Technik GmbH seit ihrer Gründung maßgebliche Fortschritte erzielt, deren Ergebnisse vielfach in die Serienentwicklung neuer Modelle eingeflossen sind.

Darüber hinaus wurde und wird intensive Grundlagenarbeit bei der Entwicklung von innovativen Antriebssystemen geleistet. Das Spektrum der Forschung reicht dabei von neuen Konzepten für den klassischen Verbrennungsmotor über Hybridtechnologien und den Einsatz von Wasserstoff als Energieträger im Fahrzeug bis hin zur Elektromobilität und umfasst damit alle Themenbereiche, die heute als Säulen der Entwicklungsstrategie Efficient Dynamics dienen.

Anlässlich ihres 25-jährigen Bestehens präsentiert die BMW Forschung und Technik GmbH erstmals die Ergebnisse zweier Projekte, die innovative Wege zu einer maßgeblichen Reduzierung der Verbrauchs- und Emissionswerte aufzeigen. Dabei handelt es sich um ein Forschungsfahrzeug mit Brennstoffzellen-Hybridtechnologie sowie um ein Konzeptfahrzeug mit Reformertechnologie zur gezielten Optimierung des Emissionsverhaltens von Verbrennungsmotoren. Beide Projekte stellen Lösungsansätze dar, die sich eng an den Erfordernissen des Alltagsverkehrs orientieren. Das Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug wurde mit dem Ziel einer emissionsfreien Mobilität im Stadtverkehr konzipiert. Die Reformertechnologie ermöglicht signifikant optimierte Emissionswerte während der Kaltstart- und Katalysator-Aufheizphase des Motors.

#### **Brennstoffzellen-Hybridtechnologie für emissionsfreie Mobilität im Stadtverkehr.**

Mit dem Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug zeigt die BMW Forschung und Technik GmbH eine vollkommen neuartige Ausprägung der im Rahmen von Efficient Dynamics entwickelten Hybridtechnologie. Zugleich stellt der auf



Basis eines BMW 1ers entwickelte Prototyp einen innovativen Ansatz für die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger dar. Das Forschungsfahrzeug verfügt über einen Vierzylinder-Benzinmotor und einen Elektroantrieb sowie über eine kleine Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit (APU). Die Kombination des Verbrennungsmotors mit einer Brennstoffzelle schafft die Möglichkeit, beide Antriebstechnologien mit einem jeweils optimalen Wirkungsgrad zu nutzen. Wasserstoff bietet die Vorteile des gewohnt schnellen Nachtankens und einer großen Reichweite. Die Brennstoffzelle ist bezüglich ihrer Größe auf den Einsatz bei niedrigen Geschwindigkeiten abgestimmt, auf Überlandfahrten mit höherem Tempo spielt der Verbrennungsmotor seine Leistungsvorteile aus und stellt die BMW typische Souveränität des Gesamtkonzepts sicher. Im Stadtverkehr wird die von der APU erzeugte elektrische Energie kontinuierlich in Hochleistungskondensatoren (Supercaps) gespeist, die sich durch eine herausragend hohe Leistungsdichte und Zyklenfestigkeit auszeichnen. Diese Supercaps decken die Leistungsspitzen für Beschleunigungsvorgänge und Ampelstarts ab. In den Schub- und Bremsphasen übernimmt der Elektromotor die Funktion eines Generators und speist elektrische Energie in die Supercaps zurück. Diese zurückgewonnene Bremsenergie steht für die nächsten Beschleunigungsvorgänge wieder zur Verfügung und bewirkt eine weitere Verbrauchsreduzierung. Das Ziel der Forscher für die nächste Ausbaustufe ist eine elektrische Reichweite von mehreren hundert Kilometern im Stadtverkehr.

Sämtliche Antriebskomponenten wurden packageoptimiert im 3-Türer der BMW 1er Reihe angeordnet. Die APU ist gemeinsam mit dem Verbrennungsmotor unter der Fronthaube platziert, der Elektromotor nimmt den Platz des Hinterachsgetriebes ein und treibt die Hinterräder an. Mit einer Leistung von 82 kW sowie mit einem hohen, unmittelbar aus dem Stand heraus nutzbaren Drehmoment sorgt er für BMW typische, sportliche Fahreigenschaften. Die Supercap-Batterie ist anstelle des Getriebes und des konventionellen Antriebstrangs im Mitteltunnel untergebracht. Die Kraft des 88 kW starken Benzinantriebs wirkt auf die Vorderräder. Ein verkleinerter Benzintank lässt Platz für den Wasserstoffbehälter. So müssen im Innenraum des Forschungsfahrzeugs keinerlei Einschränkungen gegenüber dem Serienmodell hingenommen werden. Es stehen die gewohnten fünf Sitzplätze zur Verfügung. Auch das Gewicht des Brennstoffzellen-Hybridfahrzeugs liegt nur wenig über dem Wert eines entsprechenden Serienmodells.

### **BMW entwickelt Brennstoffzellentechnologie seit 1997.**

Die Niedertemperatur PEM (Polymer Elektrolyt Membran) Brennstoffzellentechnologie wird bei BMW bereits seit 1997 erforscht und



weiterentwickelt. Im Mittelpunkt stand dabei von Beginn an eine Nutzung in Form einer APU mit vergleichsweise kompakten Abmessungen und einem möglichst geringen Gewicht. Schon das im Jahr 2000 vorgestellte Wasserstoffkonzeptfahrzeug BMW 750hL verfügte über eine Brennstoffzelle, die dort zur Stromerzeugung für das Bordnetz eingesetzt wurde. Den Ansatz, die kleine Brennstoffzelle als Quelle für die Stromversorgung an Bord zu nutzen, sehen die Forscher als das ökonomisch sinnvolle Einführungsszenario in Verbindung mit dem Verbrennungsmotor.

Mittlerweile steht der BMW Forschung und Technik GmbH bereits die vierte Generation von APU-Einheiten zur Verfügung. Neben der Steigerung der Lebensdauer unter automobilen Lastzyklen auf mittlerweile 5000 Stunden wurde Schritt für Schritt die Systemkomplexität reduziert und so eine robuste Brennstoffzelleneinheit geschaffen. Dieses einfache System, das nahezu bei Umgebungsdruck arbeitet, erzielt einen Systemwirkungsgrad von 58 Prozent und das über eine große Leistungsbandbreite. Durch das spezielle Design können rasche Laständerungen, wie sie beispielsweise bei der APU-Anwendung auftreten, von nahezu Leerlauf auf Vollast innerhalb von fünf Millisekunden bedient werden.

Einer der wichtigsten Punkte bei der Einführung der Niedertemperatur PEM Brennstoffzelle ist die Froststartfähigkeit nach längerer Stillstandszeit bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Durch eine geschickte Zellauslegung kann auf eine externe Befeuchtung der Gase verzichtet werden, so dass das System bereits nach 30 Sekunden das Fahrzeug mit Energie versorgen kann. Intensive Tests, teils unter extremen Schräglagen, zeigten nach mehreren hundert Froststarts keine Degradation, was die Technologiereife für den Fahrzeugeinsatz bestätigt.

### **APU versorgt das Bordnetz – und stellt erstmals auch Antriebsenergie zur Verfügung.**

Im Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug stellt die APU – ähnlich wie bereits im BMW 750hL – den für das Bordnetz benötigten Strom zur Verfügung. Sämtliche elektrischen Verbraucher können auf diese Weise versorgt werden, ohne dass Leistung des Verbrennungsmotors in Anspruch genommen werden muss. Dieses Energiemanagementkonzept ermöglicht auch die Darstellung hochwertiger Komfortmerkmale. So kann das Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug unter anderem mit einer wirksamen Standklimatisierung ausgestattet werden und eine nahezu unbegrenzte, emissionsfreie Energieversorgung für Infotainment-Anwendungen darstellen.

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der kleinen Brennstoffzelle ist es darüber hinaus erstmals möglich, den mithilfe von Wasserstoff erzeugten

Strom auch zum Vortrieb einzusetzen. Durch die Kombination der APU die eine kleine, aber kontinuierliche Dauerleistung zur Verfügung stellt und dem Pufferspeicher, der kurzzeitig hohe Leistungen abdeckt, kann ein hoch effizienter und trotzdem kundenwertiger Antrieb, speziell für Stadtfahrten, realisiert werden.

### **Reformertechnologie: Weniger Emissionen beim Kaltstart.**

Die BMW Group verfügt über einzigartiges Knowhow auf dem Gebiet der Wasserstoffnutzung. Die darauf basierenden Projekte der BMW Forschung und Technik GmbH umfassen nicht nur die Nutzung von Wasserstoff in Verbrennungsmotoren beziehungsweise in einer Brennstoffzelle. Auch für die Optimierung des Emissionsverhaltens herkömmlicher Benzin- und Dieselmotoren kann Wasserstoff eingesetzt werden. Eine besonders wirksame Lösung in diesem Bereich präsentiert die BMW Forschung und Technik GmbH mit der Reformertechnologie in einem ansonsten vollständig serienmäßigen 5-Türer der BMW 1er Reihe.

In Anbetracht der anspruchsvollen Emissionsgrenzwerte sind vor allem die ersten Sekunden nach einem Kaltstart schwierig, denn Katalysatoren entfalten ihre vollständige Wirkung erst nach dem Aufheizen auf eine definierte Temperatur. Die Reformertechnologie greift genau an diesem Punkt an und reduziert die bislang nahezu ungereinigt austretenden Emissionen beim Kaltstart signifikant.

### **Aus flüssigem Kraftstoff gewonnenes Synthesegas verbrennt rückstandsfrei.**

Die Reformertechnologie kann sowohl bei Benzin- als auch bei Dieselmotoren eingesetzt werden. Das System besteht aus einer Mischzone, einem Einspritzventil, einer Zündkerze und einem speziellen Katalysator, in dem Kraftstoff unter geringer Sauerstoffzufuhr partiell oxidiert wird. Der initiierte katalytische Prozess bewirkt eine selektive Auftrennung der Kohlenwasserstoffketten ( $C_xH_y$ ), wodurch ein Synthesegas mit einem Wasserstoffanteil von rund 21 Prozent und Kohlenmonoxid von ungefähr 24 Prozent erzeugt wird. Dieses Synthesegas wird anschließend über die konventionelle Sauganlage dem Motor zugeführt, indem es über luftumfasste Einspritzventile in die Zylinder selektiv eingeblasen wird. Während der Warmlaufphase kann es den herkömmlichen Kraftstoff vollständig ersetzen. Da es nahezu rückstandsfrei verbrennt, wird die für das Emissionsverhalten kritische Phase unmittelbar nach dem Kaltstart dank Reformertechnologie zu einem besonders sauberen Betriebszustand.

Gegen den dauerhaften Betrieb des Verbrennungsmotors mit dem aus Wasserstoff gewonnenen Synthesegas spricht allein der geringere

Wirkungsgrad der Reformierung. Bei der Verbrennung des Gases werden 15 bis 20 Prozent des ursprünglichen Kraftstoffenergiegehalts in Wärme umgewandelt. Dieser Nebeneffekt ist während der Warmlaufphase jedoch gerade von Nutzen. Die Aufheizung des Motors verläuft dank der Wärmeabstrahlung im Reformer schneller als beim Betrieb mit Benzin- oder Dieselmotorkraftstoff bei gleichzeitiger Steigerung des Motorwirkungsgrads durch eine Reduktion der Reibungsverluste und durch eine vollständige sehr stabile Verbrennung.

Das im Forschungsfahrzeug präsentierte Reformersystem entspricht derzeit dem Status eines Prototypen. Einer Serienentwicklung steht noch die Reduzierung der Bauteilgröße und des Gewichts von derzeit rund fünf auf maximal eineinhalb Kilogramm bei gleichzeitiger Optimierung der Systemeigenschaften im Wege. Sind diese Anforderungen erfüllt, könnte das System darüber hinaus auch den aktuell bei Dieselfahrzeugen eingesetzten Zuheizer ersetzen bzw. zum Regenerieren des Partikelfilters und zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR-Katalyse) von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) genutzt werden. Auch der Aufwand für die bislang eingesetzte Abgasnachbehandlung reduziert sich dann.

### **Hybridkonzepte: Mehr Effizienz, mehr Fahrfreude – von Anfang an.**

Mit intensiver und grundlegender Entwicklungsarbeit hat die BMW Forschung und Technik GmbH die Basis für viele heute serienmäßige Technologien zur Effizienzsteigerung von BMW Automobilen gelegt. Frühzeitige und umfassende Forschung trägt wesentlich zum herausragenden Knowhow der BMW Group auf dem Gebiet der Antriebstechnologie bei. Auch die in diesem Jahr erstmals in BMW Serienfahrzeugen eingesetzte BMW ActiveHybrid Technologie verdankt ihre einzigartigen Qualitäten nicht zuletzt den bei den Forschern bereits seit mehr als 15 Jahren gesammelten Erfahrungen auf diesem Gebiet.

Mit dem BMW ActiveHybrid 7 und dem BMW ActiveHybrid X6 sind im Jahr 2010 die beiden ersten Modelle der Marke verfügbar, bei denen eine Kombination aus Verbrennungs- und Elektromotor zum Einsatz kommt. Beide Modelle nutzen eine jeweils eigenständige Ausprägung der BMW ActiveHybrid Technologie, zugleich weisen sie eine charakteristische Gemeinsamkeit auf: BMW ActiveHybrid sorgt für spürbar gesteigerte Fahrdynamik bei gleichzeitig signifikant reduzierten Verbrauchs- und Emissionswerten. Dieser doppelte Fortschritt ist in der Entwicklungsstrategie BMW EfficientDynamics manifestiert und hat auch die bei der BMW Forschung und Technik GmbH betriebene Grundlagenarbeit im Bereich der Hybridtechnologie von Anfang an bestimmt. Hybridtechnologie im Stil von BMW fördert sowohl die Effizienz als auch die Fahrfreude.

### **Entwicklung von Hybridtechnologie seit den 1990er Jahren.**

Vollelektrisches und damit emissionsfreies Fahren mit einer für den Stadtverkehr optimierten Charakteristik ermöglichte schon das im Jahr 1994 entwickelte Hybridkonzeptfahrzeug auf Basis eines BMW 5er. Seine als so genannte paralleles Hybridsystem konfigurierte Antriebstechnologie kombiniert einen 83 kW starken Vierzylinder-Benzinmotor mit einem Elektroantrieb, der eine Höchstleistung von 26 kW sowie ein maximales Drehmoment von 165 Newtonmetern entwickelt. Schon dieses Forschungsfahrzeug war als so genannter Full-Hybrid konzipiert, das heißt, es ermöglicht emissionsfreies Fahren mit rein elektrischem Antrieb im Stadtverkehr. Die in einer Nickel-Metallhydrid-Batterie mit einer Kapazität von 3,5 Kilowattstunden gespeicherte Energie genügt für eine Reichweite von elf Kilometern im rein elektrischen Fahrmodus. Zusätzlich wurde eine Auto Start Stop Funktion integriert, die beim Halt an Kreuzungen oder im Stau auch im außerstädtischen Bereich das automatische Abschalten des Verbrennungsmotors bewirkt, um unnötigen Kraftstoffverbrauch während der Leerlaufphase zu verhindern. Hybridtechnologie im BMW 5er ist heute aktueller denn je und auf dem Weg zur Serienreife, wie das auf dem Internationalen Automobilsalon 2010 in Genf präsentierte BMW Concept 5 Series ActiveHybrid eindrucksvoll unter Beweis stellt.

Nur ein Jahr später hatten die Forscher ein weiteres Hybridkonzeptfahrzeug entwickelt und dabei die rein elektrisch zu absolvierende Distanz signifikant erweitert. Der BMW 3er mit serieller Hybridtechnologie war ebenfalls vor allem auf den Stadtverkehr abgestimmt und konnte mit einer Natrium-Nickel-Chlorid-Batterie bis zu 38 Kilometer mit abgeschaltetem Verbrennungsmotor zurücklegen. Der Antriebsstrang setzt sich aus einem benzinbetriebenen Verbrennungsmotor und zwei Synchron-Elektromotoren zusammen. Einer von ihnen übernimmt mit einer Spitzenleistung von 35 kW die Antriebs-, der andere mit maximal 32 kW die Generatorfunktion innerhalb des Systems. Auch dieses Forschungsfahrzeug war mit einer Auto Start Stop Funktion ausgestattet.

Mit einem Hybridfahrzeug auf Basis der ersten Generation des BMW X5 demonstrierten die Spezialisten Anfang des neuen Jahrtausends die bis dahin erzielten Fortschritte in der Antriebs- und Energiespeichertechnik. In dieser Studie wurden ein Achtzylinder-Benzinmotor und ein Asynchron-Elektroantrieb miteinander kombiniert, die gemeinsam ein maximales Drehmoment von 1000 Newtonmetern bei  $1000 \text{ min}^{-1}$  bereitstellen. Wichtigste Innovation waren darüber hinaus die als Supercaps bezeichneten Doppelschichtkondensatoren, die als Energiespeicher mit einer besonders hohen Kapazität von 650 kW<sub>s</sub> eingesetzt wurden. Bei diesem Forschungsfahrzeug wurde neben den Effizienzvorteilen auch das Potenzial

der Hybridtechnologie zur signifikanten Steigerung der Fahrdynamik besonders eindrucksvoll demonstriert.

Mit konsequent weiterentwickelten und in die Seitenschweller integrierten Supercaps präsentierte sich das BMW Concept X3 Efficient Dynamics, das auf der Internationalen Automobilausstellung 2005 in Frankfurt zu sehen war. Auch für die Verbindung von Verbrennungs- und Elektromotor konnten die Spezialisten der BMW Forschung und Technik GmbH neue Lösungen vorstellen. Der maximal 60 kW starke Elektromotor des BMW Concept X3 Efficient Dynamics wurde zusammen mit der Leistungselektronik in ein kompaktes Aktivgetriebe integriert. Optional konnte die elektrische Reichweite durch eine zusätzliche Nickel-Metallhydrid-Batterie erweitert werden. Erneut wurde die Hybridtechnologie sowohl zur Effizienzoptimierung als auch zur Intensivierung des Fahrerlebnisses eingesetzt. Durch das präzise aufeinander abgestimmte Zusammenwirken des Reihensechszylinder-Benzinmotors mit Direkteinspritzung und des Elektromotors konnte ein Verbrauchsvorteil von rund 20 Prozent erzielt werden. Für besonders dynamische Beschleunigungsmanöver stand ein von beiden Antriebsquellen gemeinsam generiertes Drehmoment von 600 Newtonmetern zur Verfügung. Damit wurde es möglich, mit dem BMW Concept X3 EfficientDynamics in nur 6,7 Sekunden aus dem Stand die Tempo-100-Marke zu erreichen und eine Höchstgeschwindigkeit von 235 km/h zu erzielen.

### **Option für die Zukunft, dank intensiver Forschung heute schon nutzbar: Wasserstoff als Energieträger.**

Langfristig setzt die BMW Group auch auf die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger im Fahrzeug. Der Einsatz von Wasserstoff, der mithilfe von regenerativ erzeugter Energie produziert wird, bietet die Option für eine emissionsfreie Mobilität von morgen. Die Alltagstauglichkeit dieser Antriebstechnologie wurde mit dem BMW Hydrogen 7 unter Beweis gestellt, der den vollständigen Serienentwicklungsprozess durchlief und anschließend in einer Kleinserie produziert wurde. Die weltweit erste Wasserstoff-Luxuslimousine für die Nutzung im Alltagsbetrieb wird von einem bivalenten Zwölfzylinder-Verbrennungsmotor angetrieben und ausgewählten Kunden weltweit zur Verfügung gestellt. In der Zwischenzeit hat das in einer Kleinserie von 100 Fahrzeugen produzierte Modell weltweit bereits mehr als 4 Millionen Kilometer zurückgelegt.

Auf dem Weg zum BMW Hydrogen 7 steuerten die Spezialisten der BMW Group Forschung und Technik eine Vielzahl von Forschungsprojekten und Konzeptfahrzeugen bei, die zu einem wesentlich besseren Verständnis der Wasserstofftechnologie und der Rahmenbedingungen für einen Einsatz im Automobil beitrugen. Vorläufer des BMW Hydrogen 7 war das im Jahr 2000

vorgestellte und im Rahmen der Weltausstellung EXPO2000 in Hannover als Shuttle-Fahrzeug eingesetzte Konzeptfahrzeug BMW 750hL, das danach im Rahmen der „CleanEnergy World Tour“ einen Praxistest über mehr als 170 000 Kilometer absolvierte. Weitere Pionierleistungen wurden mit dem Wasserstoff-Rekordfahrzeug BMW H<sub>2</sub>R erbracht. Im September 2004 erzielte das von einem Zwölfzylinder-Aggregat angetriebene Modell auf dem BMW Testgelände im französischen Miramas neun Weltrekorde für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Mit 210 kW/286 PS erreichte es eine Höchstgeschwindigkeit von mehr als 300 km/h.

Zu den weiteren von der BMW Forschung und Technik GmbH vorangetriebenen Innovationen im Bereich der Wasserstofftechnologie gehört ein gewichtsoptimierter Freiformtank für die Wasserstoff-Speicherung im Fahrzeug. Der gemeinsam mit Partnern aus der Luft- und Raumfahrtindustrie entwickelte Formtank aus kohlefaserverstärktem Kunststoff zur Speicherung von Flüssigwasserstoff ermöglicht die flexible Integration des Kraftstoffbehälters in unterschiedliche Fahrzeugkonzepte. Zugleich konnte das Gewicht im Vergleich zu konventionellen, zylinderförmigen Tanks auf ein Drittel reduziert werden. Befüllt mit rund 10 Kilogramm Wasserstoff könnte der in ein entsprechendes Fahrzeug integrierte Freiformtank eine Reichweite von mehr als 500 Kilometern ermöglichen.

Weil die Tankstelleninfrastruktur für Wasserstoff anfangs nicht flächendeckend sein kann, sind für den Start bivalente Motoren sinnvoll, die sowohl mit Wasserstoff als auch mit Benzin betrieben werden können. Die BMW Forschung und Technik GmbH hat die Potentiale von monovalenten, das heißt kompromisslos für Wasserstoff optimierten Brennverfahren hinsichtlich Leistung und Wirkungsgrad erfolgreich nachgewiesen – beispielsweise mit dem H<sub>2</sub>R.

In einem Gemeinschaftsprojekt der BMW Forschung und Technik GmbH und der BMW M GmbH entstand darüber hinaus der besonders leistungsfähige Wasserstoff-Vierzylinder-Kryo-Motor. Dieser Motor basiert auf dem Vierzylindermotor des BMW M3 der ersten Generation, ist aber schon mit Bauteilen aus der Vorentwicklung einer der beiden Zylinderbänke des V8-Motors vom aktuellen M3 ausgestattet. Besonderheit dieser Antriebseinheit ist die im Rahmen dieses Projekts selbst entwickelte Gemischbildung für tiefkalten Wasserstoff. Der Motor erreichte auf dem Prüfstand eine spezifische Leistung von 67 kW je Liter Hubraum und setzt damit eine Bestmarke für wasserstoffbetriebene Saugmotoren.

Ein weiteres Beispiel für die intensive Grundlagenforschung im Bereich der Antriebssysteme ist der modular aufgebaute Einzylinder-Wasserstoffmotor, der insbesondere für thermodynamische Analysen entwickelt wurde. Im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten Forschungsprojekts HylCE entstand bereits zwischen 2004 und 2007 ein Wasserstoffmotor mit Otto-typischer Geometrie, der eine spezifische Leistung von 100 kW pro Liter Hubraum erbringt. In den Jahren 2007 bis 2009 folgte eine weitere Variante mit Diesel-typischer Geometrie, die sich durch einen besonders günstigen Wirkungsgrad auszeichnet. Mit einem effektiven Wirkungsgrad von 43 Prozent wurde – praktisch schadstofffrei – das Niveau moderner Dieselantriebe erreicht.

## 4. Mehr Fahrfreude, Komfort und Sicherheit durch intelligente Vernetzung. Connected Drive – ein dynamisches Konzept mit faszinierenden Perspektiven.

Weltweit einzigartig ist das Angebot an Fahrerassistenzsystemen und Services, mit dem BMW ConnectedDrive zur Optimierung des Komforts und der Sicherheit sowie der innovativen Nutzung von Infotainment-Funktionen im Fahrzeug beiträgt. Kein anderer Automobilhersteller verfügt über ein ähnlich umfassendes Portfolio von Fahrerassistenzsystemen, Angeboten zur Nutzung mobiler Endgeräte im Fahrzeug sowie Mobilitätsdienstleistungen aus den Bereichen Verkehrsinformation, Notruf, Fahrzeug-, Auskunfts- und Bürodienste, Reise- und Freizeitplaner sowie Internet. Die führende Rolle, die der weltweit erfolgreichste Premium-Automobilhersteller mit BMW ConnectedDrive einnimmt, ist das Ergebnis grundlegender und konsequent betriebener Entwicklungsarbeit. Mit zahlreichen Innovationen leistet die BMW Forschung und Technik GmbH maßgebliche Beiträge zur herausragenden Kompetenz der BMW Group auf diesem Gebiet. So wirkte sie in der Vergangenheit beispielsweise bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen wie der Aktiven Geschwindigkeitsregelung, der Spurverlassenswarnung oder dem Head-Up Display mit und lieferte Ideen unter anderem für das innovative Bedienkonzept BMW iDrive und MINI Connected.

Um neue Perspektiven bei der Vernetzung mit der Außenwelt zu erschließen und die Grundlagen für die dafür erforderliche Technologie zu bilden, arbeiten die Spezialisten der BMW Forschung und Technik GmbH an neuen und weiteren Infotainment- und Assistenzsystemen, sowie an deren Bedienschnittstelle. Die Überlegungen gehen dabei immer und teils weit über das in bisherigen Serienfahrzeugen realisierte Maß an Fahrerunterstützung hinaus.

### **Gezielte Unterstützung in anspruchsvollen Fahrsituationen: Der Engstellenassistent.**

Die Philosophie der Fahrerassistenz bei der BMW Group fokussiert auf die Steigerung der Souveränität des Fahrers. Die gezielte Aufbereitung und Darstellung von Informationen in anspruchsvollen Verkehrssituationen verhilft dem Fahrer zu einer optimierten Einschätzung der jeweils aktuellen Bedingungen. Sensoren und hoch entwickelte Kamerasysteme gewinnen Daten, die von einem leistungsfähigen Rechner ausgewertet und





anschließend in Form von optischen, akustischen sowie haptischen Handlungshinweisen zur Verfügung gestellt werden. So liefern beispielsweise die Systeme Spurverlassenswarnung und Spurwechselwarnung neben grafischen Warnsignalen auch eine dezente, aber unmissverständliche Lenkradvibration, um auf ein unbeabsichtigtes Abweichen von der Fahrspur beziehungsweise auf die eventuelle Kollisionsgefahr bei einem Überholmanöver hinzuweisen.

Basierend auf der Spurverlassenswarnung arbeitet die BMW Group Forschung und Technik aktuell an einer neuen Ausprägung der Fahrerunterstützung in komplexen Situationen. Der so genannte Engstellenassistent wird anlässlich des 25-jährigen Bestehens der BMW Forschung und Technik GmbH erstmals öffentlich vorgestellt. Das System steigert die Souveränität beim Befahren von besonders schmalen Fahrspuren. Es hilft dem Fahrer beispielsweise im Bereich von Baustellen, eine Engstelle im Vorhinein richtig einzuschätzen, beim Befahren der schmalen Passage präzise den Kurs zu halten und dabei den Sicherheitsabstand zu beiden Seiten möglichst optimal zu nutzen.

Der Engstellenassistent nutzt einen Laserscanner, der das Vorfeld des Fahrzeugs vermisst, sowie Ultraschallsensoren, die den seitlichen Abstand zu Hindernissen wie Leitplanken oder anderen Fahrzeugen taxieren. Aus den gemeinsam erhobenen Daten wird ein Gesamtbild generiert und als Hinweis für den Fahrer ausgegeben, der es ihm erleichtert, die Fahrsituation vor der Einfahrt in die Engstelle einzuschätzen beziehungsweise während des Befahrens der Engstelle sicher den Kurs zu halten.

Im Alltagsverkehr ließe sich der Engstellenassistent beispielsweise im Verlauf von Autobahnbaustellen nutzen, wo zwei parallel zueinander angeordnete Fahrspuren für den Verkehr in eine Richtung ausgewiesen, aufgrund ihrer reduzierten Breite jedoch nur mit extrem konzentrierter Fahrweise zu nutzen sind. Eine besondere Herausforderung stellen dabei vor allem Überholmanöver dar. Der Engstellenassistent hilft dem Fahrer einzuschätzen, ob er gefahrlos an einem auf der rechten Spur fahrenden Lkw vorbeifahren kann. Reicht der auf seiner Fahrspur verbleibende Platz nicht aus, um das Manöver risikofrei zu absolvieren, wird der Fahrer frühzeitig darauf hingewiesen. Bei ausreichend breiter Fahrspur erhält der Fahrer auch während des Überholvorgangs Hinweise, die es ihm ermöglichen, den idealen Abstand auf beiden Seiten zu halten. Im Head-Up Display wird der vorhandene Abstand zu beiden Seiten in Form von kreisförmigen Symbolen angezeigt. Sobald die Distanz zur Leitplanke beziehungsweise zum Fahrzeug auf der Parallelspur ein definiertes Maß unterschreitet, erfolgt zusätzlich ein

kurzer Lenkimpuls. Folgt der Fahrer diesem, kehrt sein Fahrzeug auf den optimalen Kurs zurück.

Bei der Entwicklung des Engstellenassistenten haben die Spezialisten der BMW Forschung und Technik nicht nur die Datenerfassung mittels Sensorik und Laserscanner sowie die Auswertung der so erhobenen Informationen optimiert, sondern auch die ideale Form der Handlungshinweise an den Fahrer genauestens analysiert. In umfangreichen, so genannten Usability-Tests mithilfe eines Fahrsimulators wurde festgestellt, dass die Kombination aus optischen Signalen und einem kurzzeitigen Lenkimpuls den Fahrer am wirksamsten beim sicheren Bewältigen des Fahrmanövers unterstützt. Mittlerweile erfolgen diese Tests auch auf abgesperrten Straßen – im dafür aufgebauten BMW X5 Technologieträger.

### **Automatisiertes Fahren in Gefahrensituationen: Der Nothalteassistent.**

Die BMW Group Forschung und Technik erhebt den Anspruch, ihrer Zeit voraus zu sein. Deshalb gehören derzeit auch Projekte zu ihren Aufgabengebieten, welche die Einsatzmöglichkeiten von hochautomatisiertem Fahren in definierten Situationen untersuchen. Die technologischen Voraussetzungen sowie die Einsatzzwecke für derartige Systeme werden besonders eindrucksvoll am Beispiel des Nothalteassistenten demonstriert. Er ist Teil einer im Mai 2009 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gestarteten Initiative und nutzt innovative Technologien für die Lokalisierung und Steuerung des Fahrzeugs sowie für die Analyse der unmittelbaren Umgebung zur Steigerung der Verkehrssicherheit.

Der im Rahmen des Forschungsprojekts „SmartSenior – Intelligente Dienstleistungen für Senioren“ konzipierte Nothalteassistent ist in der Lage, sobald eine gesundheitlich bedingte Notfallsituation des Fahrers erkannt wird, in einen autonomen Fahrmodus zu wechseln, um ein abgesichertes Nothaltemanöver zu absolvieren. Zu diesem Zweck aktiviert das System die Warnblinkanlage, manövriert das Fahrzeug kontrolliert und in Abhängigkeit vom Verkehrsgeschehen an den rechten Straßenrand, wo es anschließend zum Stehen kommt. Zusätzlich wird automatisch ein Notruf zur Einleitung der notwendigen medizinischen und verkehrstechnischen Hilfsmaßnahmen abgesetzt, um eine effiziente und bedarfsgerechte Notfallversorgung zu ermöglichen. Dieser basiert auf dem bereits serienmäßig erhältlichen erweiterten Notruf von BMW ConnectedDrive. Neben der für die Lokalisierung und Umfelderkennung benötigten Sensoren beinhaltet der Nothalteassistent zusätzlich Sensoren zur Überwachung der Vitaldaten des Fahrers. Auch diese können beim Notruf an die Rettungsleitstelle übertragen

werden. Die Entwicklung von Technologien zur Ermittlung valider Vitaldaten erfolgt ebenfalls im Projekt SmartSenior und wird von den Projektpartnern Siemens und der Berliner Universitätsklinik Charité durchgeführt.

Die Grundlage für eine präzise Ausführung des erforderlichen Nothaltemanövers bildet neben der zuverlässigen Lokalisierung des Fahrzeugs innerhalb der eigenen Fahrspur vor allem die robuste Erkennung aller Fahrzeuge in der unmittelbaren Umgebung. Hierfür werden neuartige Methoden der Sensordatenfusion aus LIDAR, Radar, Kamera und digitaler Karte eingesetzt. Die Ausführung des Nothaltemanövers baut auf der Technologie von heute bereits in Serienmodellen verfügbaren Fahrerassistenzsystemen wie beispielsweise der Spurwechselwarnung und der Aktiven Geschwindigkeitsregelung mit Stopp & Go-Funktion auf. Aufgrund der technologischen Herausforderungen des hochautomatisierten Fahrens müssen diese Systeme jedoch erweitert und angepasst werden.

### **Optimierte Fahrzeuglokalisierung: Mit dem TrackTrainer auf der Nürburgring-Nordschleife.**

Die Präzision der Positionsbestimmung und die Zuverlässigkeit der automatisch ausgeführten Manöver sind die entscheidenden Merkmale, die den Nothalteassistenten zu einem potenziellen Beitrag zu mehr Sicherheit im Straßenverkehr machen. Die maßgeblichen technischen Voraussetzungen dafür wurden im Rahmen eines früheren Projekts der BMW Forschung und Technik GmbH entwickelt. Mit dem sogenannten TrackTrainer wird es möglich, definierte Strecken in einem automatisierten Fahrmodus zu bewältigen. Dabei kann aufgrund der hohen Genauigkeit bei der Lokalisierung neben dem sicheren auch ein dynamischer Fahrstil realisiert werden. Der TrackTrainer wird aktuell beim BMW Fahrer-Training eingesetzt, um den Trainingsteilnehmern das Gefühl für die Ideallinie in einem unmittelbaren Erlebnis (hinter dem Steuer, nicht auf dem Beifahrersitz) zu vermitteln.

Mit Hilfe einer Fusion der Daten aus hochgenauer digitaler Karte, sowie GPS- und Videodaten ist der TrackTrainer in der Lage, Rennstrecken für Schulungszwecke auf der Ideallinie komplett automatisiert zu umrunden. Das System wird inzwischen bereits in der zweiten Generation eingesetzt, wobei die Verfügbarkeit der hochgenauen Positionsbestimmung durch die Fusion redundanter Sensoren weiter optimiert wurde. Der permanente Abgleich der GPS- und Videodaten mit dem digitalen Kartenmaterial und den fahrzeuginternen Daten ermöglichte jetzt sogar die vollständige Umrundung der Nürburgring-Nordschleife im automatisierten Betrieb. Diese technisch besonders herausfordernde Leistung fand erstmals am 21. Oktober 2009 statt.

### **Selbsttätiges Manövrieren auf engstem Raum: Der Garagenparker.**

Das automatische Fahren in bestimmten Situationen beschäftigt die Forscher bereits seit einigen Jahren. 2006 stellte die BMW Forschung und Technik GmbH erstmals den so genannten Garagenparker vor. Auch dieses System ermöglicht das selbsttätige Manövrieren des Fahrzeugs. Alle Antriebs-, Brems- und Lenkfunktionen werden automatisch gesteuert, so dass das Fahrzeug durch die Fernbedienung des Fahrers in eine enge Garage hinein- und auch wieder aus ihr herausgesteuert werden kann. Bei Bedarf sorgt das System auch für eine automatische Aktivierung der Warnblinkanlage und der Scheinwerfer sowie für das An- und Ausklappen der Außenspiegel. Mit diesem System hat die BMW Forschung und Technik GmbH eine Technologie entwickelt, die dem Fahrer unkomfortables Ein- und Aussteigen in engen Garagen einschließlich der Gefahr einer Beschädigung der Türen ersparen kann.

Der Garagenparker, der in einer Limousine der BMW 7er Reihe implementiert ist, nutzt eine am Innenspiegel angebrachte Kamera zur Erfassung des Umfelds vor dem Fahrzeug. Zum Abgleich ist ein Reflektor mittig an der Stirnwand der Garage angebracht. Dieser wird während des Manövers von der Kamera erfasst. Bei Bedarf werden während des Einparkvorgangs mithilfe des Elektromotors des Lenksystems Kurskorrekturen vorgenommen. Die Rechereinheit des Garagenparkers steuert neben der Lenkung auch die Auto Start Stop Funktion des Motors, die Gangwahl des Automatikgetriebes, die Bremsanlage und die Park Distance Control. Da oftmals die Toreinfahrt eine besonders enge Passage darstellt, steuert das System jeweils frühzeitig einen möglichst geraden Weg in die Garage an. Die gewählte Einparklinie wird vor dem Abstellen des Motors vom System gespeichert. Beim Ausparken folgt das Fahrzeug exakt der gespeicherten Spur.

Auch Sicherheitsaspekte stehen bei diesem Forschungsprototypen schon im Vordergrund. Während des gesamten Einfahrtvorgangs muss die Verriegelungstaste am Schlüssel gedrückt bleiben – wird sie losgelassen, stoppt der Wagen sofort. Wird nach der Ausfahrt die Fahrertür nicht innerhalb einer definierten Zeitspanne geöffnet, stellt das System automatisch den Motor ab und verriegelt das Fahrzeug wieder. Und natürlich reagiert der Garagenparker auch auf Hindernisse während des Einparkvorgangs.

### **Die Zukunft liegt in der Vernetzung: Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation für mehr Sicherheit und Effizienz.**

Ein wichtiges Thema ist für die Forschungstochter auch der als ad-hoc-Kommunikation bezeichnete Austausch von Informationen zwischen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur. So können zum Beispiel Lichtsignalanlagen Informationen über ihre Schaltzeiten übertragen, damit ein

Fahrerassistenzsystem entweder über die optimale Geschwindigkeit für eine persönliche „grüne Welle“ informieren oder vor einer Rotlichtüberfahung warnen kann.

Ein gezielter Transfer von Daten zwischen Fahrzeugen über die Verkehrslage, die Fahrbahnbeschaffenheit und weitere Faktoren ermöglicht es, frühzeitig Warnungen vor Unfällen, Staus oder Glatteisbildung von einem Fahrzeug an andere Verkehrsteilnehmer in der Umgebung zu verbreiten. Zusätzlich ist auf Grundlage der übermittelten Fahrzeugdaten eine Berechnung des Kollisionsrisikos möglich, sodass beispielsweise vor Zusammenstößen an Kreuzungen gewarnt werden kann.

Die BMW Group Forschung und Technik untersucht und entwickelt auf Basis dieser Technologie eine Reihe von Assistenz- und Informationssystemen. Dabei richtet sich der Fokus auch über das Auto hinaus und bezieht im Rahmen der Strategie BMW Motorrad ConnectedRide gleichberechtigt auch Motorradfahrer in die Kommunikation mit ein.

Aktuell wird an Systemen wie der Einsatzfahrzeugwarnung, einem Hinweis auf Hindernisse, schlechtes Wetter oder abrupte Bremsmanöver vorausfahrender Fahrzeuge gearbeitet. So gibt die Einsatzfahrzeugwarnung nicht nur über eine optische Anzeige frühzeitig den Hinweis auf ein nahendes Einsatzfahrzeug, sondern auch Informationen über dessen Abstand zum eigenen Auto oder Motorrad. Das Einsatzfahrzeug übermittelt außerdem die aktuelle Position, die Route und den Status der Signalleuchten bzw. des Folgetonhorns. So können Fahrer rechtzeitig den Weg für das Einsatzfahrzeug frei machen und kritische Situationen vermeiden.

Die Warnung vor Hindernissen umfasst sowohl liegengebliebene Fahrzeuge und Unfälle auf der eigenen Fahrspur, als auch Baustellen oder ein Stauende. Verschiedene Systeme können diese Hinderniswarnung auslösen: das liegengebliebene Fahrzeug selbst oder mehrere Fahrzeuge am Stauende, durch eine Aktivierung der Warnblinkanlage oder ihr Bremsmanöver.

Bei Glätte können ein Schlechtwetterhinweis oder eine Warnung durch die Eingriffe der Regelsysteme (Dynamische Stabilitäts Control und Co.) ausgelöst werden. Andere Schlechtwetteranzeigen werden aktiviert, wenn mehrere Fahrzeuge beispielsweise ihre Nebelscheinwerfer oder die Scheibenwischer einschalten. Gekoppelt mit der Außentemperatur oder anderen Sensoren (Regensensor, Videokamera, Wetterbericht etc.) wird der Auslösealgorithmus entsprechende Hinweise im Head-Up Display, auf dem Instrumentenkombi oder auch akustisch über das BMW Motorrad

Kommunikationssystem ausgeben. Gerade für Motorradfahrer ist eine frühzeitige Information über Nässe ein enormer Sicherheitsfaktor.

Im Kolonnenverkehr kommt es immer wieder zu der Situation, dass die Bremslichter eines Fahrzeugs durch das Folgefahrzeug verdeckt sind. Um die dahinter fahrenden Verkehrsteilnehmer trotzdem frühzeitig über eine starke Bremsung zu informieren, wird diese Information per Kommunikation an die Verkehrsteilnehmer übertragen, so dass nachfolgende Fahrer entsprechend reagieren können. Auch hier erfolgt die Information über optische oder akustische Rückmeldungen.

### **Forschungsprojekt für innovative Bediensysteme: Drive Stick.**

Auch bei der Entwicklung revolutionärer Bedienkonzepte und Regelsysteme wird in der BMW Forschung und Technik GmbH permanent Grundlagenarbeit geleistet. Ein Beispiel dafür ist das in einem BMW 3er compact der zweiten Generation dargestellte Konzept einer vollkommen neuartigen Cockpit-Gestaltung, in deren Mittelpunkt die so genannten Drive Sticks stehen. Anstelle von Lenkrad, Gas- und Bremspedal verfügt das Konzeptfahrzeug über zwei vertikal aus der Türverkleidung und der Mittelkonsole hervorragende Bedienhebel, mit denen sich Fahrtrichtung, Beschleunigung und Verzögerung über Drive-by-wire-Technologie steuern lassen.

Die beiden miteinander gekoppelten Bedienhebel übertragen Kommandos an das Antriebs-, das Brems- und das Lenksystem auf elektronischem Weg und ohne mechanische Verbindung. Um einen Beschleunigungsvorgang zu aktivieren, werden die Hebel nach vorn geschoben, der Befehl zum Verzögern des Fahrzeugs wird durch Heranziehen der Drive Sticks erteilt. Lenkimpulse überträgt der Fahrer durch Bewegung der Hebel nach rechts oder links. Auf diese Weise können alle Längs- und Querdynamik-Manöver durch intuitive Bedienung per Hand ausgelöst werden. Schaltbefehle für das Automatikgetriebe können durch Druck auf in die Bedienhebel integrierte Tasten erteilt werden. Auch der Controller des Bediensystems iDrive ist in die Drive Sticks integriert. In Notfallsituationen könnte zudem der Beifahrer in die Steuerung der Antriebs-, Brems- und Lenkfunktionen eingreifen.

Durch den Verzicht auf Pedalerie und Lenkrad werden neue Freiheitsgrade für innovative Konzepte der Cockpitgestaltung erschlossen. Die intensive Kooperation zwischen den Spezialisten für die Drive-by-wire-Technologie und der Designabteilung der BMW Technik GmbH führte zu einem revolutionär neu gestalteten Interieur. Das Forschungsfahrzeug verfügt unter anderem über ein zentrales Rückprojektions-Display auf der Mittelkonsole. Darüber hinaus wurden innovative Lösungen für die Gestaltung des

Armaturenrägers und die Sitzposition von Fahrer und Beifahrer realisiert. Neben dem allgemeinen Raumgefühl im Interieur wurden dabei auch der Ein- und Ausstiegskomfort für den Fahrer optimiert.

Das Projekt Drive Stick verdeutlicht in besonders anschaulicher Weise die Fähigkeit der Spezialisten in der BMW Forschung und Technik GmbH, auch Grundsätzliches in Frage zu stellen, mit hoher Kreativität nach radikal anderen Lösungen zu suchen und dabei das Potenzial innovativer Technologie auszuloten. Die bei diesem Projekt gesammelten Erkenntnisse beeinflussten unter anderem die Entwicklung der für BMW Serienmodelle angebotenen elektromechanischen Servolenkung und Aktivlenkung. Sie bietet auch unter den Bedingungen einer elektromotorisch erzeugten Lenkunterstützung das BMW typische Lenkgefühl.

### **Vom Segelsport ins Fahrzeug: Optimierte Head-Up-Display-Technologie.**

Ihre Grundlagenforschung und Technologieentwicklung führt die Spezialisten immer wieder auf Themenfelder, die auf den ersten Blick weit jenseits des Automobilbereichs liegen. Langfristig fließen aber auch die dabei gewonnenen Erkenntnisse in Projekte ein, die zu einer Steigerung von Komfort, Sicherheit und Fahrfreude im Rahmen von BMW ConnectedDrive führen. So entwickelte das Team des Technology Office im US-amerikanischen Palo Alto eine Head-Up-Brille für die Crew-Mitglieder des Oracle BMW Racing Teams. Dieses System, das für den Einsatz bei der Hochseesegelregatta um den America's Cup konzipiert wurde, ermöglicht es, schnell und gezielt Informationen und Kommandos mittels Projektion auf die Brillengläser zu übertragen. Bei diesem Projekt wurde zusätzliches Know-how generiert, das für die Weiterentwicklung des Head-Up Displays in aktuellen Serienfahrzeugen von BMW genutzt werden konnte.

### **Identifikation und Integration neuer Technologien als Erfolgsrezept: BMW ConnectedDrive Services mit weltweit einzigartigem Funktionsumfang.**

Auch für die Einbindung externer Kommunikations- und Entertainmentgeräte ins Fahrzeug wurden im Technology Office in Palo Alto maßgebliche Grundlagen geschaffen. Dort entstand unter anderem die erste Schnittstelle, die eine Integration des Apple iPod einschließlich der Möglichkeit zur Bedienung der Audio-Funktion über das BMW iDrive System gewährleistete. In die Serie gelangte diese Technologie schon 2004. Die von der BMW Forschung und Technik GmbH geleistete Pionierarbeit sichert BMW bis heute eine Ausnahmeposition bei der Integration externer Kommunikations- und Entertainmentsysteme ins Fahrzeug. So konnte die BMW Group auch als weltweit erster Automobilhersteller im Juni 2007 pünktlich zur

Markteinführung in den USA eine vollintegrierte Einbindung des innovativen Apple iPhone in die fahrzeugseitigen Bediensysteme realisieren. Auch die jüngsten Entwicklungen in diesem Bereich optimieren die Einbindung der Kommunikations- und Audio-Funktionen moderner Mobiltelefone in das Fahrzeugbediensystem. Auch Konzepte für die jüngste Infotainment-Neuerung – MINI Connected – entstanden in der kalifornischen Ideenschmiede.

### **Innovative Services für alternative Antriebskonzepte.**

Das Konzept eines rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugs eröffnet in Verbindung mit leistungsfähiger Stromspeichertechnologie zusätzliche Möglichkeiten zur Integration von innovativen Komfortmerkmalen. Für das BMW Concept ActiveE wurde ein spezifisches Heiz- und Klimatisierungssystem entwickelt, das über das Bordnetz mit Energie aus dem Hochvoltpeicher versorgt wird. Dies bietet die Möglichkeit, auch bei stehendem Fahrzeug mittels Standheizung beziehungsweise Standklimatisierung bereits vor Fahrtantritt den Innenraum erwärmen beziehungsweise abkühlen.

Die für das BMW Concept ActiveE entwickelten Klimatisierungsanlagen können auch außerhalb des Fahrzeugs aktiviert werden. Alternativ zu der bereits bei aktuellen Serienfahrzeugen verfügbaren Fernbedienung ist eine Steuerung mittels Mobiltelefon möglich. Diese Option umfasst auch eine Timer-Funktion. Der Fahrer kann auf diese Weise beispielsweise sicherstellen, dass er morgens in ein angenehm vorgekühltes oder beheiztes Fahrzeug einsteigt. Die klimatische Vorkonditionierung optimiert nicht nur den Fahrkomfort, sondern auch den Betriebsstatus des Energiespeichers zugunsten einer möglichst großen Reichweite. Die Steuerung der Heizungs- und Klimaanlage per Mobiltelefon wird von BMW ConnectedDrive zur Verfügung gestellt und wurde von den Spezialisten im Technology Office Palo Alto mitentwickelt.

Über den intelligent gesteuerten und mittels Fernfunktion aktivierbaren Betrieb der Standheizung beziehungsweise -klimatisierung hinaus stehen noch weitere, speziell für das BMW Concept ActiveE entwickelte Services zur Verfügung. Insbesondere kann der Fahrer in beliebiger Distanz zu seinem Fahrzeug Auskunft über den Ladezustand des Lithium-Ionen-Akkus und die daran geknüpfte Reichweite erhalten. Darüber hinaus unterstützen die Fernfunktionen ihn auch bei der Suche nach einer nahe gelegenen öffentlichen Ladestation.

Die Idee: Noch am Arbeitsplatz oder in einem Café sitzend kann der Fahrer den Ladezustand der Fahrzeugakkus und die aktuell zur Verfügung stehende



Reichweite überprüfen. So ist schnell und bequem feststellbar, ob vor der Heimfahrt noch ein weiteres Reiseziel angesteuert werden kann, ohne dass die Energievorräte vorzeitig zur Neige gehen. Zusätzliche Flexibilität gewinnt der Fahrer, indem er ebenfalls per Fernfunktion nach öffentlichen Ladestationen in der Nähe eines beliebigen Ortes sucht. Anhand der auf das Mobiltelefon übertragenen Informationen erkennt er frühzeitig, ob er den kurzfristig geplanten Zwischenstopp zum Aufladen der Akkus seines Fahrzeugs nutzen kann.

### **BMW Key: Zusätzliche Funktionen durch Vernetzung.**

Als Mittel zur Vernetzung der Mobilität mit der übrigen Lebenswelt des Fahrers wurde der Prototyp eines multifunktionalen Autoschlüssels entwickelt. Der so genannte BMW Key ist mit einem Sicherheitschip versehen, der neben dem personalisierten Zugang zum Fahrzeug unter anderem bargeldloses Einkaufen ermöglicht oder auch beispielsweise die Buchung von Hotelzimmern speichert. Darüber hinaus bietet der Fahrzeugschlüssel mit integrierter Kreditkartenfunktion die Möglichkeit, elektronische Fahrkarten für Bus und Bahn oder auch Flugtickets aus dem Fahrzeug heraus zu speichern. Bei der Nutzung von Mietwagen oder Car-Sharing-Systemen bietet der personalisierte Schlüssel zusätzliches Potenzial, weil er erstmals nicht dem Fahrzeug, sondern seinem Besitzer zugeordnet ist. Desweiteren ist eine Vielzahl an zusätzlichen Mobilitätsszenarien denkbar:

Fahrzeugdaten wie zum Beispiel der Kilometerstand, der Schließzustand, die GPS-Position, Servicedaten und der Batterieladestand könnten in Zukunft vom Autofahrer selbst via Near Field Communication aus dem BMW Key ausgelesen werden.

Der Schlüsselinhaber kann so einen sicheren Zugang zu persönlichen Daten im Fahrzeug bekommen. Dies bedeutet, dass er auf seinem ConnectedDrive-Online-Zugang für persönliche Dienste im BMW Automobil zugriffsberechtigt sein wird - unabhängig davon, ob er in seinem eigenen Auto unterwegs ist oder ob er beispielsweise in einem BMW Mietwagen fährt. Der Fahrer weist sich hier über seinen privaten Schlüssel aus, womit sich das Fahrzeug an die individuellen Einstellungen des Nutzers anpasst. Der Zugriff auf persönliche Daten wie z. B. Adressbücher, favorisierte Radiosender oder persönliche Dienste- und Inhaltsabonnements wird durch den multifunktionalen Autoschlüssel aktiviert.

### **IT-Motive 2020: Schlanke IT-Architekturen für mehr Robustheit im Fahrzeug.**

Der stetig zunehmende Elektronikanteil im Fahrzeug bringt die aktuelle IT-Architektur - im Maximalausbau mit über 70 heterogenen Steuergeräten, bis

zu fünf unterschiedlichen Bussystemen sowie einem steigenden Anteil an Software, Sensorik und Aktorik – immer mehr an ihre Grenzen. Das Projekt "IT-Motive 2020" verfolgt einen neuen Ansatz für eine zukünftige schlanke IT-Architektur im Fahrzeug, die bereits prototypisch in einem BMW 7er umgesetzt ist. Dazu zählt unter anderem die Reduzierung des Entwicklungsaufwands durch geringere Variantenvielfalt und optimierte Hardware- und Software-Ressourcennutzung sowie die Schaffung von Freiräumen für die Gestaltung neuer kundenrelevanter Innovationen. Dieser Ansatz fokussiert auf die Bündelung weniger, gleichartiger und leistungsstarker Recheneinheiten mit fahrzeugspezifischer Peripherie, die über ein IP-basiertes, mit Switchen versehenes identisches Kommunikationsnetz miteinander verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung hierbei ist es, Funktionen mit völlig unterschiedlichen Anforderungen, wie z. B. Echtzeit-Regelalgorithmen oder datenintensive Multimediafunktionen, auf einer Recheneinheit zu konzentrieren und dabei alle künftigen Fahrzeuganforderungen zu erfüllen.