

# Aktive und passive Sicherheit bei der BMW Group. Inhaltsverzeichnis.

<b>1. Aktive und passive Sicherheit bei der BMW Group.</b>	
(Kurzfassung) .....	2
<b>2. Aktive und passive Sicherheit bei der BMW Group.</b>	
(Langfassung)	
2.1 Einleitung – Sicherheit als umfassendes Konzept. ....	7
2.2 Die aktive Sicherheit – aus Freude am Fahren. ....	13
2.3 Point of no Return – auch die letzten Sekunden können Leben retten. ....	29
2.4 Im Fall des Falles: Schutz durch passive Sicherheit. ....	30
2.5 Schnelle Hilfe im Notfall: Erweiterter Notruf. ....	41



# 1. Aktive und passive Sicherheit bei der BMW Group. (Kurzfassung)

„Höchster Anspruch an Sicherheit ist für einen Premiumhersteller selbstverständlich. Was unsere Fahrzeuge auszeichnet, ist der gesamt-heitliche Ansatz unseres Sicherheitskonzepts.“ So erklärt Klaus Kompaß, Leiter der Fahrzeugsicherheit, die Philosophie der BMW Group.

Sicherheitskonzepte basieren bei der BMW Group zunächst immer auf der Realität. Deshalb befassen sich Experten der BMW Group Unfallforschung jedes Jahr mit einer Vielzahl realer Unfälle, arbeiten dabei interdisziplinär mit Biomechanikern, Unfallärzten und Traumatologen in Deutschland und den USA zusammen und teilen ihre Erkenntnisse mit den Forschern und Entwicklern im eigenen Haus. Die Ergebnisse fließen direkt in neue Konzepte für aktive und passive Sicherheitsmaßnahmen ein. Und hier kommt der zweite Aspekt der BMW Group Sicherheitsphilosophie zum Tragen. Sicherheit beginnt bei der Freude am Fahren, also schon weit vor einem möglichen Unfall. Denn der beste Unfall ist der, der gar nicht erst passiert. Und das Konzept endet erst weit nach dem Unfall.

Die BMW Group hat der Sicherheit im Straßenverkehr schon immer eine bedeutende Rolle eingeräumt. Bis heute gibt es weltweit kein einziges Sicherheitssystem in Serienautos, das die BMW Group nicht auch erforscht oder entwickelt hätte, oft sogar in der Rolle eines Pioniers wie bei den Kopfairbags. Außergewöhnlich ist dabei der integrale Ansatz, der aus präziser Fahrdynamik, gezielter Fahrerunterstützung und optimalem Insassenschutz ein Gesamtpaket schnürt mit einem sehr ehrgeizigen Ziel: ein Maximum an Sicherheit.

## **BMW Group Sicherheit beginnt beim Fahrwerk.**

In keiner Statistik erscheinen diejenigen Unfälle, die gar nicht erst passieren. Auch in normalen Fahrsituationen kommen immer wieder Ereignisse oder Konstellationen zustande, die potentiell unfallgefährlich sind. Sei es durch Fehleinschätzungen, Unübersichtlichkeit oder widrige Verhältnisse. In einem Fahrzeug der BMW Group können Sie diesen Situationen gelassen entgegen blicken. Ein BMW oder MINI verhält sich auch in Ausnahme-situationen so, wie es der Fahrer aus dem Alltag kennt.



Sicheres und souveränes Fahrverhalten sind die Entwicklungsziele der Fahrwerksingenieure. Auf dieser Grundlage entstehen Fahreigenschaften, die Mühelosigkeit und vorbildliche aktive Sicherheit verbinden. Der Fahrer kann Fahrdynamik optimal beherrschen und Fahrstabilität sicher erleben. Regelsysteme unterstützen dabei gerade in besonders fahrdynamischen Situationen.

Im Grenzbereich greifen Fahrwerksregelsysteme aktiv ein und helfen, die Stabilität des Fahrzeugs zu erhalten oder schneller wieder herzustellen – auch bei widrigen Fahrbahnbeschaffenheiten. Die Dynamische Stabilitäts Control (DSC) verhindert ein Ausbrechen des Fahrzeugs etwa bei abrupten Ausweichmanövern durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder. Der BMW Allradantrieb xDrive unterbindet durch einen dosierten Bremseneingriff mit Drehmomentausgleich Untersteuern schon im Ansatz. Das Auto liegt noch sicherer in der Kurve. Dynamic Performance Control und Dynamic Drive sind weitere Systeme, welche die Lenkpräzision und Spurstabilität erhöhen.

Der Beitrag dieser Systeme zur Sicherheit steigt dann überproportional, wenn sie miteinander verknüpft werden. Ein Beispiel: Im neuen BMW 7er ist die Aktivlenkung mit den Sensoren der DSC verbunden. Beim Bremsen auf uneinheitlichem Untergrund wirkt diese intelligente Technologie dem Ausbrechen des Fahrzeugs mit einem gezielten Lenkeingriff entgegen.

### **Faktor Mensch – gezielte Unterstützung und erhöhte Souveränität.**

Abgeleitet aus der amtlichen Statistik sind annähernd 99 Prozent der Unfälle in menschlichem Fehlverhalten begründet. Um Unfälle schon im Ansatz zu verhindern, gilt es, den Fahrer bei seiner Fahraufgabe zu unterstützen. Hierfür kommen Fahrerassistenzsysteme zum Einsatz. Diese leisten bereits heute einen wichtigen Beitrag zur aktiven Sicherheit, d.h. zur Unfallvermeidung. Während die Möglichkeiten der passiven Sicherheit auf hohem Niveau angelangt sind, liegt hier noch großes Entwicklungspotenzial.

Fahrerassistenzsysteme entlasten von unangenehmen Aufgaben, steigern die Souveränität des Fahrers, indem sie informieren oder auch warnen, und helfen bei Entscheidungen.

Die aktive Geschwindigkeitsregelung mit Stop & Go Funktion, kurz ACC Stop & Go, hält beispielsweise nicht nur den gewünschten Abstand zum Vorderfahrzeug, sondern regelt im dichten Verkehr die Geschwindigkeit bis zum Stillstand. Zusätzlich bietet sie eine Auffahrwarnung, optische und akustische Signale fordern den Fahrer zu einem Bremseneingriff auf, wenn

z.B. das vorausfahrende Auto sehr stark verzögert. Gleichzeitig wird das Fahrzeug in Bremsbereitschaft versetzt. Die Folge: ein kürzerer Bremsweg und im besten Fall ein Unfall weniger.

ACC Stop & Go ist nur eines von zahlreichen Assistenzsystemen, die die BMW Group ihren Kunden anbietet. Weitere Beispiele:

- Die Spurwechselwarnung warnt optisch und haptisch vor Fahrzeugen im toten Winkel.
- Die Spurverlassenswarnung erkennt unbeabsichtigte Kursabweichungen und gibt am Lenkrad eine unmissverständliche Rückmeldung.

Andere Assistenzsysteme leisten ihren Beitrag zur so genannten Wahrnehmungssicherheit, das bedeutet mehr Information und Vorausschau für den Fahrer. Dazu zählen unter anderem:

- Die weltweit erstmalig im BMW 7er eingeführte Speed-Limit-Anzeige, die jederzeit und aktuell über die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der aktuell befahrenen Strecke informiert.
- Das neue BMW Night Vision mit Personenerkennung bietet präventiven Fußgängerschutz, indem es auf bis zu 300 Meter Entfernung Menschen erkennt und den Fahrer vor gefährlichen Situationen warnt. Schließlich ereignen sich weit über 50 % der tödlichen Unfälle mit Fußgängern bei Nacht oder in der Dämmerung (Quelle: DESTATIS).
- Das Head-up-Display gibt fahrrelevante Informationen im direkten Sichtfeld des Fahrers. Es minimiert damit Blickabwendungen von der Straße und erhöht so die Sicherheit.
- Adaptives Kurvenlicht, die variable Lichtverteilung, Abbiegelicht, automatische Fahrlichtsteuerung und Fernlichtassistent bilden ein einzigartiges Lichtpaket, das auch bei Nacht, Nebel und Unwetter für eine optimale Ausleuchtung der Fahrspur sorgt – ohne Andere zu blenden.
- Die Rückfahrkamera erleichtert ebenso wie die Park Distance Control Einparken und Rangieren.
- Im neuen BMW 7er wird das Sicherheitspaket noch um die Funktion Side View ergänzt. Diese ermöglicht ein Erkennen des Querverkehrs an unübersichtlichen Einmündungen.

Auch mit allen unterstützenden Systemen bleibt das leistungsfähigste Element im Fahrzeug der Mensch. Und da Übung bekanntlich den Meister macht, sorgt die BMW Group auch hierfür: mit BMW Fahrer-Trainings und dem MINI Driver Training.

### **Im Fall des Falles werden Millisekunden entscheidend.**

Gerade die wenigen Sekunden kurz vor einem unvermeidlichen Zusammenstoß können – wenn sie richtig genutzt werden – Leben retten. Beim BMW Group Konzept der integralen Sicherheit greifen die Bereiche der aktiven und der passiven Sicherheit ineinander und kommen kurz vor einem Aufprall voll zum Tragen. Assistenzsysteme, die den Fahrer informieren und warnen, veranlassen zum richtigen Handeln, z. B. fordert die Auffahrwarnung zum Bremsen auf. Gleichzeitig wird die dynamische Brems-Control aktiv. Fahrwerksregelsysteme stabilisieren das Fahrzeug und können gefährliche Überschläge verhindern.

Die Sensoren liefern wertvolle Informationen um die passiven Sicherheitssysteme vorzukonditionieren. So strafft beispielsweise der elektromotorische Aufroller den Gurt und sorgt schon zu diesem Zeitpunkt für optimalen Rückhalt. In der perfekten Abstimmung dieser Abläufe liegt die hohe Kunst der Sicherheitsexperten der BMW Group. Denn hierdurch werden die entscheidenden Millisekunden gewonnen. Ziel aller dieser Maßnahmen: die Unfallschwere – wenn der Unfall schon nicht zu verhindern war – soweit wie möglich zu verringern.

Die Folgen eines Unfalls zu reduzieren – das ist die Definition der passiven Sicherheit. Sichere Fahrgastzelle, Karosseriestrukturen mit definierten Crashzonen und optimierte Rückhaltesysteme sind die Grundpfeiler jedes Sicherheitskonzepts. Für die BMW Group ist ein optimales passives Sicherheitskonzept selbstverständlich. Dreipunktgurte auf allen Sitzplätzen, sechs Airbags serienmäßig und eine solide Karosseriestruktur mit speziellen Deformationselementen gehören deshalb heute zu jedem Fahrzeugkonzept.

Um auch für die zukünftigen Anforderungen bestens gerüstet zu sein, hat die BMW Group in den letzten Jahren konsequent ihre Versuchseinrichtungen ausgebaut und erneuert. In den sogenannten Crashanlagen werden alle Fahrzeuge nicht nur nach den gesetzlichen Anforderungen getestet, sondern sie müssen auch dem deutlichen höheren BMW Group Anspruch genügen: tägliche Sicherheit im realen Verkehrsgeschehen auf den Straßen der Welt.

Selbst nach dem Unfall endet das Sicherheitskonzept noch nicht: die Aktivierung der Warnblinkanlage und der Innenbeleuchtung warnt andere Verkehrsteilnehmer und verbessert die Rettungsmöglichkeiten. Das Auslösen der Sicherheitsbatterieklammer senkt die Brandgefahr. Und je nach Fahrzeugausstattung wird parallel über den automatischen Notruf die Rettungsleitstelle alarmiert und mit wichtigen Informationen zur Unfallschwere versorgt.

Eine derartige Sicherheitsphilosophie umzusetzen, fordert hohes Engagement aller Beteiligten bei der BMW Group. Deshalb sind es jedes Mal ganz besondere Momente, wenn die Ingenieure Post erhalten wie diese aus der Ukraine mit dem Betreff „Dankeschön an das ganze BMW Team“. Der BMW Kunde schrieb nach einem Frontalzusammenstoß bei hoher Geschwindigkeit noch aus dem Krankenhaus: „Aufgrund Ihres Autos habe ich überlebt, und dafür muss ich noch mal meinen Dank aussprechen.“

## 2. Aktive und passive Sicherheit bei der BMW Group.

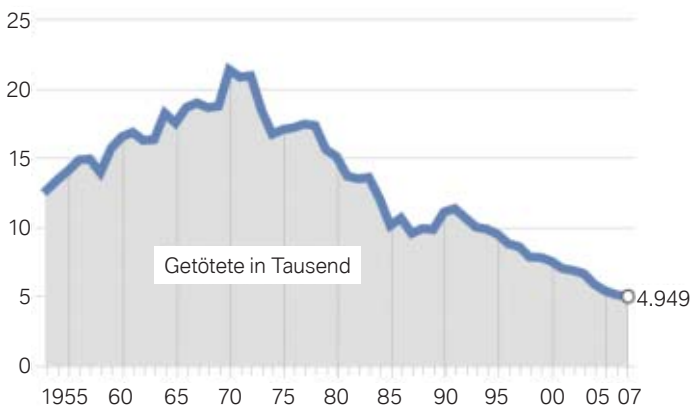
(Langfassung)

### 2.1 Einleitung – Sicherheit als umfassendes Konzept.

Mobilität ist ohne aktive und passive Sicherheit undenkbar. Der motorisierte Straßenverkehr – in allen Wirtschaftsnationen der Welt Transportmittel Nummer eins – hätte ohne Sicherheit seine Spitzenstellung niemals in dieser Form ausbauen können. 2007 war die Zahl der im deutschen Straßenverkehr Getöteten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes mit 4.949 so niedrig wie nie zuvor. Ein Trend, der schon lange anhält: In Deutschland – auf dem Gebiet der alten Bundesrepublik vor der Wiedervereinigung – sank die Zahl der Verkehrsoffer zwischen 1970 und 1990 von 19.193 auf 7.906. Bereits zehn Jahre später unterschritt die Opferzahl für Gesamtdeutschland mit 7.503 Getöteten diese Marke.

Die insgesamt von allen Autofahrern zurückgelegten Kilometer verhielten sich jedoch genau gegenläufig und stiegen nach 1970 von 234,2 Milliarden Kilometer auf 458,5 Milliarden Kilometer 20 Jahre später. Dieser Trend hat sich bis heute weiter fortgesetzt: Während die Zahl der Getöteten im Straßenverkehr jährlich abnimmt, stiegen die Fahrleistungen gleichzeitig auf rund 700 Milliarden Kilometer im vergangenen Jahr an. Kurz gesagt: Der Straßenverkehr war noch nie so sicher wie heute.

#### Entwicklung der Zahl der im Straßenverkehr Getöteten 1953 bis 2007



© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2008



Sicherheit im Straßenverkehr ist zuallererst Sicherheit des Menschen. Und damit fällt sie auch in die Verantwortung dessen, der dem Menschen seine motorisierte Mobilität ermöglicht – des Automobilherstellers. Die BMW Group hat sich zu dieser Verantwortung schon immer bekannt. Bis heute wurde jedes Sicherheitssystem in einem Serienauto von Ingenieuren der BMW Group entweder erforscht oder sogar entwickelt, oft sogar in der Rolle eines Pioniers.

Ein paar Beispiele: 1987 kam der BMW 750i als erstes deutsches Fahrzeug mit einer Antriebsschlupfregelung auf den Markt. Vier Jahre später feierte das Xenonlicht Weltpremiere im BMW Flaggschiff. Ab 1997 schützten im 7er Kopfairbags Fahrer und Beifahrer bei Seitenkollisionen – ebenfalls erstmals weltweit. Auch die Aktivlenkung, seit 2004 in die Serienproduktion eingeführt, wurde von der BMW Group als Pionier in die globale Automobiltechnik eingeführt.

### **BMW Group Sicherheit beginnt beim normalen Fahren und endet erst nach dem Unfall.**

Sicherheit ist keine Frage eines einzelnen Systems. Sicherheit kann immer nur als Ganzes entstehen. Deshalb geht das BMW Group Sicherheitskonzept weit über einzelne Details und über passive Sicherheit als solche hinaus. Ganz im Gegenteil: Priorität hat eindeutig die Unfallvermeidung. Die intelligente Vernetzung aller Maßnahmen im Fahrzeug wird als „Integrale Sicherheit“ bezeichnet. Sie liefert zukünftig den entscheidenden Beitrag für ein Optimum an Verkehrssicherheit.

Das Augenmerk der BMW Group gilt mittlerweile primär der aktiven Sicherheit – jenem Paket an Maßnahmen, das helfen soll, Unfälle zu vermeiden. Während die Möglichkeiten der passiven Sicherheit auf hohem Niveau angelangt sind, liegt hier noch großes Entwicklungspotenzial, das vor allem durch fahrerunterstützende Systeme, so genannte Fahrerassistenzsysteme, erschlossen wird. Je nach System sind sie in der Lage, den Fahrer während der Fahrt zu unterstützen, vor einem drohenden Verkehrskonflikt zu warnen, ihm bei der Entschärfung der Situation zu helfen oder, wenn der Unfall unvermeidbar geworden ist, die Folgen möglichst weitgehend zu reduzieren.

So passt die Aktive Geschwindigkeitsregelung ACC im Normalfall die Geschwindigkeit an ein vorausfahrendes Fahrzeug an. Bremst das vorausfahrende Fahrzeug allerdings sehr stark, alarmieren optische und akustische Signale den Fahrer. Die Auffahrwarnung senkt außerdem die Auslöseschwellen des Bremsassistenten und aktiviert die Bremsbereitschaftsfunktion des DSC. Bremst der Fahrer wird dadurch sofort die maximale Bremsleistung aufgebracht und so wertvoller Bremsweg gewonnen, ein Auffahrnfall verhindert oder in seinem Ausmaß gemindert.



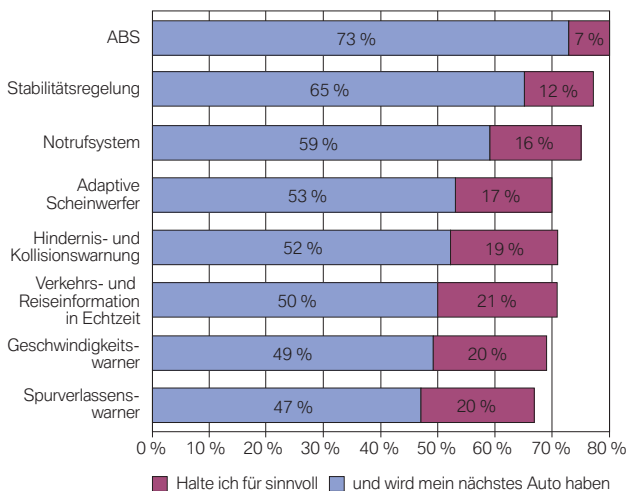
### **Aufgabenteilung der Assistenzsysteme:**

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

Bei der BMW Group werden Fahrerassistenzsysteme in drei Kategorien unterteilt: Stabilisieren, Manövrieren und Navigieren. Eingreifende Systeme wie die Dynamische Stabilitäts Control (DSC) oder der Wankausgleich Dynamic Drive sorgen für eine Stabilisierung des Fahrzeugs. Systeme wie die Aktive Geschwindigkeitsregelung oder die Spurverlassenswarnung unterstützen den Fahrer beim Manövrieren in bestimmten Verkehrssituationen. Die dritte Gruppe bilden informierende Systeme wie das Navigationssystem oder der Telematik-Dienst BMW ConnectedDrive mit nützlichen aber auch sicherheitsrelevanten Funktionen wie etwa erweiterten Verkehrsinformationen oder einem automatischen Notruf.

Mit diesen Systemen deckt BMW größtenteils den Bedarf ab, den die Europäische Kommission in einer eurobarometer-Studie über den „Gebrauch von intelligenten Systemen in Fahrzeugen“ unter den Bürgern der EU ermittelte. Danach schätzt eine deutliche Mehrheit der Europäer Assistenzsysteme als nützlich ein, die meisten möchten sie auch in ihrem nächsten Fahrzeug eingebaut haben.

#### **Diese Assistenzsysteme wollen Europas Autofahrer:**



Der große Vorteil der BMW Group Sicherheitssysteme ist die lückenlose Hilfestellung im gesamten Fahrspektrum: Aktivlenkung oder Abstandsregelung erleichtern das Fahren im Alltagsverkehr. Im Grenzbereich sorgen Systeme der passiven Sicherheit wie zum Beispiel der elektromotorische Gurt-Aufroller im neuen BMW 7er vor. Ist der Point of no Return erreicht, greifen die Systeme ein um die Unfallschwere zu vermindern: der Gurt wird gestrafft, die Scheibenbremsen werden durch Anlegen der Beläge getrocknet und für maximale Verzögerung vorkonditioniert. Die Systeme der passiven Sicherheit sorgen auch für ein sicheres Fahrzeug etwa durch das Auslösen der Sicherheitsbatterieklammer und die Abschaltung der Kraftstoffpumpe.

Und selbst nach dem Unfall endet das Sicherheitskonzept noch nicht: Der Warnblinker schaltet sich automatisch ein und warnt andere Verkehrsteilnehmer. Die Fahrzeugsteuerung schaltet die Innenbeleuchtung ein und öffnet die Zentralverriegelung um die Rettungsmöglichkeiten zu verbessern. Und je nach Fahrzeugausstattung wird parallel über den automatischen Notruf die Rettungsleitstelle alarmiert und mit wichtigen Informationen versorgt.

### **Basis für die Entwicklung des Sicherheitskonzepts der BMW Group: Die Analyse realer Unfälle.**

Die Bedeutung einer Verwendung der Analysen realer Unfälle für die Ausarbeitung des Produktdesigns hat die BMW Group bereits vor über drei Jahrzehnten erkannt. 1976 begann die BMW Unfallforschung Unfälle in der Umgebung des Standorts München zu analysieren. Bald weiteten die Forscher das Untersuchungsgebiet auf ganz Bayern aus. Die bayerische Polizei unterstützte das Vorhaben und meldet bis heute schwere Unfälle an die Unfallforschung, wenn Fahrzeuge der BMW Group involviert sind. Alljährlich werden so zahlreiche schwere Unfälle mit Verletzten ausgewertet, an denen Fahrzeuge der BMW Group beteiligt waren. Spezialisten der Unfallforschung machen sich vor Ort mit modernster Ausrüstung ein detailliertes Bild. So lassen sich sehr genau Rückschlüsse auf den Unfallhergang und dessen Folgen untersuchen. Rund 3.500 Parameter pro Unfall erfassen die Experten dafür, die vom Ausgangsort des Unfalls bis zur Fahrzeugendlage reichen.

Die Forscher bestimmen in der so genannten Pre-Crash-Phase zwei entscheidende Positionen im Unfallgeschehen:

Zum einen den so genannten Verkehrskonfliktpunkt, bei dem ein Unfallbeteiligter die unfallursächliche Fehlentscheidung trifft oder auf eine plötzlich entstehende Situation nicht richtig reagiert. Nach amtlicher Statistik ist in Deutschland für annähernd 99 Prozent aller Unfälle menschliches

Fehlverhalten Unfallursache – nur im geringen Rest ist ein technischer Mangel, meist die vernachlässigte Wartung wie beispielsweise abgefahrene Reifen oder zuwenig Luftdruck, der Grund.

Zum anderen errechnen die Experten den „Point of no Return“, die Position, an dem der Unfall nicht mehr vermieden, aber seine Schwere noch immer verringert werden kann.

Die Erkenntnis aus den Untersuchungen fließt in die Forschung und Entwicklung für die stetige Verbesserung der Sicherheit der BMW Group Fahrzeuge ein.

Eine wesentliche Grundlage ist dabei die Zusammenarbeit mit Münchner Kliniken wie derjenigen der Ludwig-Maximilian-Universität in Großhadern und dem Klinikum Schwabing. Dort werden durch Unfallexperten die Verletzungen der Insassen registriert und analysiert und anschließend verschlüsselt in der Unfalldatenbank der BMW Group erfasst. Diese Datenbasis trägt dazu bei, präzise Auskünfte über die Wirksamkeit der verschiedenen Sicherheitssysteme der Fahrzeuge zu erhalten. Die BMW Group hat damit eine unbestechliche und realistische Grundlage für die Optimierung und Neuentwicklung von Sicherheitssystemen. 2006 dehnte die BMW Group ihr Engagement in Sachen Unfallforschung in die USA aus und erweiterte die bereits bestehende Forschungspartnerschaft mit dem renommierten William Lehman Injury Research Center (WLIRC) der Universität Miami/Jackson Memorial Medical Center um die multidisziplinäre Unfallforschung der BMW Group. Im Rahmen dieser Kooperationen arbeiten BMW Group Ingenieure mit Traumaexperten aus dem medizinischen Bereich zusammen. Diese Teams erstellen biomechanische Unfallanalysen, mit denen die Ursachen von Verletzungen aus Verkehrsunfällen noch exakter festgestellt werden können. Ergebnisse dieser Untersuchungen sind bereits in aktuelle Seriensysteme wie beispielsweise den Erweiterten Notruf eingeflossen.

Jeffrey Augenstein, Direktor des WLIRC, sieht die Zusammenarbeit als sehr gewinnbringend: „In den vergangenen Jahren arbeitete das William Lehman Injury Research Center, das ich die Ehre habe zu leiten, eng mit den BMW Ingenieuren und Wissenschaftlern zusammen. Ziel war es, die spezifischen Kenndaten für die Funktion des Erweiterten Notrufs zu definieren, die heute in vielen BMW Modellen implementiert ist. Ein Hauptergebnis dieser Arbeit war ein Algorithmus, der hilft vorausszusagen, ob bei einem Unfall schwere Verletzungen entstanden sind. Nicht nur den präzisen Ort des Unfalls zu kennen, sondern auch die Wahrscheinlichkeit von lebensbedrohlichen Verletzungen, versetzt die Rettungsdienste in die Lage

den Ort des Geschehens sogleich mit der notwendigen lebensrettenden Ausstattung anzusteuern. Wenn Traumabehandlung flächendeckend auf dem Erweiterten Notruf aufbaut, kann das Tausende Leben retten.

BMW hat die Führungsposition in diesen Anstrengungen inne und verdient gewaltiges Ansehen dafür, die Vorkämpferrolle in dieser lebensrettenden Sicherheitsinitiative zu übernehmen. Es war mir einer große berufliche Freude und Ehre mit dem BMW Team zu arbeiten.“

## **2.2 Die aktive Sicherheit – aus Freude am Fahren.**

Der beste Unfall ist der, der erst gar nicht passiert. Und der beste Schutz vor einem Unfall, den der Autokonstrukteur dem Fahrer mit auf den Weg geben kann, ist die aktive Sicherheit seines Wagens.

Die BMW Group verfolgt das Entwicklungsprinzip aktive Sicherheit schon seit Jahrzehnten konsequent – „Freude am Fahren“ verpflichtet. Der agile Antrieb aller BMW Group Fahrzeuge ist nicht zuletzt ein Element der aktiven Sicherheit: Rasche Beschleunigung bedeutet kurze Überholwege oder schnelles Einfädeln insbesondere in den fließenden Verkehr von Schnellstraßen oder Autobahnen. Fahrwerk und Bremsen jeder Baureihe dienen in der jeweiligen Autogeneration als Messlatte und Vorbild. Motorsportliche Erfolge zeugen von der Qualität der aktiven Sicherheit im permanenten Extremfall eines Rennens, die Erfolge seriennaher BMW Tourenwagen sind legendär. Weitere Elemente die zum sicheren Fahren beitragen: ein präzises Fahrwerk, optimal aufeinander abgestimmte Fahrwerksregelsysteme und gezielt eingesetzte Fahrerassistenzsysteme.

### **Das Fahrwerk.**

Alle Modelle der BMW Group sind so konstruiert und abgestimmt, dass sie dem Fahrer das Gefühl und die Möglichkeit geben, auch in Notsituationen aktiv handeln zu können. Der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei darin, dass sich das Auto selbst in Ausnahmesituationen so verhält, wie es der Fahrer aus seinem Alltag kennt.

Die heute noch vielfach übliche, konventionelle Fahrwerkentwicklung beschränkt sich auf die Komponenten, die unterhalb der Karosserie liegen. Systeme, die so entstehen, haben wenige oder keine Schnittstellen ins Gesamtfahrzeug. Die BMW Group Chassisentwicklung ist heute hingegen zu einer Fahrerlebnissentwicklung gewachsen: Im Fokus der Ingenieure steht alles was zu einem sicheren und souveränen Fahrverhalten des Fahrzeugs führt.

Auf dieser Grundlage entstehen Fahreigenschaften geprägt von Mühelosigkeit und vorbildlicher aktiver Sicherheit. Der Fahrer kann Fahrdynamik durch ein Optimum an Beherrschbarkeit und Fahrstabilität sicher erleben. Regelsysteme unterstützen dabei, unfallträchtige Situationen zu entschärfen.

Aktive Systeme sind freilich nur Ergänzung eines durchgängig aufwändig und anspruchsvoll konstruierten und ausgeführten Fahrwerkskonzeptes. Ohne diese Basis können die Systeme ihre Wirkung nur ungenügend entfalten. Ein Beispiel: Bereits die Mehrlenker-Hinterachse des MINI stellt in diesem Segment ein echtes Highlight dar. Die Geometrie ist so ausgelegt, dass die Räder stets einen optimalen Fahrbahnkontakt behalten. Die Mehrlenkerachse ermöglicht darüber hinaus eine sehr gute Raumausnutzung und einen Kofferraum mit niedrigem Boden und großem Abstand zwischen den Stoßdämpfern. Alles in allem liefert das MINI Fahrwerk ein einzigartiges Go-Kart-Feeling bei hohem Sicherheitsstandard.

Für jedes einzelne Modell der BMW Group gilt: das Fahrwerk wird so ausgelegt und abgestimmt, dass es Sportlichkeit, Komfort und Sicherheit zu dem ausgewogenen Charakter vereint. Der Fahrer genießt dadurch ein äußerst präzises Fahrverhalten, ausgesprochen gutes Handling und hohen Abrollkomfort.

### **Der einzige Kontakt zur Straße: Reifen.**

Das letzte Glied in der Kette der Kraftübertragung und damit der aktiven Sicherheit sind die Reifen. Auch hier leistet die BMW Group seit Jahrzehnten Pionierarbeit bei der Einführung pannensicherer Pneus. Schon 1984 fanden im BMW 3er Reifen mit Notlaufeigenschaften ihren Einsatz.

Die heutigen sogenannten „Runflat“-Reifen verbinden problemlose Alltagseigenschaften mit hoher Ausfallsicherheit. Beide Innenwände des Reifens sind durch spezielle Einlegestreifen verstärkt. Sie verhindern das Einfallen des beschädigten Reifens bei Druckverlust (sog. selbsttragende Reifen). Und das sogar bei extremer Belastung – also etwa beim Serpentinenfahren. Auch in völlig luftleerem Zustand ermöglichen solche Reifen eine begrenzte Weiterfahrt mit bis zu 80 km/h. So genannte Extended Hump Felgen verhindern dabei durch umlaufende Höcker im Felgenbett, dass der luftleere Reifen von der Felge springt. Sogar bei plötzlichem Fülldruckverlust während einer dynamischen Kurvenfahrt.

BMW Group Fahrzeuge werden mit pannensicheren Reifen ausgeliefert und verfügen über das Kontrollsystem Reifen-Pannen-Anzeige (RPA). Sie erkennt den Fülldruckverlust über die erhöhten Drehzahlen im Vergleich zu den restlichen Rädern und informiert den Fahrer darüber. Denn entweicht aus einem Reifen Luft, ändern sich Umfang und Abrollradius, die Drehzahl des Reifens erhöht sich.

Die Reifen Druck Control RDC überwacht permanent Druck und Temperatur im Inneren aller vier Laufräder. Nachdem der Fülldruck aller vier Reifen korrekt eingestellt wurde, initialisiert der Fahrer die Reifen Druck Control. Das System übernimmt dann die Druckkontrolle – im Stand wie auch beim Fahren und unabhängig von Geschwindigkeit und Außentemperatur. Unterschreitet der Druck eines oder mehrerer Pneus einen bestimmten Toleranzwert, alarmiert das System den Fahrer. Reifenschäden durch längeres Fahren mit zu niedrigem Druck – Hauptursache von Reifenplatzern – werden so vermieden. Das bedeutet neben dem Mehr an aktiver Sicherheit auch ein Plus bei Wirtschaftlichkeit und Komfort.

### **Manövrieren: Die Lenkung.**

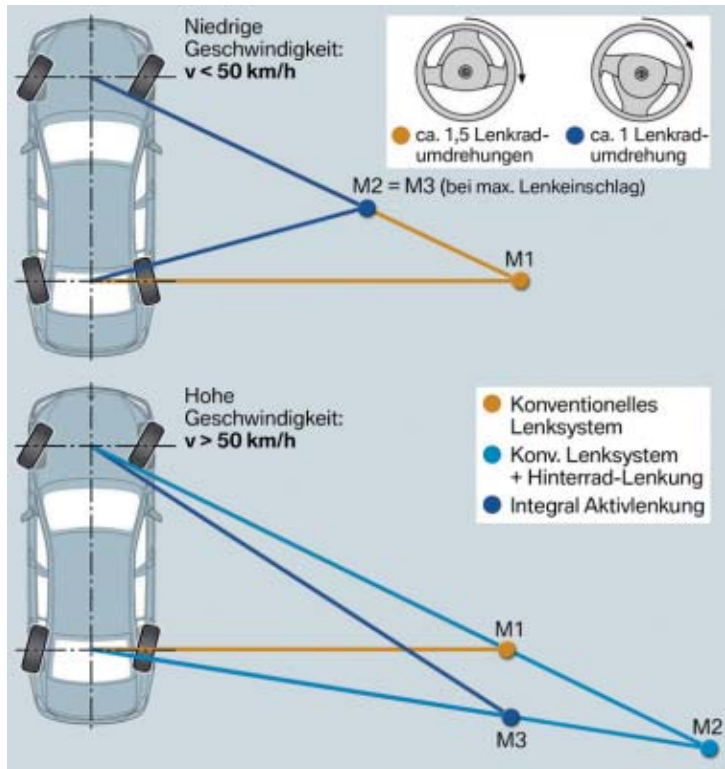
Ein elementarer Baustein für Sicherheit und perfektes Handling, also für spontane und exakte Reaktionen des Fahrzeugs auf die Fahrereingabe, ist ein präzises Lenkverhalten. Präzision verlangt eine spürbare Rückmeldung und ausreichende Rückstellkraft, so dass der Fahrer ein direktes Gefühl für Straßen- und Fahrzustand erhält. Dieser Grundsatz gilt sowohl für die Lenkung mit hydraulischer als auch mit elektromechanischer Servounterstützung. Beide sind so ausgelegt, dass sie dem Fahrer die wesentlichen Fahrbahnrückmeldungen übermitteln, während unerwünschte Störeinflüsse unterdrückt werden.

Die BMW Group setzt heute zunehmend elektromechanische Lenksysteme ein, die noch feinfühlig und exakter einstellbar sind. So bietet die von der BMW Group entwickelte Aktivlenkung eine für jede Fahrgeschwindigkeit und jeden Lenkwinkelbereich optimale Lenkübersetzung. Bis zu einem Tempo von etwa 90 km/h dominiert ein direktes Lenkverhalten. Bei höheren Geschwindigkeiten wird die Übersetzung der Aktivlenkung dagegen zunehmend indirekter, um einen souveränen Geradeauslauf und damit Fahrsicherheit und -komfort zu fördern. Darüber hinaus leistet die Aktivlenkung beim Übersteuern in Kurven sowie beim Bremsen einen aktiven Beitrag zur Stabilisierung des Fahrzeugs. So wird etwa bei Bremsmanövern auf uneinheitlichem Untergrund ( $\mu$ -Split-Bremung) mit einem gezielten und dezenten Gegenlenken das Ausbrechen des Fahrzeugs verhindert.

### **Lenken an beiden Achsen: Integral-Aktivlenkung.**

Im neuen BMW 7er erlebt dieser Baustein der aktiven Sicherheit eine weitere Steigerung in Form der Integral-Aktivlenkung. Sie beeinflusst nicht nur den Lenkwinkel an der Vorderachse, sondern erstmals auch den Lenkwinkel der Hinterräder. Vor allem bei höherem Tempo erzeugt die Integral-Aktivlenkung sichere Reaktionen des Fahrzeugs bei Spurwechseln und in Kurven. Auch bei abrupten Lenkmanövern folgt der BMW 7er dadurch präzise dem vom Fahrer vorgegebenen Kurs.

Der Lenkeinschlag der Hinterräder beträgt maximal 3 Grad. Bei niedrigen Geschwindigkeiten werden die Hinterräder entgegen dem Lenkwinkel der Vorderräder eingeschlagen, wodurch die Wendigkeit des BMW 7er spürbar zunimmt. Der Wendekreis des Fahrzeugs verringert sich je nach Geschwindigkeit um bis zu 70 Zentimeter. Zur deutlich erhöhten Wendigkeit gesellt sich ein Komfortgewinn durch den reduzierten Lenkaufwand (Bild oberer Teil).



Bei höherem Tempo erzeugt die Integral-Aktivlenkung herausragend komfortable und souveräne Reaktionen des Fahrzeugs bei Spurwechseln und in Kurven. Der Lenkeinschlag der Hinterräder erfolgt gleichsinnig zu den Bewegungen der Vorderräder. Der gleichzeitige Eingriff der Aktivlenkung optimiert zudem das Ansprechen der Lenkung und reduziert die erforderlichen Lenkradbewegungen. Ein weiterer Effekt der Hinterachslenkung wird vor allem im Fond registriert. Richtungswechsel bei dynamischer Fahrt sorgen für einen Aufbau von Querschleunigung, ohne dass auch die Gierrate im gleichen Maß zunimmt. Die Entkoppelung dieser beiden Faktoren empfindet der Passagier als besonders komfortabel (Bild unterer Teil).



Die Kombination aus der Aktivlenkung für die Vorderachse und der Hinterachslenkung kommt dem Komfort und der Agilität des Fahrzeugs gleichermaßen zugute.

### **Stabilisieren: Dynamic Stability Control.**

Das überzeugende Fahrerlebnis in einem BMW äußert sich in allen Fahrsituationen, auch unter widrigen Fahrbahnbeschaffenheiten. Intelligente Regelsysteme ermöglichen hier eine Erweiterung der Potenziale: In diesem Fall die Dynamic Stability Control (DSC), gemeinsam mit dem integrierten ABS die Keimzelle heutiger fahrdynamischer Assistenzsysteme. Unter Beibehaltung der BMW typischen Fahrdynamik liegt der Schwerpunkt der DSC-Abstimmung auf der Stabilisierung des Fahrzeuges im Grenzbereich. DSC verhindert ein Ausbrechen des Fahrzeugs etwa bei abrupten Ausweichmanövern durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder. Durch den automatischen Eingriff kann die Stabilität des Fahrzeugs erhalten oder schneller wieder hergestellt werden. Die Unfallforschung ergab außerdem, dass DSC die Anzahl gefährlicher Überschläge und Seitenkollisionen reduziert.

Die Ingenieure der BMW Group haben für Fahrzeuge mit xDrive Allradantrieb die Funktion der DSC noch erweitert – das Ergebnis: Eine noch harmonischere Kraftübertragung in Kurven. In einem BMW mit xDrive verhindert ein dosierter Bremseneingriff mit Drehmomentausgleich Untersteuern schon im Ansatz. Die Funktion setzt dann ein, wenn das DSC eine Tendenz zum Untersteuern erkennt. Um zu verhindern, dass das Fahrzeug verstärkt über die Vorderräder aus der Kurve drängt, wird das kurveninnere Hinterrad leicht abgebremst. Gleichzeitig veranlasst die Regelung, dass soviel Gas gegeben wird, wie das Bremsmoment an Vortrieb abbaut. Das Auto liegt noch sicherer in der Kurve, ohne dass der Fahrer eine Einschränkung an Dynamik spürt. Ein typischer Fall dafür ist beispielsweise die Bergfahrt durch verschneite Serpentin: Das Fahrzeug folgt dem Kurvenverlauf, der Fahrer muss weder den Lenkeinschlag korrigieren, noch wird die Zugkraft unterbrochen.

### **Präziser Fahren durch Momentenverteilung:**

#### **Dynamic Performance Control.**

Eine neue Dimension in der Antriebsmomentenverteilung eröffnet die Dynamic Performance Control. Sie verteilt die Antriebsmomente gezielt an beide Räder der Hinterachse. Damit wirkt das System praktisch wie ein umgekehrtes DSC: Das System bremst nicht einzelne Räder ab, um für Stabilität zu sorgen, sondern leitet ihnen gezielt Drehmoment zu. Gibt ein Fahrer in der Kurve kräftig Gas, wird die Kraft abhängig vom Lenkeinschlag optimal auf beide Antriebsräder verteilt. Das Durchdrehen des kurveninneren Rads, gleichbedeutend mit dem Verlust an Traktion,

gehört damit der Vergangenheit an. Zudem wird dem kurvenäußeren Rad ein höheres Drehmoment zugewiesen. Durch gezielte asymmetrische Drehmomentverteilung kann die Dynamic Performance Control Gierimpulse einleiten, die bewirken, dass der BMW direkter und stabiler der Vorgabe des Fahrers folgt. Dies gilt beim Gas geben und Gas wegnehmen gleichermaßen.

Das Fahrzeug ist durch die erhöhte Lenkpräzision, das gute Einlenkverhalten und die hohe Spurstabilität sicherer und lässt sich in kritischen Situationen besser beherrschen. Zudem werden weniger Regeleingriffe des Stabilitätssystems DSC notwendig.

### **Weniger Karosserieneigung, mehr Spurstabilität: Dynamic Drive.**

Lenkpräzision und Spurstabilität als Grundeigenschaften aktiver Sicherheit hängen nicht nur von der Fahrwerkskonstruktion ab. Bei jedem Richtungswechsel spielt auch die Bewegung der Karosserie eine Rolle – umso mehr, je stärker und abrupter der Fahrer am Lenkrad dreht. Um diese Karosseriebewegung möglichst vollständig zu verhindern, aber gleichzeitig einen sehr hohen Fahrkomfort zu erhalten, entwickelte die BMW Group als Pionier die aktive Fahrwerkregelung Dynamic Drive. Während Fahrer und Passagiere von Unebenheiten auf gerader Strecke durch die Entkoppelung der beiden Fahrzeugseiten über regelbare Stabilisatoren nahezu unbelästigt bleiben, unterdrückt das System in Kurven die Wankneigung. So entsteht hohe Agilität und Stabilität bei allen Fahrzuständen. Der fühlbare Gewinn an Fahrsicherheit, die „Leichtfüßigkeit“ und Zielgenauigkeit bei Lenkmanövern setzte neue Maßstäbe in der Fahrwerkstechnik.

### **Aktive Sicherheit mit Komfort: Dynamic Drive – die Technik.**

Mit Dynamic Drive lässt sich der Zielkonflikt zwischen Handling, Wank- und Abrollkomfort weitgehend aufheben. Durch die adaptive Steuerung ist eine deutlich höhere aktive Sicherheit bei dynamischen Fahrmanövern wie Spurwechsel, Kurvenfahrt oder Ausweichen gewährleistet.

Das Dynamic Drive besteht aus zwei aktiven Stabilisatoren, einem Ventilblock mit integrierten Sensoren, einer Tandempumpe, einem Querschleunigungssensor, einem Steuergerät sowie aus weiteren Versorgungskomponenten. Kernelemente sind die beiden aktiven Stabilisatoren, die anstelle der konventionellen mechanischen Stabilisatoren an Vorder- und Hinterachse integriert sind. Ein aktiver Stabilisator (Aktuator) besteht aus einem hydraulisch betriebenen Schwenkmotor, bei dem Schwenkmotorwelle und das Schwenkmotorgehäuse mit jeweils einer Stabilisatorhälfte verbunden sind.

Die aktiven Stabilisatoren wandeln hydraulischen Druck in ein Torsions- bzw. über die Anbindung in ein Stabilisierungsmoment um. Der von der Pumpe erzeugte Druck wird über zwei elektronisch geregelte Druckregelventile so gesteuert, dass

- die Wankbewegung des Fahrzeugaufbaus bei Kurvenfahrt minimiert bzw. gänzlich beseitigt,
- eine hohe Agilität und Zielgenauigkeit über dem gesamten Geschwindigkeitsbereich erreicht und
- ein optimales Eigenlenk- sowie ein gutmütiges Lastwechselverhalten erzeugt wird.

Andererseits sind die Aktuatoren bei Geradeausfahrt beziehungsweise sehr geringen Querbeschleunigungen drucklos, so dass

- die Drehfederrate des Stabilisators die Grundfederung nicht verhärten kann und
- die Kopierbewegung des Fahrzeugaufbaus reduziert wird.

Das Hauptregelsignal des Systems ist die Querbeschleunigung, die vom entsprechenden Sensor gemessen wird. Daneben werden dem Fahrwerksmanagement weitere Signale zur Quer- und Längsdynamik entnommen und ausgewertet, um eine bessere und robustere Information zur Querdynamik sicherzustellen. Aus diesem berechneten Querdynamiksignal werden die einzustellenden Ventilströme für den Ventilblock ermittelt.

Das System ist so ausgelegt, dass Dynamic Drive im kundenrelevanten Fahrbereich den Wankwinkel deutlich reduziert: Im Querbeschleunigungsbereich von 0 bis 0,3 g treten keine relativen Wankwinkel auf, sie werden zu 100 Prozent reduziert. Bis 0,6 g erzeugt Dynamic Drive ein quasi-stationäres Wankverhalten, wie man es von passiven Fahrwerken bis maximal 0,1 g gewohnt ist. So beträgt die Reduzierung bei 0,6 g Querbeschleunigung mehr als 80 Prozent. Zudem reduziert Dynamic Drive den Lenkwinkelbedarf gegenüber einem Fahrzeug mit konventionellem Fahrwerk.

Die Abstimmung von Dynamic Drive im Bereich hoher Querbeschleunigung über 0,6 g soll den Fahrer über den bevorstehenden Grenzbereich informieren. Deshalb steigt hier der Wankwinkelgradient kontinuierlich und

eindeutig spürbar an. Diese Grenzbereichsanzeige – die den Fahrer nicht verunsichert – weist darauf hin, dass die physikalischen Grundgesetze auch mit Dynamic Drive nicht außer Kraft gesetzt sind.

Insgesamt hat ein BMW mit Dynamic Drive im unteren Querbeschleunigungsbereich ein eher neutrales Fahrverhalten, wodurch der Lenkwinkelbedarf gegenüber einem Fahrzeug mit konventionellem Fahrwerk merklich reduziert ist. Mit wachsendem Querbeschleunigungsniveau wird bewusst zu einem eindeutig untersteuernden Fahrzeugverhalten übergegangen.

### **Oberste Instanz der aktiven Regelsysteme: Integrated Chassis Management.**

Ihre perfekt aufeinander abgestimmte Funktionalität verdanken die Fahrwerkssysteme der Vernetzung im Integrated Chassis Management (ICM). Das ICM verknüpft als zentrale Instanz alle im Fahrzeug verfügbaren Einzelinformationen und verteilt diese an die unterlagerten Einzelsysteme. Durch die umfassende Analyse des Fahrzustands auf Basis einer Vielzahl von Informationen kann das ICM entscheiden, welche Stelleingriffe in der jeweiligen Fahrsituation am besten geeignet sind, um Fahrerwunsch und Fahrzeugreaktion in Übereinstimmung zu bringen. Die entsprechenden Befehle werden dann an die unterlagerten Systeme übermittelt und von diesen umgesetzt.

Durch die Vernetzung über ICM entstanden darüber hinaus neue Funktionen, die erst durch die Integration mehrerer Regelsysteme möglich wurden. So steht die Dynamic Performance Control in starker Wechselwirkung zu Dynamic Stability Control, Aktivlenkung oder DynamicDrive. Mit der ICM-Struktur können die Vorteile der Dynamic Performance Control in vollem Umfang ausgeschöpft werden. Zwei weitere Beispiele: Ein kombinierter Lenk- und Bremsengriff kann für noch kürzere Bremswege und noch stabilere Fahrsicherheit bei der Verzögerung auf einseitig glatter Fahrbahn sorgen. Oder: Eine Verlagerung der Wankmomentverteilung auf die Vorderachse in Kurven verbessert die Traktion.

Möglich wird die ebenso schnelle wie bedarfsgerechte Reaktion des ICM durch das von der BMW Group als weltweit erstem Automobilhersteller in Serienfahrzeugen eingeführten Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungssystem FlexRay. Seine Übertragungsrate ist um das 20-fache höher als bei anderen Übermittlungssystemen. Beim neuen BMW 7er kommunizieren bis zu 16 Steuergeräte über FlexRay miteinander. Dadurch wird der unerreich schnelle, präzise und perfekt koordinierte Einsatz der Steuergeräte für

die Antriebs-, Fahrwerks-, Dämpfungs-, Lenkungs- und Bremssysteme erst ermöglicht. Bei keinem anderen Fahrzeug können Längs-, Quer- und Vertikalbewegungen so exakt beeinflusst werden wie beim neuen BMW 7er.

Die Interaktion der einzelnen Systeme in der ICM-Struktur wird anhand des Verlaufs einer Kurvenfahrt im BMW X6 deutlich:

- Beim Einlenken in eine Kurve sind der stimmige Aufbau des Lenkeinschlags und die zugehörige Lenkmomentrückmeldung sowie bei Bedarf ein in die Kurve eindrehendes Lenkmoment der Dynamic Performance Control entscheidend für das harmonische Fahrverhalten.
- Im weiteren Kurvenverlauf bestimmen die Wankmomentverteilung des Dynamic Drive sowie die Momentenunterstützung der Dynamic Performance Control wesentlich das Eigenlenkverhalten; durch die Kombination dieser Systeme wird ein bisher unerreicht neutrales Fahrverhalten bis in den Grenzbereich ermöglicht.
- Leichte Übersteuertendenzen – hervorgerufen beispielsweise durch einen unterschiedlich griffigen Fahrbahnbelag – werden über eine Rücknahme der eindrehenden Wirkung von Dynamic Performance Control und Dynamic Drive kompensiert. Die Korrektur des Lenkeinschlags durch die Aktivlenkung verstärkt diese Wirkung deutlich, und erst bei sehr hohem Stabilisierungsbedarf wird ein Bremsengriff der DSC angefordert werden. Das Ergebnis: Mühelos agiles und gleichzeitig stabiles Fahrverhalten.

### **Weniger Stress, mehr Sicherheit: Aktive Geschwindigkeitsregelung mit Stop & Go Funktion und Auffahrwarnung.**

Mit der Aktiven Geschwindigkeitsregelung ACC, die radarbasiert im Kolonnenverkehr den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einregelt, gelang der BMW Group ein großer Schritt bei der Fahrerentlastung. Mit der Erweiterung um die Stop & Go-Funktion hielt die nächste Generation der intelligenten Abstandsregelung Einzug in die Serienfahrzeuge. Das System umfasst eine automatische Abstandsregelung, die komfortables Dahingleiten im fließenden Autobahn- oder Landstraßenverkehr ermöglicht und bei stockendem Verkehr bis hin zum Stillstand für einen jederzeit situationsgerechten Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug sorgt. Der Einsatz des Systems bei zählfließendem Verkehr und geringem Tempo verhilft dem Fahrer auch in dieser zumeist als lästig empfundenen Situation zu einem deutlichen Komfort- und Sicherheitsgewinn. Dennoch bleibt er in der Verantwortung, denn er muss zum Beispiel nach einem mehr als drei Sekunden währenden Zwischenstopp zum Wiederauffahren durch kurzes Gasgeben den Befehl zum Beschleunigen des Fahrzeugs geben.

Auch bei aktiviertem System kann der Fahrer das Tempo jederzeit durch Gasgeben oder Bremsen selbst beeinflussen. Die Aktive Geschwindigkeitsregelung mit Stop & Go-Funktion nutzt Radarsensoren der neuesten Generation. Der Fahrer kann zwischen vier Abstandsstufen wählen. Wird der von ihm bestimmte Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug unterschritten, passt das System die Geschwindigkeit durch Eingriffe in die Antriebssteuerung und den Aufbau von Bremsdruck an die Verkehrsverhältnisse an. Auch eine verkehrsbedingte Verringerung der Geschwindigkeit bis zum Stillstand wird vom System selbsttätig ausgeführt. In diesem Fall wird das Fahrzeug zum Stillstand gebracht und gehalten. Die maximale Verzögerung, die von der Aktiven Geschwindigkeitsregelung mit Stop & Go-Funktion eingesteuert wird, beträgt bis zu  $4 \text{ m/s}^2$ . Sie wird bei höheren Geschwindigkeiten auf den komfortablen Wert von  $2,5 \text{ m/s}^2$  begrenzt. Verzögert das vorausfahrende Fahrzeug extrem stark, wird der Fahrer durch optische und akustische Signale aufgefordert einzugreifen.

Unabhängig vom Betrieb der aktiven Geschwindigkeitsregelung mit Stop & Go Funktion steht eine Auffahrwarnung zur Verfügung. Diese senkt die Auslöseschwellen des Bremsassistenten ab und aktiviert die Bremsbereitschaftsfunktion des DSC Systems.

### **Mit Rück-Sicht auf die Nachbarn: Spurwechselwarnung.**

Die jüngste Generation der BMW Assistenzsysteme beschränkt sich nicht mehr nur allein auf die Regelung physikalischer Vorgänge beim Autofahren, sondern unterstützt in puncto Manövrieren auch direkt den Fahrer. So hilft die erstmals im neuen BMW 7er verfügbare Spurwechselwarnung dem Fahrer beim sicheren Spurwechsel. Sie warnt den Fahrer vor Gefahren durch sich von hinten nähernde Fahrzeuge auf der Zielspur.

Radarsensoren am Heck des Fahrzeugs überwachen die Verkehrssituation auf den benachbarten Fahrspuren. Dabei wird ein Bereich erfasst, der vom so genannten toten Winkel auf der Nebenspur bis in eine Distanz von 60 Metern nach hinten reicht. Ein dauerhaft leuchtendes Dreiecks-Symbol am Fuß des Außenspiegelgehäuses zeigt an, dass sich ein Fahrzeug im kritischen Bereich befindet. Sobald das Betätigen des Blinkers auf einen bevorstehenden Ein- oder Ausschervorgang hindeutet, erhält der Fahrer durch ein LED-Signal einen Warnhinweis. Zusätzlich erfolgt eine Warnung in Form einer dezenten, aber unmissverständlichen Vibration am Lenkrad.

Die Spurverlassenswarnung erkennt unbeabsichtigte Kursabweichungen. Sie besteht aus einer im Bereich des Innenspiegels an der Frontscheibe installierten Kamera, einem Steuergerät für den Datenabgleich und einem Signalgeber, der die Lenkradvibration auslöst.

Natürlich steht auch im BMW 7er jetzt die Spurverlassenswarnung zur Verfügung. Sie erkennt unbeabsichtigte Kursabweichungen und besteht aus einer im Bereich des Innenspiegels an der Frontscheibe installierten Kamera, einem Steuergerät für den Datenabgleich und einem Signalgeber, der die Lenkradvibration auslöst.

### **Immer die richtige Geschwindigkeit: Speed-Limit-Anzeige.**

In Kombination mit einem Navigationssystem und der Spurverlassenswarnung kann im BMW 7er eine weitere exklusive Funktion genutzt werden. Weltweit erstmalig ermöglicht die Speed-Limit-Anzeige dem Fahrer, sich jederzeit und aktuell über die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der momentan befahrenen Strecke zu informieren. Diese Funktion entlastet den Fahrer vor allem auf Langstreckenfahrten. Der Fahrer ist jederzeit über die geltende Geschwindigkeitsbegrenzung informiert, ohne dass er dazu nach entsprechenden Verkehrszeichen Ausschau halten muss. Stattdessen registriert eine im Bereich des Innenspiegels installierte Kamera die feststehende Beschilderung am Straßenrand sowie auch die variablen Anzeigen von Schilderbrücken auf Autobahnen. Die über diese Verkehrszeichenerkennung gewonnenen Daten werden mit den im Navigationssystem gespeicherten Angaben abgeglichen. So wird beispielsweise bei einer situationsbedingt geänderten Geschwindigkeitsregelung – etwa aufgrund einer Baustelle – den von der Kamera erfassten Daten Vorrang eingeräumt.

Zusätzlich werden auch einschränkende Vorgaben der Beschilderung berücksichtigt. Die gültige Geschwindigkeitsbegrenzung wird im Instrumentenkombi oder optional im Head-Up-Display angezeigt. Das Risiko, unabsichtlich ein bestehendes Tempolimit zu überschreiten, wird dadurch gesenkt.

### **Augen auf die Straße: intuitive Bedienung und minimale Ablenkung.**

Konzentration, einwandfreie Sicht und ein möglichst rasches gegenseitiges Erfassen der Verkehrssituation sind Grundvoraussetzungen für sicheres Fahren. Konzentration bedeutet neben einer optimalen Ergonomie eine möglichst geringe Ablenkung von den Fahraufgaben. Traditionell spielt die BMW Group eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung neuer Konzepte für ein intuitiv bedienbares, möglichst ablenkungsfreies und funktionelles Anzeige- und Bedienkonzept. Das neue Cockpit der BMW 7er Limousine ist dafür das hochaktuelle Beispiel: Seine horizontale Unterteilung trägt wesentlich zur einfachen und sicheren Fahrzeugbeherrschung bei.

Die Trennung von Bedienungselementen und Anzeige hat für den Fahrer nach kürzester Eingewöhnung nur Vorteile: Einerseits hat er die Informationen so optimal im Blickfeld, dass er seine Aufmerksamkeit nur extrem kurz vom

Verkehrsgeschehen abwenden muss, um die Anzeige wahrzunehmen. Mit Hilfe des optionalen Head-Up-Displays, das ausgewählte Informationen in die Frontscheibe und damit direkt ins Sichtfeld des Fahrers projiziert, lässt sich dieser Blickabwendungsweg noch weiter reduzieren.

Andererseits sind die Taster und Schalter, Hebel und Steller so ergonomisch platziert, dass der Fahrer sie leicht erreichen und intuitiv bedienen kann. Das bedeutet unter anderem, dass er für diese Tätigkeiten nur minimale Bewegungen ausführen muss. Das verkürzt die Bedienzeit und schont gleichzeitig die Fahrerkondition. Verstärkt wird dieser Effekt durch die einprägsame vertikale Anordnung der Anzeigen und Bedieneinheiten. Fahrrelevante Informationen und Bedienelemente befinden sich auf der dem Fahrer zugewandten Seite des Cockpits. Alle Anzeigen, Regler und Taster, die den Komfortfunktionen zugeordnet sind, wurden zur Fahrzeugmitte hin platziert.

Dieser Logik folgt auch die Anordnung der Bedieneinheiten auf dem Multifunktionslenkrad. Für den Fahrer ergibt sich daraus ein Höchstmaß an Bediensicherheit. Er muss, um Informationen zu erfassen oder eine Funktion zu aktivieren, den Blick – wenn überhaupt – nur kurzzeitig vom Fahrgeschehen abwenden. Unregelmäßig benutzte Tasten müssen nicht erst lange gesucht werden, da sie an einer nachvollziehbaren Stelle positioniert sind. So haben beispielsweise die Bedienelemente der Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer in seiner Wahrnehmung des Verkehrsgeschehens und in seiner Aufmerksamkeit unterstützen, ihren Platz auf einem gemeinsamen Tastenfeld in unmittelbarer Nähe der Lichtschalter.

Dank der klaren Strukturierung des Cockpits stellt sich auch bei der Nutzung von Zusatzfunktionen, die nicht in jeder Fahrsituation benötigt werden, innerhalb kürzester Zeit Routine ein. Die umfassenden technischen Möglichkeiten werden daher als Bereicherung und Erleichterung des Fahrerlebnisses empfunden für ein Plus an aktiver Sicherheit.

### **Besser sehen bei Nacht: Intelligente Scheinwerfer.**

Rund um die Bi-Xenon-Scheinwerfer hat BMW ein Assistenzkonzept entwickelt, das bei schlechten Sichtverhältnissen die Wahrnehmungssicherheit signifikant steigert. Die erstmals beim aktuellen BMW 6er eingeführte variable Lichtverteilung optimiert die Sicht auch auf gerader Strecke. Eine innovative Steuerung bewirkt in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit automatisch eine Vergrößerung des Sichtfeldes durch eine gezielte Erweiterung des Lichtkegels. So wird etwa im Stadtlichtmodus bei Geschwindigkeiten unterhalb von 50 km/h mit einer breiteren Lichtverteilung das Erkennen von Objekten im linken Fahrbahnbereich



erleichtert. Im Autobahnlicht-Modus wird das Sichtfeld durch eine höhere Reichweite des Lichtkegels und eine intensivere Ausleuchtung im linken Bereich erweitert. Die Aktivierung der Nebelscheinwerfer bewirkt im Geschwindigkeitsbereich bis 70 km/h eine breitere Lichtverteilung und eine Aufhellung des Nahbereichs. Bei höherem Tempo wird zusätzlich zur breiteren Lichtverteilung auch die Reichweite gesteigert.

Darüber hinaus garantiert das im Paket mit der variablen Lichtverteilung verfügbare adaptive Kurvenlicht eine dem Streckenverlauf entsprechende Ausleuchtung der Fahrbahn. Die Schwenkrichtung der Scheinwerfer orientiert sich dabei jeweils am Lenkeinschlag, an der Gierrate und an der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Durch die erstmals im neuen BMW 7er präsentierte adaptive Leuchtweiten-regulierung wird auch die vertikale Fahrbahnkontur berücksichtigt. Beim Fahren über Kuppen, durch Tunnel oder auf steilen Rampen wird der Lichtkegel bedarfsgerecht abgesenkt beziehungsweise angehoben, um die Fahrbahn optimal auszuleuchten, ohne dass der Gegenverkehr geblendet wird.

In Kombination mit dem Kurvenlicht wird auch das Abbiegelicht angeboten. Diese Funktion wird bei Geschwindigkeiten von weniger als 40 km/h aktiv, sobald der Blinker betätigt oder ein besonders starker Lenkeinschlag registriert wird. Bei dynamischer Kurvenfahrt wird das Abbiegelicht in engen Kurvenradien bis 70 km/h als Ergänzung zur Ausleuchtung des adaptiven Kurvenlichtes zugeschaltet. Das Abbiegelicht ermöglicht eine optimale Ausleuchtung der Fahrbahn beim Rangieren sowie beim Befahren enger Serpentinstraßen.

Die automatische Fahrlichtsteuerung macht das Fahren bei wechselnden äußeren Bedingungen noch sicherer. Bei dieser Funktion überprüft die Bordelektronik über zwei Sensoren in der Frontscheibe die Lichtverhältnisse und schaltet das Abblendlicht selbsttätig ein, sobald dies – zum Beispiel bei Tunnelfahrten oder hereinbrechender Dämmerung – erforderlich wird. Eine ideale Ergänzung zur Fahrlichtsteuerung bildet der Regensensor, der mittels optischer Messung automatisch das Einsetzen und die Stärke von Niederschlägen erkennt. Bei Bedarf aktiviert er automatisch die Scheibenwischer und passt deren Wischfrequenz der Intensität der Niederschläge an. Optimale Sicht in allen Fahr- und Wetterlagen bildet die Basis für sicheres Fahren.

Ergänzt werden diese Systeme um den Fernlichtassistenten. Das System schaltet das Fernlicht automatisch aus, sobald Gegenverkehr oder vorausfahrender Verkehr in Sicht ist oder die Strecke – wie etwa innerhalb

geschlossener Ortschaften – ausreichend beleuchtet ist. Auch das Umschalten von Abblend- auf Fernlicht erfolgt automatisch. Gesteuert wird das System über eine in den Innenspiegel integrierte Kamera, die Helligkeit und Verkehr überwacht.

### **Präventiver Fußgängerschutz:**

#### **BMW Night Vision mit Personenerkennung.**

Mehr Sicherheit bei Nachtfahrten gewährleistet das optional verfügbare System BMW Night Vision. Kernstück dieses Systems ist eine Wärmebildkamera, die ein Videobild liefert, in dem der Fahrer Menschen, Tiere andere Objekte aufgrund von Temperaturdifferenzen auch außerhalb des Lichtkegels der Scheinwerfer erkennen kann. Objekte, die Wärme abstrahlen, werden bereits in einer Entfernung von 300 Metern auf und am Rande der Straße erfasst. Das Bild wird kontrastreich und hochauflösend im zentralen Control Display angezeigt. So wird der Fahrer auf eventuelle Gefahrensituationen aufmerksam, die er mit bloßem Auge noch nicht erkennen kann.

Als weltweit erster Hersteller präsentiert die BMW Group im neuen BMW 7er dieses Nachtsichtsystem mit Personenerkennung und -warnung. Die Videodaten werden dafür von einem Steuergerät analysiert, das mit Hilfe von intelligenten Algorithmen gezielt nach Fußgängern sucht und diese mittels gelber Einfärbungen im Videobild hervorhebt. Stellt das System eine Gefährdung der Person fest, wird der Fahrer zusätzlich aktiv gewarnt.

Um die Warnungen auf die wirklich gefährdeten Fußgänger zu beschränken, führt das Steuergerät eine komplexe Situationsanalyse durch. Gewarnt wird nur vor Fußgängern, die sich in einem von Geschwindigkeit, Lenkwinkel und Gierrate abhängigen Warnkorridor befinden. Erkennt wird auch ob sich beispielsweise eine Person, die sich am Fahrbahnrand befindet, auf die Straße zu bewegt oder sich auf der Fahrbahn befindet. In diesen Situationen wird der Fahrer frühzeitig und gezielt mit einem Symbol im Control Display gewarnt. Ist das Fahrzeug mit einem Head-Up-Display ausgestattet, wird der Hinweis auch dort angezeigt.

#### **Bessere Übersicht im Stadtverkehr.**

Aktive Sicherheit ist – wie auch beim gerade genannten Beispiel Fußgängererkennung – nicht zwangsläufig eine Frage höherer Geschwindigkeiten: Die meisten Unfälle ereignen sich innerorts, insbesondere bei unübersichtlichen Verkehrslagen. Die BMW Group hat deshalb eine Reihe von Assistenzsystemen entwickelt und eingeführt, die auch das Manövrieren im Stadtverkehr einfacher und sicherer machen.

So erleichtert die Rückfahrkamera das Einparken und Rangieren auf engen oder schwer einsehbaren Flächen. Die hochauflösenden Bilder des Weitwinkelobjektivs bildet das System farbig und perspektivisch optimiert auf dem Control Display ab. Interaktive Spurenlinien signalisieren zudem den für das Einparken optimalen Lenkradwinkel und den engsten Wendekreis. Das Videosystem erleichtert aber nicht nur das Einparken und Rangieren, sondern schafft zusätzliche Sicherheit etwa für Passanten oder spielende Kinder hinter dem Fahrzeug.

Als Ergänzung der Rückfahrkamera ist im BMW 7er erstmalig optional die Side View Funktion erhältlich. Side View arbeitet mit zwei in der Fahrzeugfront integrierten Kameras, die ein besseres Beobachten des Querverkehrs auch an unübersichtlichen Einmündungen ermöglichen. Das auf das Control Display übertragene Bild gibt vor allem beim Verlassen von engen Torausfahrten, in Parkhäusern oder in vielen anderen schwer einsehbaren Einmündungssituationen einen frühzeitigen Überblick über das Verkehrsgeschehen links und rechts vor dem Fahrzeug. Plötzlich kreuzende Fahrradfahrer auf Radwegen können so beispielsweise erkannt werden ohne mit dem kompletten Vorderwagen in die Straße einzufahren. Für eine schnelle Verfügbarkeit wird Side View über eine Direktwahltaste in der Mittelkonsole aktiviert.

### **Training für den Steuermann:**

#### **Mehr Sicherheit und Souveränität will geübt sein.**

Als eines der ersten Automobilunternehmen erkannte BMW, dass es zur Steigerung der aktiven Sicherheit nicht alleine genügt, dem Fahrer optimale Technologie anzubieten. Genauso wichtig ist es, die Fähigkeiten des Menschen am Steuer richtig zu schulen. Diesen Gedanken setzte BMW bereits vor mehr als 30 Jahren in die Tat um und machte Freude am Fahren mit Sicherheit erlebbar. Das BMW Fahrer-Training lehrt verkehrsgerechtes Verhalten, die richtige Einschätzung technischer und fahrerischer Grenzen sowie das Erkennen potentieller Gefahrensituationen und ihre Bewältigung, vor allem aber ihre vorzeitige Vermeidung. Da ein effektives Training speziell auf die Fahrzeugeigenschaften zugeschnitten sein soll, bietet die BMW Group auch Fahrsicherheitstrainings auf frontgetriebenen MINI an.

Das Programm fängt dort an, wo die Fahrschule aufhört. Deshalb eignet sich das attraktive Trainingsprogramm für Anfänger wie für Routiniers gleichermaßen. Fahrerische Fortbildung muss alle Geschwindigkeitsbereiche berücksichtigen. Bereits im Tempobereich des Stadtverkehrs werden durch Übungen wie Notbremsung oder doppelter Spurwechsel deutliche Verbesserungen erzielt. Die Unterschiede etwa im Bremsweg zwischen

30 und 50 km/h werden sofort sicht- und erlebbar. Gezieltes Übersteuern und Untersteuern gepaart mit der entsprechenden Gegenreaktion bereiten die Teilnehmer weiter auf kritische Fahrsituationen des Alltags vor. Das Programm ist in der Folge stufenweise aufgebaut und beinhaltet Trainings in Landstraßengeschwindigkeit ebenso wie das Fahren in Autobahntempo oder die richtige Reaktion auf Eis und Schnee.

## **2.3 Point of no Return – auch die letzten Sekunden können Leben retten.**

Auch die wenigen Sekunden kurz vor einem unvermeidlichen Zusammenstoß können noch Leben retten, sofern die richtigen Maßnahmen eingeleitet werden. Das BMW Group Konzept der integralen Sicherheit greift auch hier ein.

Erneut zählen in dieser Phase unterstützende Maßnahmen, die dem Fahrer ermöglichen, richtig zu handeln oder aber seine Handlungen unterstützen: Von der Auffahrwarnung vorkonditioniert werden die Bremsbeläge frühzeitig angelegt und auf maximalen Grip vorbereitet, die Dynamische Brems-Control (DBC) kann sofort die maximale Verzögerung aufbringen. Schnelle Reaktion bedeutet mehr Geschwindigkeitsabbau vor der Kollision und damit entscheidende Verringerung der Aufprallenergie.

Zudem greifen natürlich auch jetzt noch die Fahrwerksregelsysteme, die die Folgen beispielsweise bei Schleudervorgängen mindern und die Gefahr von Überschlag oder Seitenaufprall verringern. Nicht zuletzt laufen in diesen Sekunden entscheidende Sicherheitsmaßnahmen für die Insassen, die schon kurz vor dem Crash wirken, wie wenn die Rollover-Sensorik einen Überschlag detektiert und beispielsweise im BMW 1er Cabrio den Überrollbügel ausfährt.

## 2.4 Im Fall des Falles: Schutz durch passive Sicherheit.

Die passive Sicherheit kommt dann zum Tragen, wenn die Möglichkeiten der Unfallvermeidung erschöpft sind. Sie stellt das Sicherheitsinstrumentarium bereit, das die Folgen eines Unfalls für die Fahrzeuginsassen möglichst gering hält.

Nur zahlreiche aufeinander abgestimmte Maßnahmen führen zu einem optimalen Sicherheitskonzept, das den Ansprüchen der BMW Group genügt. Und dieser Anspruch der BMW Group geht über die Zielvorgaben weltweit immer strenger gefasster Vorschriften und Gesetze und die Anforderungen der Verbraucherschutztests hinaus – sie sind aus dem realen Unfallgeschehen entstanden. Letztere sind wesentlich vielfältiger und erfordern eine sehr differenzierte Auslegung des Fahrzeugs.

Um die Insassenbelastung zu minimieren und den Überlebensraum zu maximieren vereinen sich in einem BMW Group Fahrzeug hochbelastbare Trägerstrukturen, optimal genutzte Deformationslängen, eine extrem steife Fahrgastzelle und eine kompatible Auslegung der Frontend-Struktur zu einem effektiven Sicherheitskonzept. Dazu kommt ein hochwirksames Rückhaltesystem: Airbags, Sitze, Kopfstützen, Gurte, Gurtstrammer, Gurtkraftbegrenzer, sowie Lenkrad und Lenksäule. Zusätzlich ist das Interieur des Autos darauf ausgelegt, dass es eine maximale Vorverlagerung der Insassen erlaubt.

Passive Sicherheit ist jedoch mehr als die Summe dieser aufgeführten Details. Erst die perfekte Abstimmung aller der Einzelsysteme aufeinander bringt den entscheidenden Mehrwert, um innerhalb von Sekundenbruchteilen den besten Schutz für die Insassen zu bieten.

### **Praxis bestätigt Theorie: Crashversuche und Simulation.**

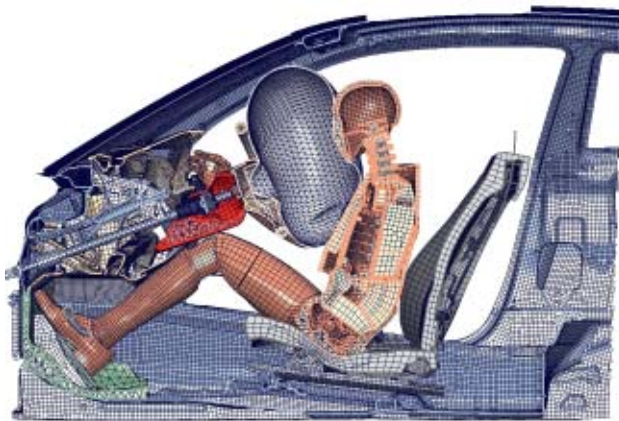
Um den hohen Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit zu genügen sind die Versuchsanlagen der BMW Group in den letzten Jahren aus- und umgebaut worden. Mit diesen Crashanlagen verfügt die BMW Group über eine einzigartige Kapazität und Qualität an Testanlagen für die passive Sicherheit.

Allerdings: Bevor der erste Prototyp eines neuen BMW an einen 90 Tonnen schweren Betonblock prallt, crashen Bits und Bytes zusammen: im Computer wird ein virtueller Gesamtfahrzeugcrash simuliert. Die Auslegung der hochfesten Fahrgastzelle und die Abstimmung mit nachgiebigen

Deformationszonen entsteht zu allererst in der Simulation. Ebenso werden die Eigenschaften des Airbag- und Gurtsystems virtuell abgestimmt und die Interieuranforderungen ermittelt.

Erst wenn in der Simulation der virtuelle Prototyp den Ansprüchen von Gesetzen und Verbrauchertests aus aller Welt und den Höchstbelastungen realer Unfälle gerecht wird, folgen Versuche mit realen Prototypen.

Die BMW Group Experten nutzen dabei das Simulationsprogramm Abaqus/Explicit. Für die Simulationen wird die Methode der Finiten Elemente eingesetzt, die eine realitätsnahe Abbildung der physikalischen Wirklichkeit ermöglicht. So werden verschiedene Materialien mit ihren Elastizitätseigenschaften, ihrer Festigkeit und vielen weiteren Kenngrößen einzeln berücksichtigt. Das numerische Näherungsverfahren berechnet zeitgenau die komplexen Abläufe während eines Crashes. Eine Vielzahl von Elementen stellt die konstruktive Gestaltung der Karosseriestruktur und des Innenraums dar.



Ein Gesamtfahrzeugmodell umfasst aktuell bis zu zwei Millionen Elemente, eine Berechnung auf acht CPUs eines Hochleistungsrechner-Clusters dauert deshalb 40 Stunden. Die für die Auswertung und Detailanalyse nötigen Ergebnisdaten umfassen mehr als 4 Gigabyte.

Vom Start der Konzeptentwicklung bis zum Produktionsbeginn eines Fahrzeugs werden Hunderte solcher Rechnungen zur Abstimmung der Systeme durchgeführt. Viele unterschiedliche Anforderungen, vielfältige festzulegende Eigenschaften sind der Grund dafür, zum Beispiel der Innendruck der Airbags,

die unterschiedlichen Zündzeitpunkte für Gurt und Airbag, adaptive Elemente im Rückhaltesystem, Interieurdesign und -steifigkeit. Nur eine optimale Auslegung und Abstimmung dieser Facetten führen zum Ziel.

In der virtuellen Auslegung kommt den Versuchsergebnissen eine besondere Bedeutung zu, denn selbst mit modernsten Simulationsverfahren und aufwändigsten Modellen ist die Aussagefähigkeit in der Simulation noch immer eingeschränkt und erfordert den Abgleich mit Versuchsdaten. Mit Hilfe von Versuchen kann eine Validierung der Berechnungsmodelle erfolgen, womit die Simulation abgesichert wird und noch realitätsnähere Aussagen erzeugen werden können.

Auch in den nächsten Jahren wird für eine optimale Auslegung der Passiven Sicherheit eines Fahrzeugs eine intensive Verzahnung von Versuch und Simulation ein wichtiger Erfolgsfaktor sein.

### **Prüfung für den Ernstfall: Crashversuche.**

Die Entwicklung eines den höchsten Ansprüchen genügenden passiven Sicherheitskonzepts zählt zur Kernkompetenz der BMW Group. Deshalb verfügt das Unternehmen über ein Netzwerk von drei eigenen Crashanlagen, in welchen nicht nur alle gesetzlich vorgeschriebenen Versuche durchgeführt werden, sondern darüber hinaus auch die Erfüllung der anspruchsvollen eigenen Sicherheitsvorgaben realitätsnah geprüft werden.

Dazu wurde in den letzten Jahren die Versuchstechnologie erweitert. In Aschheim bei München wurde mit einem Aufwand von fünf Millionen Euro die intern als C2 bezeichnete Crashanlage umgebaut. Sie ermöglicht neben den klassischen Heck- und Seitenaufpralltests Versuchsszenarien, die weder von Zulassungsbehörden gefordert, noch von Verbraucherorganisationen getestet werden. So zählt zu den Testeinrichtungen eine Böschung, über die Fahrzeuge mit genau definierten Geschwindigkeiten fahren und zum seitlichen Überschlag gebracht werden. Mit dem einseitigen Befahren einer Rampe simulieren die Ingenieure das Hochfahren seitlicher Böschungen oder das Auffahren auf Leitplanken. Die Experten untersuchen die Sensorik für die Erkennung von Überschlägen und können den Auslösealgorithmus weiter verfeinern. Davon profitieren sowohl die Insassen von offenen Sportwagen und Cabriolets mit automatisch ausfahrenden Überrollbügeln, als auch Passagiere von geschlossenen Fahrzeugen: Die Rückhaltesysteme können vorkonditioniert werden und die Zündung der Airbags vor allem für Kopf und Thorax werden so auf den Unfallverlauf abgestimmt, dass sie ihre optimale Schutzwirkung entfalten.



Konsequent orientiert am realen Unfallgeschehen untersuchen die BMW Group Experten mit dieser Testeinrichtung auch weitere Szenarien. So lassen sie Versuchsfahrzeuge seitlich in ein rund 40 Zentimeter tiefes Sandbett bis zum Stillstand gleiten und bringen es dort zum Kippen, um die Belastungen der Insassen zu messen und die Schutzeinrichtungen der Fahrzeuge auch auf diesen Fall anzupassen. Auch diese Unfallart ist weltweit in keinem normierten Testzyklus vorgesehen.

Damit nicht genug: Auch für die Weiterentwicklung der aktiven Sicherheit sind die dort genutzten Vorrichtungen überaus nützliche Werkzeuge. Mit ihrer Hilfe ermitteln die Ingenieure unter welchen Voraussetzungen Fahrzeuge zum Überschlag tendieren – und analysieren diese. Mit Hilfe eines auf den jeweiligen Fahrzeugtyp exakt zugeschnittenen Algorithmus des Stabilitätssystems DSC oder der Fahrwerkregelung Dynamic Drive lässt sich bereits in einer sehr frühen Phase eine Instabilität verhindern oder soweit verringern, dass das Fahrzeug das kritische Kippmoment gar nicht erreicht.

Tests wie der Sandbettüberschlag benötigen lange Vorbereitungszeiten. Deshalb werden in der C2-Anlage mit rund 100 Versuchen pro Jahr relativ wenige der aufwändigen Crashes durchgeführt. Den Hauptteil tragen die beiden Anlagen im BMW Group Entwicklungszentrum FIZ. Das als C1 bezeichnete kleinere Labor ist auf Versuche mit geringen Geschwindigkeiten spezialisiert. Rund 50 Mal im Jahr untersuchen die Experten hier beispielsweise Frontalkollisionen mit niedrigen Geschwindigkeiten und Stoßfängertests bis 27 km/h Aufprallgeschwindigkeit.

Der größte Anteil der Versuche findet in der Crashanlage 3, kurz C3, statt. Die Geschwindigkeiten des realen Unfallgeschehens werden mit den Testgeschwindigkeiten bei Frontalaufprall (bis 64 km/h), Heckaufprall (bis 80 km/h) und Seitenaufpralltests (bis 62 km/h) zu weit über 90 Prozent abgedeckt. Neue Zulassungsbestimmungen, neue Märkte und weitere BMW und MINI Modelle lassen erwarten, dass die Zahl der Crashversuche pro Jahr noch zunehmen wird. Die BMW Group ist dafür gerüstet und hat 2005 allein in den Neubau der C3 Anlage rund 25 Millionen Euro investiert.

Es müssen dabei nicht immer komplette Karosserien sein, mit denen Sicherheitssysteme überprüft werden – und sie müssen auch nicht zwangsläufig dabei Schäden davon tragen. Dazu nutzt die BMW Group eine innovative Katapultanlage, auf der ganze Fahrzeuge und auch Komponenten den Beschleunigungsbelastungen einer Kollision ausgesetzt werden können, ohne einen Kratzer davon zu tragen. Mit dem Katapult werden Verzögerungsverläufe simuliert, wie sie im realen Frontal-, Heck- oder Seitencrash auftreten

beziehungsweise vom Gesetzgeber oder Verbraucherschutz vorgegeben sind. Durchgeführt werden sowohl Versuche mit Einzelsystemen wie Sitzen, als auch mit teilausgestatteten Karosserien oder Karosserieabschnitten. Das ermöglicht es den Ingenieuren, innerhalb kürzester Zeit mit ein- und demselben Prüfaufbau ganze Testreihen mit verschiedenen Parametern zu fahren. Beispielsweise mit unterschiedlichen Auslösezeiten, Aufblasverhalten und -geschwindigkeiten von Airbagsystemen.

Ein spezieller Prüfstand für Fußgängerschutz vervollständigt das Netzwerk der BMW Group Crashlabore. Auf dieser Anlage wird der Anprall eines Fußgängers auf die Fahrzeugfront simuliert. Dazu werden Bein, Hüfte und Kopf durch spezielle Prüfkörper nachgebildet. Durch einen Hydropulszylinder beschleunigt treffen diese nach einer Freiflugphase mit einer definierten Geschwindigkeit auf. Anhand der ermittelten Verzögerungswerte kann das Verletzungsrisiko ermittelt werden. Zum Fußgängerschutz tragen Freiräume unter der Fronthaube sowie hinter Kühlermaske und Stoßfänger bei, die den Abbau von Aufprallenergie ermöglichen und so die Folgen mindern. Aktuell entwickelt die BMW Group mit Hilfe dieses Crashlabors auch die Sensorik für eine aktive Frontklappe, die bei einer Kollision durch das Anheben längere Deformationswege schafft und dadurch die Belastung des Fußgängers reduziert.

Leider können diese Systeme erst im Falle einer Kollision wirken und Folgen mindern. Deshalb liegt das größte Augenmerk im präventiven Fußgängerschutz, dem Verhindern eines Zusammenstoßes. Aktuelle Beispiele sind BMW Night Vision oder auch Side View. Für die Zukunft arbeiten die Forscher und Entwickler intensiv auch an Systemen die in Gefahrensituationen aktiv für Fußgänger bremsen. Schon 2007 konnte in einem fahraktiven Prototyp der BMW Group Forschung und Technik der Öffentlichkeit diese Funktion der Gefahrenbremsung zum Schutz von Fußgängern vorgestellt werden.

Die Anforderungen durch die gesetzlichen Grenzwerte im Bereich der passiven Sicherheit werden auch in Zukunft weiter steigen. Damit verbunden ist nicht nur die Entwicklung neuer technischer Lösungen im Fahrzeug, sondern auch neuer Dummies mit noch sensiblerer und umfangreicher Messsensorik, vor allem im Beinbereich. Bereits heute verfügen die BMW Group Crashexperten über mehr als 60 der zwischen 100.000 und 250.000 Euro teuren Messpuppen mit bis zu 200 Sensoren für Beschleunigung, Temperatur und Eindrücktiefe. Sie spiegeln praktisch alle Insassengrößen wider, vom Baby im Mutterleib bis zum großgewachsenen Mann. Als hochsensible und genormte Messmittel, die innerhalb einer Sekunde rund 10.000 Werte präzise erfassen können, werden sie je nach Einsatzgebiet nach drei bis fünf Crashversuchen neu zertifiziert.

### **Konsequent sicher gebaut: BMW Group Fahrzeugkonzepte.**

Alle Fahrzeuge der BMW Group haben einen Front- und Heckbereich mit progressiver Energieaufnahme, der sich bei einer Kollision zusammen mit den aktiven Rückhalteeinrichtungen positiv auf die Belastung der Insassen auswirkt. Dank ihrer hohen Formstabilität bildet die Fahrgastzelle bei allen Crasharten einen sicheren Überlebensraum für die Insassen. Die hohe Zellensteifigkeit ist das Resultat verschiedener, gezielt aufeinander abgestimmter Maßnahmen. Das Fundament dafür legt die extrem steife Bodengruppe. Neben der Gestaltung der Trägerstrukturen kommt auch der Verbindungstechnik der einzelnen Karosserieteile zueinander eine wesentliche Bedeutung zu, ist doch eine Kette nur so stark wie ihr schwächstes Glied.

Doch es ist nicht damit getan, hier besonders fest und da besonders nachgiebig zu sein. An vielen Stellen muss ein sicheres Auto beiden Ansprüchen genügen. Der Vorderachsbereich eines BMW ist ein Beispiel dafür: Einerseits ist der Vorderachsträger mit den Motorträgern fest verbunden, um Motorkräfte (Drehmomentabstützung) und eingeleitete Radkräfte auf die Karosserie übertragen zu können. Andererseits jedoch kann er an berechneten Deformationsstellen definiert nachgeben und so Energie abbauen.

Auch die Lenksäule ist so konstruiert, dass sie beim Frontalaufprall vom Lenkgetriebe durch ein abgestimmtes Deformationselement entkoppelt wird. Das verhindert, dass sich die Rückverlagerung des Lenkgetriebes auf das Lenkrad überträgt. Zudem ist die Säule schiebeverzahnt und an einer Quertraverse zwischen den A-Säulen so stabil verankert, dass die Rückverlagerung auch im Ernstfall – etwa im Offset-Crash – sehr gering bleibt. Und dabei orientiert sich die BMW Group nicht nur an den international anspruchsvollsten Verbrauchertestkriterien, nach denen die Fahrzeuge mit einer Aufprallgeschwindigkeit von 64 km/h geprüft werden, sondern in jedem Fall auch an den Erkenntnissen aus der Realität – zusammengetragen von den Kollegen der Unfallforschung.

### **Auch offen sicher: Die Herausforderung Cabrio.**

Ein offenes Fahrzeug stellt den auf Sicherheit bedachten Autokonstrukteur vor eine besonders schwierige Aufgabe: B- und C-Säule sowie das Dach als wesentliche Bestandteile der Fahrzeugstruktur fehlen. Ohne Gegenmaßnahmen könnte sich die Karosserie wie eine offene Schuhschachtel verwinden lassen. Doch die sind sowohl in den offenen BMW 1er und 3er als auch im 6er Cabrio oder Z4 äußerst wirkungsvoll: Die robust ausgelegten Quer- und Seitenträger ergeben mit speziellen Verstärkungen eine tadellos steife Karosserie. In den oberen A-Säulenabschnitten im Einbaubereich der Frontscheibe, bilden hochfeste Stahlbleche einen Rahmen, der Steifigkeit und Überrollschutz in Einem gewährt.

Je nach Fahrzeuggattung ergänzen weitere Schutzsysteme die Insassensicherheit bei einem Überschlag – einem mit ca. 3 % Anteil am gesamten Unfallgeschehen verhältnismäßig seltenen Ereignis. Hinter Fahrer und Beifahrer eines BMW Z4 oder MINI Cabrios sorgen feststehende Überrollbügel aus hochfestem Stahl für Schutz. Für das BMW 1er und 3er Cabrio sowie den BMW 6er gibt es ein aktives Überrollschutzsystem, das aus zwei Bügeln hinter den Fondsitzen besteht und von einem Sensorsystem bei akuter Überschlaggefahr automatisch ausgelöst wird. Die Anlage kann auch bei geschlossenem Verdeck ohne Beschädigung der Heckscheibe aktiv werden. Damit alle Risiken ausgeschlossen bleiben, hat das System eine niedrige Auslöseschwelle. Mit wenigen Handgriffen lässt es sich jedoch einfach wieder in die Ausgangslage zurückversetzen.

### **Seitenschutz der Türen.**

Eine empfindliche Stelle des Autos ist die Flanke. Nicht nur dass hier gerade mal eine Armlänge zum Abbremsen des Eindringlings zur Verfügung steht, zudem verbieten die vier großen Türöffnungen jede untrennbare Versteifung. Alle BMW Limousinen bieten deshalb einen kompromisslos aufwändigen Seitenschutz: Diagonal verlegte hochfeste Traversen in allen Türen bieten in Verbindung mit der stabilen Fahrgastzelle optimalen Schutz bei einem seitlichen Crash. Ihr Auffangbereich deckt einen größeren Raum ab als jede andere Lösung. Bei schweren Seitenkollisionen stützen sich die Enden der Traversen im Türrahmen ab und bilden einen Verbund gegen die seitliche Intrusion.

Um im Notfall möglichst schnelle Hilfe von außen zu gewährleisten verfügen alle Fahrzeuge darüber hinaus auch über eine Logik, die im Crashfall automatisch die Zentralverriegelung entriegelt, Innenlicht und die Warnblinkanlage aktiviert.

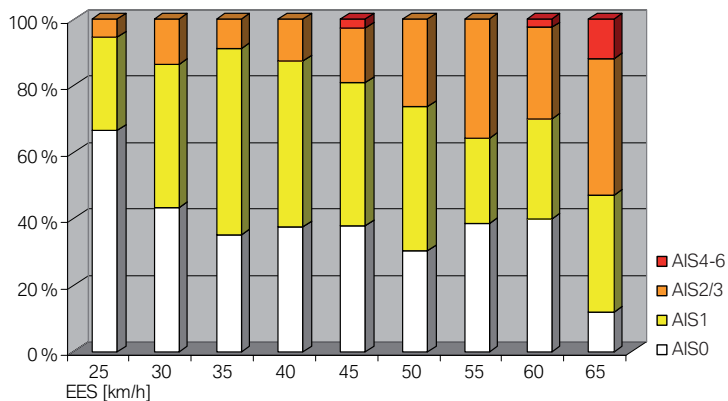
### **Basis des Insassenschutzes: Sicherheitsgurte und Airbags.**

Die Deformationszonen der Karosserie sollen Energie aufnehmen und die Auswirkungen des Unfalls weitgehend von den Insassen fernhalten. Dennoch wirken bei einer Kollision natürlich teils erhebliche Beschleunigungskräfte auf die Insassen. Hier sorgen die Rückhaltesysteme für Schutz. Die serienmäßige Ausstattung aller BMW Group Automobile umfasst Dreipunkt-Automatikgurte für jeden Sitzplatz.

Optimiert wird die Wirkung der Gurte in Verbindung mit Gurtstrammer und Gurtkraftbegrenzer. Bei relativ geringer Aufprallsschwere, für welche die Rückhaltefunktion des Sicherheitsgurts völlig ausreicht, werden nur die Gurtstrammer, aber noch keine Airbags aktiviert. Im neuen BMW 7er Komfortsitz erfolgt zusätzlich eine Vorstraffung der Gurte durch den elektromotorischen Aufroller bereits bei äußerst dynamischen Fahrzuständen.

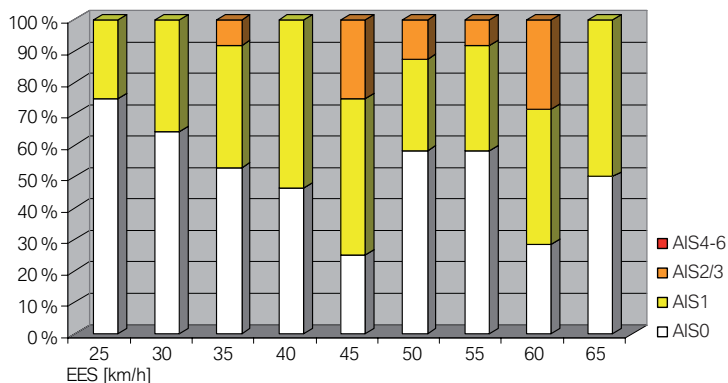
Bei einem schweren Unfall reicht die Rückhaltewirkung des Gurts allein nicht mehr aus. Um eine optimale Rückhaltewirkung zu erzielen, verfügt jedes Fahrzeug der BMW Group über Airbags für Fahrer und Beifahrer im Lenkrad bzw. in der Instrumententafel über dem Handschuhfach. Gurt- und Airbagsystem sind genau aufeinander abgestimmt. Innerhalb von wenigen Millisekunden entfaltet sich ein Luftsack im Falle des Falles und schützt vor allem den Kopf und Oberkörper vor gefährlichen Aufprallverletzungen – im Zeitraum eines Wimpernschlags laufen alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen ab. Die Ergebnisse der BMW Unfallforschung beweisen eindrucksvoll, wie nachhaltig Airbags die Wirkung des Gurtes ergänzen.

**Kopf-/Thoraxverletzungen angegurteter Fahrer und Beifahrer in Frontalkollisionen (große Überdeckung) – kein Airbag**



(Diagramm 1)

**Kopf-/Thoraxverletzungen angegurteter Fahrer und Beifahrer in Frontalkollisionen (große Überdeckung) – Airbag ausgelöst**



(Diagramm 2)

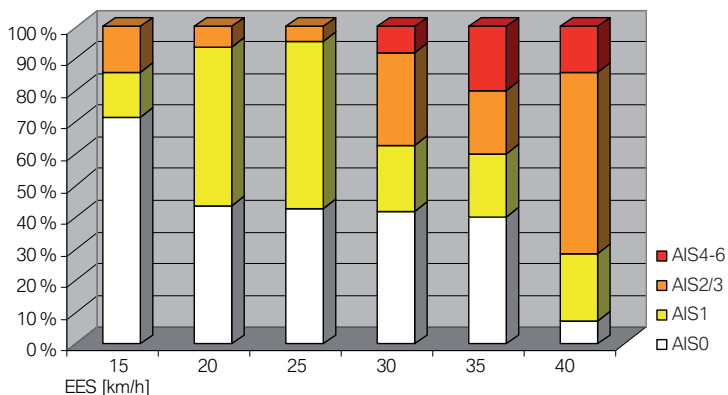
Der Vergleich der Frontalkollisionen, bei denen die Frontinsassen nur mit Gurt, respektive mit Gurt und Airbag gesichert waren, zeigt dies deutlich. Farblich erkennbar ist, dass schwerste bis tödliche Verletzungen (rot) und leichte bis mittelschwere Verletzungen (braun) auf dem Diagramm gütig für mit Gurt und Airbag gesicherte Frontinsassen (Diagramm 2) erheblich weniger vorkommen oder sogar ganz fehlen. AIS ist dabei die Abkürzung für „Abbreviated Injury Scale“ und kennzeichnet die Verletzungsschwere. Dahinter verbirgt sich eine von Ärzten und Biomechanikern erarbeitete internationale Verletzungsskala von Null bis Sechs, die die Lebensbedrohlichkeit von Verletzungen anzeigt. Die Geschwindigkeitsangaben im Diagramm reichen bis zur „Energy Equivalent Speed“ (EES) von 65 km/h und decken damit über 99 Prozent der frontalen Unfallschwere ab.

Die EES (km/h) wird aus der Deformationsenergie am Fahrzeug errechnet, die die Fahrzeugstruktur bei einer Kollision aufgenommen hat. Dass in BMW Group Fahrzeugen sogar bis in diese Unfallschwere noch viele Insassen die Kollision ohne schwerere Verletzungen an Kopf und Oberkörper überstehen, zeugt für die hohe passive Sicherheit der Fahrzeuge.

Für die Sicherheit der Frontinsassen bei Seitenkollisionen sorgen zwei ebenfalls serienmäßig verbaute Airbags: Kopf- und Thoraxairbag. Ihre Aufgabe ist es, Kopf und Oberkörper (Thorax) vor dem direkten Aufprall auf die introdierende Seitenstruktur des Fahrzeugs bzw. den Kopf gegebenenfalls gegen den Direktkontakt mit eindringenden Objekten wie einem Baum zu schützen. Die Seitenairbags schaffen es in wenigen Millisekunden für den Insassen ein schützendes Polster, auch für einen schräg seitlichen Aufprall, aufzubauen. Da Kopf und Oberkörper seitlich durch die Bags abgestützt werden, wird die Kopffrotation und damit die Halswirbelsäulenbelastung zusätzlich erheblich reduziert.

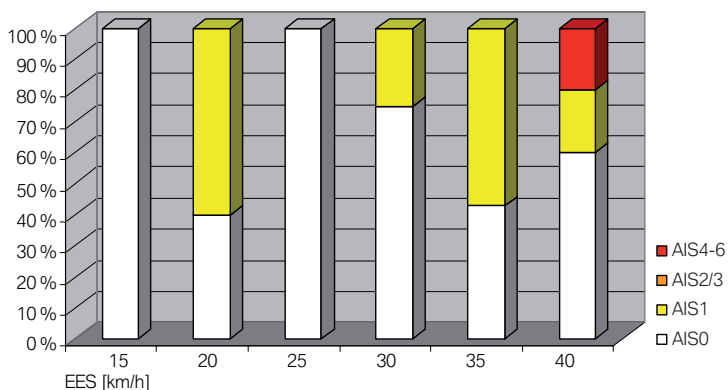
Die schützende, oft lebensrettende Wirkung des Airbagsystems bei Seitenkollisionen zeigt ein ähnliches Bild wie bei Frontalunfällen. Erst ab einem extrem schweren Seitenaufprall mit EES = 40 km/h erscheint die rote Farbe für die schweren Kopfverletzungen bei mit Airbag geschützten Insassen (Diagramm 4). Dagegen sind ohne Kopfairbag (Diagramm 3) bereits mittelschwere Verletzungen (braun) ab EES = 15 km/h und schwere Verletzungen (rot) ab EES = 30 km/h vorhanden.

### Kopfverletzungen in Seitenkollisionen ohne Airbag



(Diagramm 3)

### Kopfverletzungen in Seitenkollisionen mit Airbagauslösung



(Diagramm 4)

Zum Herbst 2007 wurde der Insassenschutz in BMW Fahrzeugen durch die Einführung von crashaktiven Kopfstützen weiter optimiert. Das von der Sicherheitselektronik des Fahrzeugs gesteuerte System sorgt im Fall einer Heckkollision dafür, dass innerhalb kürzester Zeit das Vorderteil der Kopfstütze um bis zu 60 Millimeter nach vorn und bis zu 40 Millimeter nach oben bewegt wird. Damit verringert sich der Abstand zum Kopf, noch bevor dieser durch die auf das Fahrzeug einwirkenden Kräfte nach hinten geschleudert wird. Auf diese Weise wird die stabilisierende und sichernde Funktion der Kopfstütze erhöht und das Risiko einer Verletzung oder Überdehnung im Halswirbelsäulenbereich der Fahrzeuginsassen gemindert.

Alle diese Rückhaltesysteme können vor allem dann optimal wirken, wenn die Insassen angegurtet sind und richtig sitzen. Die beste Sitzposition ist übrigens der Ausgangspunkt jedes BMW und MINI Fahrertrainings.

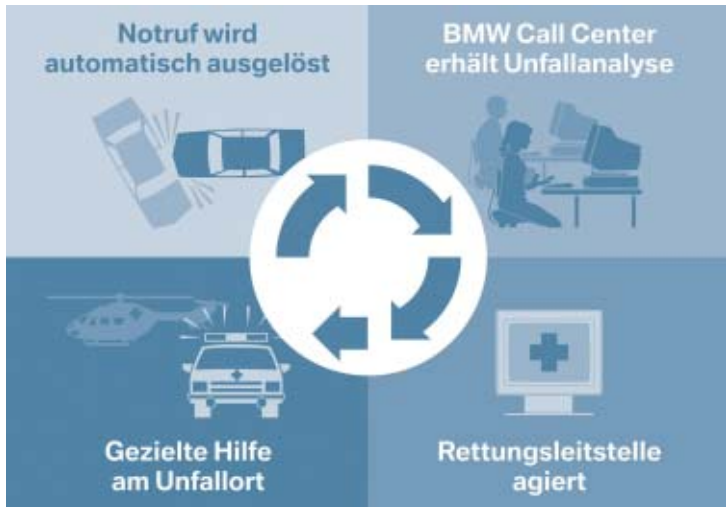


## **2.5 Schnelle Hilfe im Notfall: Erweiterter Notruf.**

Mit all diesen Maßnahmen der passiven Sicherheit endet bei der BMW Group das Sicherheitskonzept aber noch nicht. Das Kommunikationsnetzwerk BMW ConnectedDrive bietet den Insassen eine Rettungsassistenz, die in dieser Form einzigartig ist. Unter dem Dachbegriff BMW ConnectedDrive finden sich individuelle Online-, Assistenz- und Service-Systeme im Fahrzeug, die direkt über Navigationssystem oder Telefon genutzt werden können und Komfort und Sicherheit signifikant steigern.

Die Funktion Erweiterter Notruf von BMW ConnectedDrive schafft die Voraussetzungen dafür, dass die Rettungskräfte bereits vor dem Eintreffen am Unfallort detailliert über Art der Kollision und Verletzungsrisiko informiert werden und so bereits frühzeitig eine adäquate medizinische Versorgung der Unfallbeteiligten vorbereiten können. Neben den metergenauen Positionsdaten und Informationen über das Fahrzeug (Modell, Farbe, Kennzeichen) liefert der Erweiterte Notruf unmittelbar nach einer Kollision Fahrzeugdaten, aus denen ein komplexer Algorithmus die Unfallschwere ableitet und diese Information dem BMW Callcenter zur Verfügung stellt. Dazu werden die von Sensoren im Fahrzeug gesammelten Daten ausgewertet, die Aufschluss über Art der Kollision und Verletzungsrisiko für die Insassen liefern. So wissen die vom BMW Callcenter alarmierten Retter nicht nur frühzeitig und präzise, wo sich der Unfall ereignet hat und welches Fahrzeug darin verwickelt war, sondern können dank des weiterentwickelten Notrufs auch das Verletzungsrisiko einschätzen. Auf diese Weise kann der Rettungseinsatz nicht nur schnell, sondern auch situationsgerecht eingeleitet werden.

Daneben baut BMW ConnectedDrive eine direkte Telefonverbindung ins Fahrzeug auf, über die das BMW Callcenter, aber auch der Rettungsdienst mit verletzten Personen Kontakt aufnehmen kann. Der damit erreichte Zeit- und Informationsgewinn kann im Extremfall über Leben und Tod entscheiden.



Zwischen zehn und fünfzehn Minuten vergehen in Deutschland durchschnittlich zwischen der Alarmierung und dem Eintreffen der Rettungskräfte am Unfallort. Voraussetzung dafür ist ein sofortiger Hilferuf mit präziser Beschreibung des Unfallortes.

Bereits im Jahre 1997 hat BMW deshalb die ersten Fahrzeuge mit einer manuellen und automatischen Notruffunktion ausgestattet. Mittlerweile sind mehr als 600.000 Fahrzeuge mit diesem im Rahmen von BMW ConnectedDrive entwickelten System ausgestattet. Der BMW Notruf hat bisher weltweit in mehr als 25.000 Fällen für schnelle Hilfe gesorgt. Und der Dienst kommt auch Dritten zu Gute – denn über den manuellen Notruf kann ein BMW Kunde in einer Notsituation auch als Unbeteiligter schnell die richtige Rettungskette starten: Polizei, Feuerwehr und Notarzt – sie alle sind durch einen einzigen Knopfdruck erreichbar.