

# BMW Group Forschung und Technik. Inhaltsverzeichnis.

## 1. Einleitung: BMW Group Forschung und Technik.

Blick in die Zukunft: Forschung für mehr Sicherheit.	
Vision der Fahrzeugelektronik. ....	2

## 2. Forschung für mehr Sicherheit im Straßenverkehr.

2.1 Fahrerassistenz. ....	4
2.2 Grundlage: die Unfallanalyse. ....	5
2.3 Gefahrenbremsung zum Schutz von Fußgängern. ....	7
2.4 Der neue Querverkehrs- und Ampelassistent – sichere Fahrt über Kreuzungen. ....	9
2.5 Geisterfahrerinformation – rechtzeitige Warnung vor Falschfahrern oder eigener Geisterfahrt. ....	12
2.6 Kurveninformation als persönlicher Copilot. ....	14
2.7 Eine zuverlässige Erfassung des Fahrumfeldes benötigt alle Sinne. ....	15

## 3. Fahrzeugbordnetz der Zukunft.

Revolution der Bordnetztechnologie ermöglicht neue Komfort- und Sicherheitsfunktionen. ....	17
--	----

## 4. BMW Group Forschung und Technik.

Kreative Kraft – kundenorientiert und effizient. ....	19
---	----



# **1. Einleitung:**

## **BMW Group Forschung und Technik.**

### **Blick in die Zukunft: Forschung für mehr Sicherheit. Vision der Fahrzeugelektronik.**

Mit steigendem Verkehrsaufkommen erhöhen sich auch die Anforderungen an den Autofahrer. Unübersichtliche Verkehrssituationen fordern ein Höchstmaß an Konzentration. Schnelle, überlegte Reaktionen sind oft notwendig. Die BMW Group hat es sich mit zur Aufgabe gemacht, den Fahrer bei seiner Aufgabe zu unterstützen und dadurch die Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer signifikant zu erhöhen, sowie den Komfort und die Fahrfreude zu erhalten. Das Ergebnis langjähriger Forschungsprojekte sind innovative Fahrerassistenzsysteme, die zeigen, dass eine wachsende Verkehrsichte und Freude am Fahren keinen Widerspruch darstellen. Im Gegenteil. Elektronische Helfer assistieren bereits heute beim Bremsen, Spur- und Abstandthalten oder Spurwechseln. Sie dienen als Einparkhilfen oder als „Nachtsichtgerät“. Der Rückgang der Unfallzahl und -schwere zeigt auch die Wirksamkeit dieser Assistenzsysteme. Zwischen 1970 und 2004 ging die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten in vielen europäischen Ländern entscheidend zurück: In Österreich um 61 %, in Frankreich um 65 %, in Italien um 45 %, in Schweden um 63 % und in Großbritannien um 57 %. In Deutschland war in diesem Zeitraum ein Rückgang von 73 % zu verzeichnen. Dies, obwohl sich innerhalb dieses Zeitraums von 30 Jahren die Gesamtfahrleistung annähernd verdoppelt hat. Vom Jahr 2005 auf das Jahr 2006 sind in Deutschland erneut auch die gesamten Unfallzahlen um 0,8 % gesunken. Entscheidender aber ist, dass der Anteil an Personenschäden um 2,6 %, die Anzahl der Todesfälle sogar um 5 % auf 5091 (- 270) Todesfälle zurückging (Quelle: Statistisches Bundesamt, Zeitreihen 2006, Wiesbaden 2007). Doch die Forschung erarbeitet weiter Lösungen, denn jeder Unfall ist einer zuviel.

### **Innovationen im Dienste der Verkehrssicherheit.**

Die BMW Forschung und Technik GmbH, eine hundertprozentige Tochter der BMW AG, ist ein wichtiger Pfeiler der Forschung. Basis aller Innovationen zur Unfallvermeidung bildet die detaillierte Analyse der Unfallursachen und -abläufe. Vor diesem Hintergrund werden gezielt maßgeschneiderte Lösungen und Systeme entwickelt und erprobt. Ziel ist es, den Fahrer zu unterstützen, ihn zu informieren bzw. zu warnen und somit Unfälle durch vorbeugende Technik zu vermeiden oder zumindest die Folgen abzumindern. Die Technik soll dem Menschen Funktionen an die Hand geben, die physiologische Grenzen (z.B. die menschliche Reaktionszeit) kompensieren. Aber: Die Entscheidung bleibt beim Fahrer.



Aktuelle Forschungsprojekte der BMW Group Forschung und Technik auf dem Gebiet der Fahrerassistenzsysteme:

- die Gefahrenbremsung zum Schutz von Fußgängern,
- der weiterentwickelte Querverkehrs-/Ampelassistent,
- die Geisterfahrerinformation
- und die Kurveninformation.

Das sind Systeme, die vorausschauendes Fahren unterstützen und sich nicht rein auf bordeigene Systeme, sondern auch auf die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander stützen.

### **Vision „Automobiles Bordnetz auf Basis Internet Protocol (IP)“.**

Die BMW Group Forschung und Technik forscht daneben aber auch an einer neuen Bordnetztechnologie auf Basis des Internet Protocol. Die Vision des Projekts „Bordnetz der Zukunft“ ist es, alle Anwendungen im Fahrzeug gleichberechtigt intelligent miteinander und mit ihrer Umwelt zu vernetzen. So wird das Fahrzeug zu einem integrativen Bestandteil der digitalen Datenkommunikation. Damit verbunden: neue Funktionalitäten in der Vernetzung mit mobilen Endgeräten und Einblicke in das „gläsern“ werdende Fahrzeug.

## **2. Forschung für mehr Sicherheit im Straßenverkehr.**

### **2.1 Fahrerassistenz.**

#### **Die Elektronik denkt, der Mensch entscheidet.**

Fahrerassistenzsysteme sind elektronische Zusatzeinrichtungen im Fahrzeug, die den Fahrer bei seiner Fahraufgabe unterstützen und damit die Verkehrssicherheit aller Teilnehmer signifikant erhöhen. Bei der BMW Group, dem Pionier auf vielen Gebieten der Fahrzeugelektronik, gilt der Grundsatz: Der Mensch bleibt in der Verantwortung und kann Systeme „übersteuern“ oder abschalten. Denn es ist wichtig, dass Sie als Fahrer entscheiden können, ob Sie trotz grüner Ampel nicht weiterfahren, weil Sie etwa einen Notarztwagen kommen hören. Der Fahrer soll und muss immer Herr des Geschehens bleiben.

Bei allen technischen Möglichkeiten bildet bei der BMW Group eine intelligente und zielgerichtete Aufgabenteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug die Basis des Handels. Durch die Verknüpfung der jeweiligen Stärken wird das bestmögliche Ergebnis für Sicherheit, Komfort und Fahrspaß erzielt. Komplexe Entscheidungen trifft dabei der Fahrer. Denn der Mensch verfügt über die Fähigkeiten der Improvisation und der Fehlertoleranz, außerdem hilft ihm sein Verantwortungsgefühl bei seinen Entscheidungen. Die schnelle Informationsverarbeitung ist die Aufgabe der Fahrzeugelektronik. Systeme ermüden nicht, kommen in keine Stresssituationen und sie können verschiedene Informationen parallel verarbeiten. Konkret: Fahrzeuge der BMW Group bieten dem Fahrer so viele Informationen wie gewünscht und je nach individueller Situation sinnvoll.

#### **Stabilisieren, Manövrieren und Navigieren.**

Generell werden Fahrerassistenzsysteme der Aufgabe des Fahrers gemäß in drei Kategorien unterteilt: Stabilisieren, Manövrieren und Navigieren. Anti-Blockier-System (ABS) oder Dynamische Traktions Control (DTC) sind klassische Beispiele für stabilisierende Systeme. Die aktive Geschwindigkeitsregelung (ACC) oder auch die Spurverlassenswarnung assistieren dem Fahrer beim Manövrieren. Satellitenbasierte Zielführungs- und Informationssysteme wie die Navigation bilden die dritte Ebene der Fahrerassistenz. Dabei wird stets berücksichtigt, welche Informationen der Fahrer auch in schwierigen Situationen verarbeiten kann. Um Aufmerksamkeit zu erzeugen, liefern aktuelle wie auch künftige Fahrerassistenzsysteme in der jeweiligen Situation die jeweils passende Hilfestellung in Form von optischen, haptischen oder akustischen Rückmeldungen.



## 2.2 Grundlage: die Unfallanalyse.

Wer konkrete Lösungen zur Unfallvermeidung entwickeln will, muss zunächst die Zusammenhänge kennen und verstehen. Deshalb ist die Fähigkeit zur Analyse und Interpretation von Verkehrssituationen sowie des Verhaltens von Autofahrern und anderen Verkehrsteilnehmern notwendig.

### **Faktor Mensch – Fehleinschätzungen und Fehlverhalten.**

Oft fehlen dem Fahrer notwendige Informationen, um richtig reagieren zu können – er kann z. B. nicht um die Ecke oder durch geparkte Autos hindurch sehen. 23 % der Unfälle mit Querverkehr und 16 % der Unfälle mit Gegenverkehr an deutschen Kreuzungen passieren aufgrund von Sichtbehinderungen. Das Schutspotenzial der passiven Sicherheitssysteme wie Gurt und Airbags ist zwar sehr hoch, aber auch weitgehend ausgeschöpft. Darüber hinaus entfalten sie ihre Sicherheitswirkung erst, wenn ein Unfall bereits passiert ist. Die Zukunft gehört also den aktiven Sicherheitsfeatures. Wenn diese dem Fahrer im entscheidenden Moment assistieren, können Fahrfehler gemildert oder korrigiert und Unfälle bereits im Vorfeld entschärft oder verhindert werden. Elektronische Fahrerassistenzsysteme können mit ihren intelligenten Funktionen Risiken frühzeitig erkennen, über Gefahren rechtzeitig informieren oder Handlungsempfehlungen geben. So kann der Fahrer richtig handeln und die Situation entschärfen oder im besten Falle verhindern.

### **Entwicklungsstart: Verstehen durch Analyse.**

Die Ingenieure der BMW Group Forschung und Technik analysieren im Vorfeld eine Vielzahl von Unfallszenarien, um daraus dann zielführende Lösungen entwickeln zu können. Dazu gehören Fahrunfälle, Abbiegeunfälle in den verschiedensten Szenarien, Unfälle beim Einbiegen oder an Kreuzungen mit unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern, Unfälle durch ruhenden Verkehr z. B. am Stauende oder im Stop-and-Go-Verkehr u.v.a. Dafür werden neben den Daten der BMW Group Unfallforschung auch Informationen des Statistischen Bundesamts Wiesbaden, des Unfallforschungsprojektes GIDAS (German In-Depth Accident Study) ausgewertet, sowie internationale Analysen herangezogen.

### **Unfalltypen.**

Der häufigste Unfalltyp bei schweren und tödlichen Verkehrsunfällen ist der Fahrunfall (43 %), bei denen der Fahrer auf gerader Strecke die Kontrolle über das Fahrzeug verliert. An zweiter Stelle steht der Unfall im Längsverkehr mit einem Anteil von ca. 21 %. Dies sind Konfliktszenarien mit entgegenkommenden bzw. seitlich oder voraus fahrenden Fahrzeugen. Den weitaus größten Anteil haben dabei Auffahrunfälle mit 37,6 %, die sich oft aufgrund von ungenügendem Sicherheitsabstand oder Unaufmerksamkeit ereignen. Unfälle im Kreuzungsbereich (Abbiegen, Einbiegen und Kreuzen) machen 17 %, und Unfälle, bei denen ein Fußgänger die Straße überquert, ca. 10 % aller Unfälle aus.

Diese Daten, eine genaue Auswertung und Interpretation liefern den Forschern die Grundlage zur Entwicklung geeigneter Assistenzsysteme zur Unfallvermeidung. Die Gefahrenbremsung zum Schutz von Fußgängern, der Querverkehrsassistent, die Geisterfahrerinformation sowie die Kurveninformation adressieren in umgekehrter Reihenfolge jeweils einen der o.g. Unfalltypen und sollen somit gezielt zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen.

Daten über die vollzogenen oder versuchten Fahrmanöver zur Unfallverhinderung sind für die Interpretation noch wertvoller. Ein Beispiel: Ein Fahrer nähert sich einer Kreuzung. Der Querverkehr hat Vorfahrt. Passiert hier ein Unfall, ist dieser in 33 % der Fälle auf eine Missinterpretation, in 23 % auf mangelnde Sicht zurückzuführen. Das Schlimme: 42 % der Unfallverursacher unternehmen keinen Bremsversuch, 60 % keinen Lenkversuch. Ein rechtzeitiger Hinweis auf die drohende Gefahr hätte hier sicherlich zu anderen Zahlen geführt.

## 2.3 Gefahrenbremsung zum Schutz von Fußgängern.

Dank moderner Rückhaltesysteme, crashoptimierter Fahrzeugkarosserien und Verbesserungen in der Verkehrsinfrastruktur ist die Zahl der Verkehrstoten in vielen Ländern seit Jahren rückläufig. Zwischen 1970 und 2004 ging die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten in vielen europäischen Ländern entscheidend zurück: In Österreich um 61 %, in Frankreich um 65 %, in Italien um 45 %, in Schweden um 63 % und in Großbritannien um 57 %. In Deutschland war in diesem Zeitraum ein Rückgang von 73 % zu verzeichnen. Auch in den USA ist eine Veränderung um 81 % zwischen 1970 und 2001 zu verzeichnen gewesen. Auch innovative Fahrerassistenzsysteme tragen zu diesem Rückgang bei. Und das obwohl Fahrzeugbestand und Verkehrsdichte konstant steigen. In den letzten 30 Jahren hat sich die Gesamtfahrleistung auf deutschen Straßen annähernd verdoppelt. Das reicht den Ingenieuren der BMW Group aber nicht. Sie arbeiten an noch effektiveren Systemen zum Schutz aller Verkehrsteilnehmer. Fußgänger sind im Falle einer Kollision mit einem Fahrzeug besonders gefährdet. Schwere Verletzungen sind leider zu häufig. Deshalb hat die BMW Group Forschung und Technik im Rahmen eines Forschungsprojekts ein Sicherheitssystem entwickelt, das bevorstehende Kollisionen mit Fußgängern erkennt, um durch geeignete Maßnahmen die Folgen für die Beteiligten möglichst gering zu halten.

### **Der siebte Sinn: Infrarotkamera, Radar und Laserscanner.**

Bis ein Mensch aufgrund seiner natürlichen Reaktionszeit handeln kann, vergeht wertvolle Zeit. Man kann von einer menschlichen Reaktionszeit von rund einer Sekunde ausgehen. Faktoren wie Müdigkeit oder Alkohol führen leicht zu einer Verdopplung, Unaufmerksamkeit oder Ablenkung können zu einer Vervielfachung der „Schrecksekunde“ führen. Hier setzt das Gefahrenbremsungssystem an. Das System erfasst mit unterschiedlichen Sensortechnologien wie Infrarotkamera, Radar und Laserscanner die Fahrzeugumgebung, unterscheidet zwischen Fußgängern, Fahrzeugen und anderen Objekten und berechnet softwaregestützt, ob der Fahrer die Kollision noch vermeiden kann. Das System erkennt also Objekte im Wahrnehmungsbereich der Sensorik, klassifiziert diese beinahe gleichzeitig in Sekundenbruchteilen und entscheidet, ob diese als relevant oder unerheblich für die Sicherheit einzuschätzen sind. Das geschieht über Sensormesswerte. So erkennt der Sensor z. B. Beine in Bewegung und anhand des Wärmebildes, einem Konturenvergleich und der Bewegungsrichtung wird ein

Fußgänger auf Kollisionskurs detektiert. Das System stellt so sicher, dass es sich tatsächlich um eine potentielle Unfallsituation handelt – eben, wenn ein Fußgänger plötzlich vor einem nahenden Fahrzeug auf die Straße tritt.

Hierbei kommt die im Vergleich zu einem Menschen geringere Reaktionszeit technischer Systeme, und damit verbunden ein wesentlich kürzerer Anhalteweg, voll zum Tragen. Immerhin beträgt allein der Reaktionsweg bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h im Normalfall schon 15 Meter. Dazu kommt dann noch der Bremsweg.

### **Verkürzte Reaktionszeit.**

Die Umgebungserfassung liefert innerhalb weniger Hundert Millisekunden alle detektierten und klassifizierten vor dem Fahrzeug befindlichen Hindernisse an die Situationsinterpretation. Diese entscheidet in wenigen Millisekunden, ob eine potentielle Gefahrensituation vorliegt. Die Frage: Läuft ein Fußgänger auf derselben Trajektorie wie das Fahrzeug und lässt sich daraus ein Kollisionskurs vorhersagen? Wird diese Frage mit ja beantwortet und kann weder der Fußgänger aus eigener Bewegung aus der gefährlichen Situation herauskommen, noch der Fahrer adäquat reagieren, dann greift das System ein. In dem nachfolgenden Zeitraum bis zum möglichen Aufprall können nun Maßnahmen eingeleitet werden, die den Zusammenstoß verhindern oder zumindest die Folgen des Unfalls durch die Reduzierung der Aufprallenergie vermindern. Denkbare Beispiele dafür sind Warnungen, die der jeweiligen Situation angepasst, den Fahrer entweder visuell oder durch akustische Signale auf die drohende Kollision hinweist. In der Realität kann der Fahrer in letzter Sekunde oftmals einen Unfall durch schnelles Ausweichen verhindern. Darüber hinaus können eine Verringerung der Geschwindigkeit durch erhöhtes Motorschleppmoment oder den Aufbau von Bremsdruck, sowie die Bremsunterstützung, wenn sich der Fahrer für eine Bremsung entscheidet, hilfreich sein. Wenn dem Fahrer keine Handlungsoptionen mehr offen stehen, ist eine Gefahrenbremsung lebensrettend. Dazu muss die Sensorik aber die Situation zuverlässig einschätzen und interpretieren können. In dem Forschungsprojekt ist ein solcher Bremseingriff in einem klar definierten Versuchsaufbau dargestellt.

## **2.4 Der neue Querverkehrs- und Ampelassistent – sichere Fahrt über Kreuzungen.**

### **Situationen an Kreuzungen sind oft unübersichtlich.**

Fehleinschätzungen des Fahrers, Unaufmerksamkeit oder unpassende Fahrmanöver zählen zu den häufigsten Unfallursachen an Kreuzungen. Deshalb hat die BMW Group Forschung und Technik mit dem Querverkehrs- und dem Ampelassistenten Sicherheitsfeatures entwickelt, die den Fahrer unterstützen. Mittels Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation basierend auf WLAN-Technologie sammelt der Querverkehrsassistent Informationen über das aktuelle Verkehrsumfeld und tauscht diese mit anderen Fahrzeugen aus. Die Daten über Positionen und aktuelle Fahrzustände werden dann elektronisch verarbeitet und dem Fahrer als Handlungsempfehlungen zur Verfügung gestellt. So erkennt der Querverkehrsassistent beispielsweise ein sich der Kreuzung nähерndes vorfahrtsberechtigtes Fahrzeug, auch wenn es für den Fahrer wegen verdeckter Sicht noch nicht zu erkennen ist. Der Fahrer kann damit quasi um die Ecke und ein Stück weit in die Zukunft blicken.

### **Technik hilft, alltägliche Stresssituationen zu bewältigen.**

Alleine in Deutschland geschieht ein Drittel aller Unfälle mit Personenschaden an Kreuzungen, weil Verkehrsteilnehmer zu spät oder gar nicht erkannt werden, die ausreichende Sicht durch Gebäude oder Bäume verdeckt ist oder der Fahrer dem Verkehrsgeschehen nicht die nötige Aufmerksamkeit schenkt. Eine alltägliche Situation: Ein Autofahrer fährt auf eine Kreuzung zu und möchte diese überqueren. Auf der kreuzenden Vorfahrtsstraße reiht sich ein Wagen an den nächsten und durch am Straßenrand parkende Fahrzeuge ist der Einblick in diese nur unzureichend möglich. An dieser Stelle setzt der Querverkehrsassistent an.

Er erfasst die Daten anderer Verkehrsteilnehmer im Kreuzungsbereich und kann mögliche Gefahren entschärfen. Dazu kommuniziert der Querverkehrs-assistent mit anderen Fahrzeugen, die sich der Kreuzung nähern. Das System wertet die empfangenen Daten wie Geschwindigkeit, Entfernung zur Kreuzung und Bewegungsrichtung zusammen mit den Informationen des eigenen Fahrzeugs aus. Sollte die Gefahr einer Kollision bestehen, wird der Fahrer über optische, akustische Signale und durch sanftes Verzögern gewarnt. Der Vorteil dabei: die Geschwindigkeit wird abgebaut, ein Crash verhindert oder –wenn unvermeidlich – zum mindesten abgemildert. Wenn es dem Fahrer nicht mehr möglich sein sollte, die Situation durch eine eigene Reaktion zu entschärfen, kann der Assistent auch bremsvorbereitend und -unterstützend eingreifen.

Besonders gefährlich ist die Kollision zwischen Auto und Motorrad. Ein Motorradfahrer unterliegt bei einem Unfall rund dreimal so häufig schweren Verletzungen als ein Autofahrer. Der Anteil an Todesfällen unter den Motorradfahrern liegt sogar annähernd viermal so hoch wie der bei Autofahrern. Der Querverkehrsassistent ist auch für die Kommunikation zwischen diesen Verkehrsteilnehmern gerüstet. Zusätzlich wird bei einer erkannten Risikosituation auch das vorfahrtsberechtigte Motorrad aktiv: es schaltet Licht und Blinker an und betätigt die Hupe, um besser wahrgenommen zu werden. Der sich auf gefährliche Art der Kreuzung nähernde Autofahrer wird also aktiv auf das Motorrad aufmerksam gemacht.

### **Alles im grünen Bereich: der Ampelassistent.**

Beim Ampelassistenten kommuniziert die Lichtsignalanlage mit dem Fahrzeug. Das System wertet die empfangenen Daten wie aktueller Ampelstatus, Länge der festen Anteile der Grün-, Gelb- und Rotphasen zusammen mit kreuzungs- und fahrzeugspezifischen Informationen aus. Wenn nun bei Beibehalten der Geschwindigkeit die Ampel bei Erreichen der Kreuzung bereits in der Rotphase wäre, erhält der Fahrer diese Information frühzeitig genug um sanft abzubremsen. Entsteht die Gefahr einer Rotlichtmissachtung, erhält der Fahrer auch hierüber eine Information. Bei der Annäherung kann außerdem eine Empfehlung erfolgen, mit welcher Geschwindigkeit eine Kreuzung zur Grünphase erreicht werden kann. So erhöht sich die Sicherheit wie auch der Komfort. Der Fahrer kann ein Stück weit in die Zukunft blicken und damit souverän seine Fahrweise an die Ampeltaktung anpassen. Hektisches Gasgeben und dann abruptes Abbremsen kann er vermeiden. Das Fahren wird ruhiger, sicherer und kraftstoffsparender.

### **Die Entwicklung von Querverkehrsassistenzsystemen.**

Um passende Komponenten für die Erfassung von Verkehrsteilnehmern, Objekten und Situationen im Kreuzungsverkehrsraum zu erproben und Assistenzsysteme für den Fahrer zu entwickeln, werden zum einen der dynamische Fahrsimulator und zum anderen reale Fahrzeuge als Versuchsträger genutzt. Der Vorteil des Fahrsimulators liegt dabei in der Möglichkeit, kritische Verkehrssituationen gefahrlos, unter reproduzierbaren Bedingungen und in kürzerer Zeit als bislang, darzustellen. Im Fahrzeug können dann die Assistenzsysteme real erlebbar dargestellt und getestet werden.

Unter Einbeziehung der eigenen Position und des Fahrzustandes bewerten die Kreuzungsassistenzsysteme mit eigens dafür entwickelten Algorithmen die aktuelle Verkehrssituation und prognostizieren die weitere Entwicklung wie die Kollisionswahrscheinlichkeit. Abhängig vom berechneten Verlauf, warnt das System den Fahrer vor potentiellen Unfallsituationen. Dafür werden zukünftig aber digitale Kartendaten mit Informationen über Kreuzungen inkl. z.B. Vorfahrtsregelung und Ausstattung mit Ampeln benötigt.

## **2.5 Geisterfahrerinformation – rechtzeitige Warnung vor Falschfahrern oder eigener Geisterfahrt.**

Es ist der Albtraum eines jeden Autofahrers, wenn auf einer Autobahn quasi aus dem Nichts ein „Geisterfahrer“ entgegenkommt. Aufgrund der relativen Geschwindigkeiten bleiben nur Bruchteile einer Sekunde, um zu reagieren. Wenn es zu einer Kollision kommt, hat dies oft fatale Folgen. Jeder kann sich vorstellen, dass ein Frontalzusammenstoß zwischen zwei Fahrzeugen, die beide angenommene 120 km/h fahren, trotz ausgeklügelter passiver Sicherheitssysteme und auskonstruierter Fahrgastzellen sehr schwerwiegende Folgen nach sich zieht. Jahr für Jahr melden die Radiosender allein in Deutschland rund 1800 Geisterfahrer. Und: Laut Verkehrsforchern kann jeder von uns zu einem Falschfahrer werden. Die Gründe sind so banal wie alltäglich und auch keine Frage des Alters. – Nur zehn Prozent der Falschfahrer sind über 65 Jahre alt. Die häufigsten Ursachen sind einer Studie zur Folge:

- Stress und Überforderung,
- der Verlust der Orientierung
- und schlechte Sicht.

Bei einem Drittel der Geisterfahrer ist außerdem Alkohol im Spiel. Weil in diesen Fällen auch die Beschilderung an den Autobahnzufahrten Geisterfahrer nur bedingt stoppen kann, hat die BMW Group Forschung und Technik ein neues Fahrerassistenzsystem entwickelt. Die Geisterfahrerinformation erkennt auf Basis der Navigation selbstständig, wenn ein Fahrer in die falsche Richtung in eine Straße einfährt und warnt ihn mit akustischen und optischen Signalen. Darüber hinaus kann die Geisterfahrerinformation via Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation andere Fahrzeuge warnen, wenn sich ein Geisterfahrer auf der befahrenen Strecke nähert.

### **Falschfahrer: Drei Stufen informieren rechtzeitig.**

Ziel des Assistenzsystems ist es zunächst, Geisterfahrten zu verhindern. Auf Basis der Navigationsdaten – denkbar ist darüber hinaus die Ergänzung der Daten durch Verkehrszeichenerkennung – erkennt das System, dass eine Falschfahrt droht. Mit akustischen und visuellen Rückmeldungen im Kombiinstrument oder im Head-up-Display wird der Fahrer über die mögliche Fehlentscheidung informiert.

Sollte der Fahrer dennoch in die falsche Richtung auf die Autobahn oder in die Einbahnstraße einbiegen, ist es oberstes Ziel andere Verkehrsteilnehmer zu warnen. Dies geschieht durch Car2X-Kommunikation. Die Anzeige des entgegenkommenden Geisterfahrers erfolgt im Forschungsprojekt über die Kartendarstellung des Navigationsdisplays. Es werden die Streckenabschnitte gekennzeichnet, auf denen ein Geisterfahrer unterwegs ist. Dabei berücksichtigt das System nicht allein die vom Navigationssystem gestellten Daten, sondern auch die Position, die Richtung und die Geschwindigkeit des Falschfahrers. Auch im Head-up Display kann die Information angezeigt werden – und das genau so lange in regelmäßigen Abständen wie der Geisterfahrer auf der falschen Straßenseite unterwegs ist. Und akustische Signale helfen in einer akuten Situation. Die Frequenz der akustischen und visuellen Warnhinweise ist dabei in drei Stufen gestaffelt: Von „Geisterfahrer ist in der Umgebung“ bis zu „Geisterfahrer direkt voraus.“

### **Vernetzte Kommunikation schafft Sicherheit.**

Die Geisterfahrerinformation wird mittels zweier Kommunikationskanäle übertragen. Der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikationskanal (Car2Car) ist schnell, aber mit derzeit maximal 600 Metern Reichweite nur für kurze Distanzen geeignet. Er wird deshalb zur unmittelbaren Erkennung der Fahrzeuge in der nahen Umgebung benutzt.

Der Fahrzeug-Infrastruktur Kommunikationskanal (Car2Infrastructure) dient wiederum dazu, die Geisterfahrerinformation an die anderen Fahrzeuge in der weiteren Umgebung zu versenden. Dies geschieht, in dem das Fahrzeug des Falschfahrers seine Positionsdaten an ein Servicezentrum schickt und dieses dann die Warnung an alle Fahrzeuge weiterleitet. Das Servicezentrum kann darüber hinaus direkt Polizei oder Medien mit den Daten versorgen. Wertvolle Minuten, in denen noch niemand den Falschfahrer gesehen und als solchen erkannt hat, werden gewonnen. Die Geisterfahrerinformation sowie die genauen Positionsdaten können zu jedem Zeitpunkt auf einem Bildschirm verfolgt werden. Damit wird die Meldekette verkürzt, schon mit dem ersten ausgestatteten Fahrzeug. Die Information kommt allen Fahrern zu Gute, wenn nicht durch Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, dann über die Radioverkehrsmeldungen.

## 2.6 Kurveninformation als persönlicher Copilot.

Landstraßen bergen das höchste Unfallrisiko. 27 Prozent aller Unfälle ereignen sich hier und meist mit schweren Folgen. Das liegt oft an der Überschätzung eigener Fahrertalente oder an der Fehleinschätzung physikalischer Grenzwerte wie Reibwerten und Kurvenradien. Um den Fahrer bei einer vorausschauenden Fahrweise zu unterstützen, hat die BMW Group Forschung und Technik die Kurveninformation entwickelt. Das Assistenzsystem informiert mittels Navigationssystem abhängig von der individuellen Geschwindigkeit rechtzeitig über den Kurvenverlauf. Mit diesem erweiterten Horizont fällt es dem Fahrer leicht, sich frühzeitig auf den Straßenverlauf einzustellen. Dies erhöht die Sicherheit. Die vorausschauende Streckeninformation hat die BMW Group bereits 2006 im Rahmen eines Innovationstages vorgestellt. In der derzeit erprobten Ausbaustufe setzt das System diese Informationen in Relation zur aktuellen Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Diese Prinzipstudie gibt dem Fahrer bei einer für die anstehende Kurve zu hohen Geschwindigkeit über das Head-Up- oder Navigationsdisplay eine Rückmeldung. So kann sich der Autofahrer auch auf unbekannten Strecken rechtzeitig auf die richtige Kurvengeschwindigkeit einstellen.

### **Elektronischer Horizont ermöglicht vorausschauendes Fahren.**

Die Kurveninformation als zuschaltbarer Fahrerassistent ist der persönliche Copilot des Fahrers, der rechtzeitig auf zu hohe Geschwindigkeit für voraus liegende Kurven hinweist. Entsprechende Gefahrenhinweise werden symbolisch mittels Head-Up-Display auf die Frontscheibe projiziert und der Fahrer dazu aufgefordert, seine Geschwindigkeit anzupassen. Drosselt dieser die Geschwindigkeit, erlischt der entsprechende Hinweis. Je schneller der Fahrer unterwegs ist, desto weiter blickt das System für ihn voraus. Es kann dabei umso besser arbeiten, je besser das zugrunde liegende Kartenmaterial ist. Bei dem System handelt es sich um einen Forschungsprototypen. Für eine Umsetzung müssen flächendeckende und detaillierte Navigationsdaten zur Verfügung stehen.

## 2.7 Eine zuverlässige Erfassung des Fahrumfeldes benötigt alle Sinne.

Für das „maschinelle Verstehen“ von Fahrsituationen entwickeln die BMW Group Forscher leistungsfähige, für den Fahrzeugeinsatz geeignete Sensorsysteme. Dabei werden neue Integrationsansätze angewandt und Einzelsensoren unterschiedlicher Prinzipien verknüpft. Um zum Beispiel die Aussagekraft einer videobasierten Fahrspurerkennung zu steigern und um die Anwendbarkeit unter unterschiedlichen Straßen-, Witterungs- und Lichtverhältnissen zu gewährleisten, werden Karten- und Ortungsinformationen einbezogen. Aktive, d.h. selbständig sendende Sensoren wie Radar, Lidar, Laser oder Ultraschall kommen zur Unterstützung der Kameratechnik oder als eigenständige Technik zum Einsatz, um die Leistungsfähigkeit einer (maschinellen) Hinderniserkennung zu erhöhen. Aus diesen Daten werden Hinweise für den Fahrer gewonnen, die seine Wahrnehmung erweitern und seine Aufmerksamkeit erhöhen.

### **Sensordatenfusion als Garant für Systemstabilität.**

Die richtige Fahrumgebungserfassung und -interpretation ist die Grundlage für Funktionen wie die Gefahrenbremsung oder den Querverkehrsassistenten. Herkömmliche Fahrerassistenzsysteme unterstützen den Fahrer bei einzelnen Fahraufgaben, beispielsweise bei der Abstandshaltung zum Vorderfahrzeug. Zukünftige Assistenzsysteme bieten dann mittels Sensordatenfusion das Potenzial, eine Vielzahl von Funktionen, die sowohl die Sicherheit als auch den Fahrkomfort erhöhen, mit noch höherer Zuverlässigkeit realisieren zu können.

Um die Zuverlässigkeit der Aussagen noch weiter zu erhöhen, fließen in die Bewertung der jeweiligen Situation auch sämtliche Informationen anderer fahrzeuginterner Sensoren zur Fahrdynamikbestimmung mit ein. Die Zusammenführung der Messwerte mehrerer Sensoren, die so genannte Sensorendatenfusion, erlaubt in Zukunft eine gesteigerte Robustheit und Genauigkeit der Umgebungserfassung. Hierbei können die Vorteile von Radar- und Laserscanner-Sensorik bei der Bestimmung der dynamischen Objekteigenschaften und der genauen Objektposition und -größe mit den Vorteilen optischer Systeme kombiniert werden. So lassen sich beispielsweise die Art (Fußgänger oder Fahrzeug) und die Richtung des sich nähernden Objekts und damit der potentielle Aufprallwinkel genau bestimmen sowie die relative Aufprallgeschwindigkeit vorausberechnen. Konkret heißt das: Einzelne Sensoren wie beispielsweise Radar, Lidar, Video-, Wärmebild-, 3-D-kameras, Ultraschall aber auch GPS in Verbindung mit digitalen Karten, liefern analog zu den menschlichen Sinnesorganen jeweils nur einzelne Abbilder der Realität,

von denen keines alleine ausreicht, um ein zuverlässiges Umgebungsmodell zu erstellen. Erst wenn die Daten der unterschiedlichen Sensoren unter Berücksichtigung der jeweiligen Erfassungsgüten zu Messwerten höherer Genauigkeit kombiniert werden, ergibt sich ein Umgebungsmodell, das für unterschiedliche Funktionen genutzt werden kann.

Die BMW Group kombiniert die Stärken des Fahrers und der Assistenzsysteme. Das heißt, der Fahrer bleibt verantwortlich für die Fahraufgabe – das Assistenzsystem unterstützt ihn durch entsprechende Informationen. Dazu müssen auch die Handlungen des Fahrers richtig interpretiert werden. Zukünftig können hier Verfahren wie beispielsweise die Blickrichtungserkennung helfen, die Wahrnehmungen und die Absicht des Fahrers zu verstehen und zu erkennen.

### **3. Fahrzeugbordnetz der Zukunft. Revolution der Bordnetztechnologie ermöglicht neue Komfort- und Sicherheitsfunktionen.**

Noch vor einigen Jahrzehnten gab es in einem PKW nur wenig Elektrik und kaum Elektronik. Im Motorraum steckten Batterie, Lichtmaschine, Regler, Anlasser und Zündung. Am Armaturenbrett fanden sich Schalter, Kontrollämpchen, Blinkerrelais und Sicherungen. Vom Armaturenbrett bis zum Fahrzeugheck gab es nur noch einige Leuchten und die dazugehörigen Kabel. Das Autoradio bildete die Krönung der Fahrzeugelektronik in einem Auto bis zur Mitte der 1970er Jahre.

Heute sind bis zu 90 Prozent aller Innovationen in einem Fahrzeug mit dem Einsatz von Elektronik und Software verbunden und die Anzahl der Steuergeräte (z. B. für die Motorsteuerung oder DSC) ist dementsprechend in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen. Bis zu 70 Steuergeräte werden aktuell in Premiumfahrzeugen der Oberklasse verbaut. Das heißt: Ein modernes Fahrzeug hat mehrere hundert elektrische und elektronische Funktionen und bis zu 115 MB Datenvolumen an Bord – und das ohne die Daten der Navigations-DVD.

#### **Das Informationszeitalter in der Fahrzeugelektronik.**

Das Telefon, das erstmals auf der Weltausstellung 1876 in Philadelphia präsentiert wurde, brauchte 55 Jahre, um 50 Millionen Nutzer für sich zu gewinnen. Das Fernsehen lockte die gleiche Zahl in 13 Jahren an. Das Internet brauchte dafür nur drei Jahre. Kurzum: Die vernetzte digitale Datenkommunikation, in drahtgebundener und drahtloser Form, ist aus dem modernen Alltag nicht mehr weg zu denken. Das heutige Leben ist längst geprägt durch den schnellen und unkomplizierten Austausch von Informationen unabhängig vom Ort. So können heute Emails an jedem erdenklichen Ort und zu jeder Zeit versendet werden – entweder über das Mobilfunktelefon, das Notebook oder das Smartphone. Daten, wie Sprache oder Email, werden dazu digitalisiert und in Form von Internet Protocol-Paketen, der Sprache des weltumspannenden Internets, übertragen. Dieser Standard ermöglicht ein Höchstmaß an Freiheit und Unabhängigkeit, denn Daten wie Musik, Bilder, Emails, Dokumente, Adressen usw. sind jederzeit und überall abruf- und damit auch verfügbar.



## **Das automobile Bordnetz von heute.**

Um die Datenmenge der Elektronik im Fahrzeug zu transportieren, arbeiten in einem aktuellen Fahrzeug bis zu fünf unterschiedliche Bussysteme wie CAN, LIN, MOST und FlexRay, nebeneinander. Alle erfüllen die Anforderungen ihres jeweiligen Einsatzgebietes optimal, aber alle diese Bussysteme sprechen eine eigene automobile Sprache, die – um im Bild zu bleiben – immer übersetzt werden muss, wenn Informationen von verschiedenen Systemen genutzt werden wollen. Die BMW Group Forschung und Technik denkt bereits weiter und forscht an einer einheitlichen Standardsprache für das Netzwerk „Automobil“. Basis für diese Technologie ist das Internet Protocol (IP). Im Fahrzeug kann diese weltweit einheitliche Sprache zum Beispiel sehr gut über ein Breitbandnetzwerk wie etwa das Ethernet übertragen werden. Damit wird das Fahrzeug zu einem Teilnehmer am World Wide Web.

## **Alles hört auf ein Kommando: Beispiele aus der Praxis.**

Das Fahrzeug wird damit integrativer Bestandteil des Gesamtnetzwerks und der Komfort der Insassen kann weiter erhöht werden. Das neuartige, auf IP basierende Fahrzeubordnetz macht die Infrastruktur in einem Fahrzeug flexibler. In Zukunft kann dann z. B. die Werkstatt leichter neue Steuergeräte inklusive neuer Funktionen integrieren oder der Kunde per Plug&Play seine neuen elektronischen Endgeräte im Fahrzeug nutzen und bedienen. Nicht alle Anwendungen müssten fest im Fahrzeug verbaut werden, da das auf IP basierende Bordnetz die Brücke zum weltumspannenden Internet schlägt.

Die Ingenieure erforschen auch weitere Möglichkeiten, die sich ergeben, wenn die komplette Elektronik des Fahrzeugs nur noch eine Sprache kennt. Dann ist es beispielsweise – wie in einem Prototyp bereits erlebbar – einfach möglich, dass ganze MP3-Kollektionen im Fahrzeug ganz bequem über das Internet angehört werden können oder Videos direkt im Fahrzeug aus dem Internet geladen und zur Unterhaltung auf den Rücksitzen abgespielt werden können. Auch Einblicke in das Bordnetz und die Steuergeräte des Fahrzeugs sind für die Insassen und den Service viel leichter.

Mit dem Bordnetz der Zukunft wird das Fahrzeug unabhängig von den kurzen Entwicklungszyklen der Entertainment-Industrie, da auch die jeweils neuesten Entwicklungen (Blue Ray, HDTV, IPTV, IP Radio, ...) einfach per Plug & Play genutzt werden können und keine Steckverbindungen mit spezieller Infrastruktur mehr benötigen. Im Bereich der Fahrerassistenzsysteme bietet diese neuartige Bordnetztechnologie völlig neue Möglichkeiten, insbesondere für komplexe Systeme, die auf verschiedene Informationen von Sensoren, Kameras, etc. zugreifen. Alle diese Systeme und Informationsgeber sprechen dann dieselbe Sprache. Auch in der Avionik hat die IP-Technologie wegen ihrer (Funktions-)Sicherheit und Zuverlässigkeit schon Einzug gehalten.

## **4. BMW Group Forschung und Technik. Kreative Kraft – kundenorientiert und effizient.**

Ein Unternehmen kann im internationalen Wettbewerb nur dann erfolgreich sein, wenn es über hohe Innovationskraft verfügt und zugleich die notwendige Schnelligkeit bei der Umsetzung von Ideen besitzt. Mit der 2003 gegründeten hundertprozentigen Tochtergesellschaft BMW Group Forschung und Technik verschafft sich die BMW Group eine Voraussetzung für technologischen Vorsprung: Denn die rechtlich eigenständige GmbH gewährt kreativen Freiraum wo nötig und kurze Wege für maximale Flexibilität.

### **Eigenständiges Denken – das Ziel immer vor Augen.**

Die Spezialisten der BMW Group Forschung und Technik haben einen klaren Auftrag: neue Technologien wegweisend für den automobilen Einsatz erschließen. Um kreatives Neuland unabhängig vom Tagesgeschäft einer automobilen Serienentwicklung effizient bearbeiten und umsetzen zu können, muss entsprechender Freiraum für die Experten geschaffen sein.

Mit der BMW Group Forschung und Technik ist dies gelungen. Sie bietet eine Arbeitsumgebung mit flachen Hierarchien und durch die rechtliche Eigenständigkeit kurze Entscheidungswege. Eine bewusste Abkopplung vom streng geführten Produkt-Entstehungs-Prozess in der BMW Group erlaubt, dass Ideen und Erfindungen in kürzester Zeit reifen können. Machbarkeit und Nutzen von „Neuem“ sind so schnell zu beurteilen und werden in erste Prototypenanwendungen überführt. Damit lassen sich Entscheidungen für einen möglichen Serieneinsatz fundiert treffen.

### **Nähe zur Serienentwicklung – effizienter Transfer.**

Als besonders erfolgreich zur frühzeitigen Beurteilung der Serienreife hat sich dabei das Konzept der so genannten Kooperativen Forschung herausgestellt: In einem nahtlosen Prozess werden die Serienabteilungen, als Empfänger von Forschungsprojekten, von Anfang an und über alle Phasen hinweg in Ablauf und Inhalte einbezogen. So arbeiten die Forscher bereits in einer sehr frühen Phase mit den für die Serienentwicklung zuständigen Fachstellen zusammen. Bedarf wird damit optimal erkannt und effizient umgesetzt. Mit Abschluss der Forschungsphase begleitet der verantwortliche Experte zudem „sein“ Projekt bis in die Serienentwicklung. Das Know-how bleibt also in einer Hand – über Forschung, Vorentwicklung und Serienentwicklung hinweg. So können Reibungsverluste an den Schnittstellen zwischen Abteilungen gar nicht erst entstehen.



## **Das Forschungs- und Innovationsnetzwerk der BMW Group.**

Die Komplexität heutiger Spitzentechnologie, wie sie im Automobilbau zum Einsatz kommt, erfordert die multidisziplinäre Zusammenarbeit im Unternehmen selbst und über die Unternehmensgrenzen hinaus.

Die BMW Group ist weltweit mit Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionsstandorten vertreten. Die BMW Forschung und Technik GmbH ist in das internationale Forschungsnetzwerk eingebunden. Dazu gehört das „California Innovation Triangle“, das aus drei Büros in Kalifornien besteht: BMW Group Technology Office in Palo Alto, Designworks in Newbury Park und das „Engineering and Emission Test Center“ in Oxnard. Auch in Japan, China und Frankreich ist die BMW Group mit einem Technology Office vertreten. Die BMW Car IT GmbH ist eine weitere Tochtergesellschaft der BMW Group, die sich das Thema Forschung auf die Fahnen geschrieben hat. Mit Sitz in München verfolgt sie das Ziel, das Potenzial von Software im Fahrzeug intelligent zu nutzen und neue Lösungswege für innovative Fahrzeugfunktionen zu erschließen. Letztendlich gehören zum Forschungs- und Innovationsnetzwerk der BMW Group auch das Landshuter Innovations- und Technologiezentrum, das Dieselkompetenzzentrum im BMW Werk Steyr und das Herz der Entwicklung der BMW Group: das Forschungs- und Innovationszentrum in München, kurz FIZ genannt.

Verbindungen zu international anerkannten wissenschaftlichen Einrichtungen, wie z.B. zur Fraunhofer- und Max-Planck-Gesellschaft sowie zu Hochschulen und Universitäten in der ganzen Welt sind für die BMW Group selbstverständlich. Dies ist besonders im Bereich der vorwettbewerblichen Grundlagenforschung von Nutzen, da Forschungskooperationen die Möglichkeit bieten, eigene Ressourcen gezielter einzusetzen sowie technische und wirtschaftliche Risiken zu verteilen. Kompetente Zulieferer und Systementwickler integriert die BMW Group über die „Virtuelle Innovations-Agentur“ (VIA) in Forschungsvorhaben.