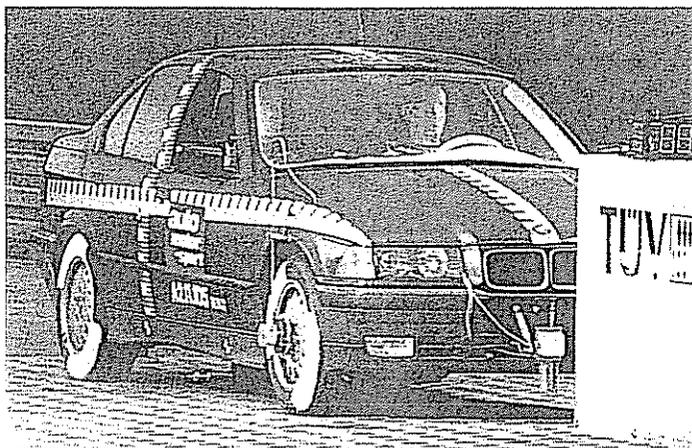


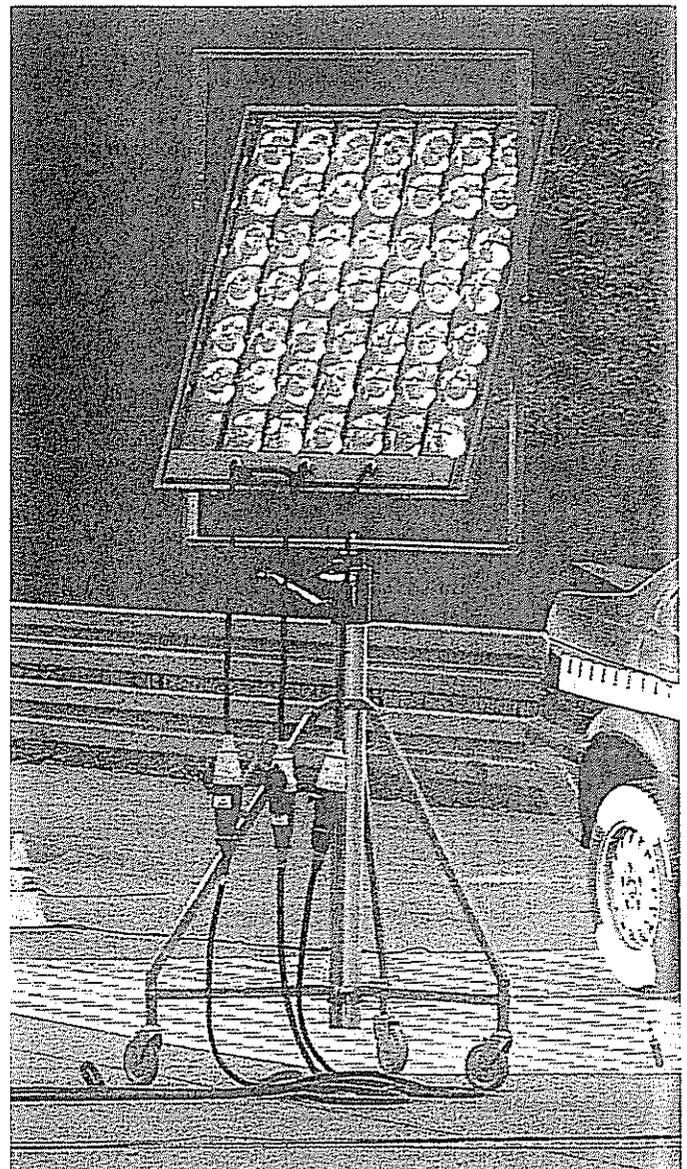
CRASH-TEST
BMW 325i

Auf der sicheren Seite

Wie sicher sind kompakte Mittelklasseautos? Am Beispiel des neuen Dreier-BMW untersuchte auto motor und sport zusammen mit dem TÜV Bayern die mögliche passive Sicherheit in dieser Klasse mit Hilfe eines Offset-Crashes.



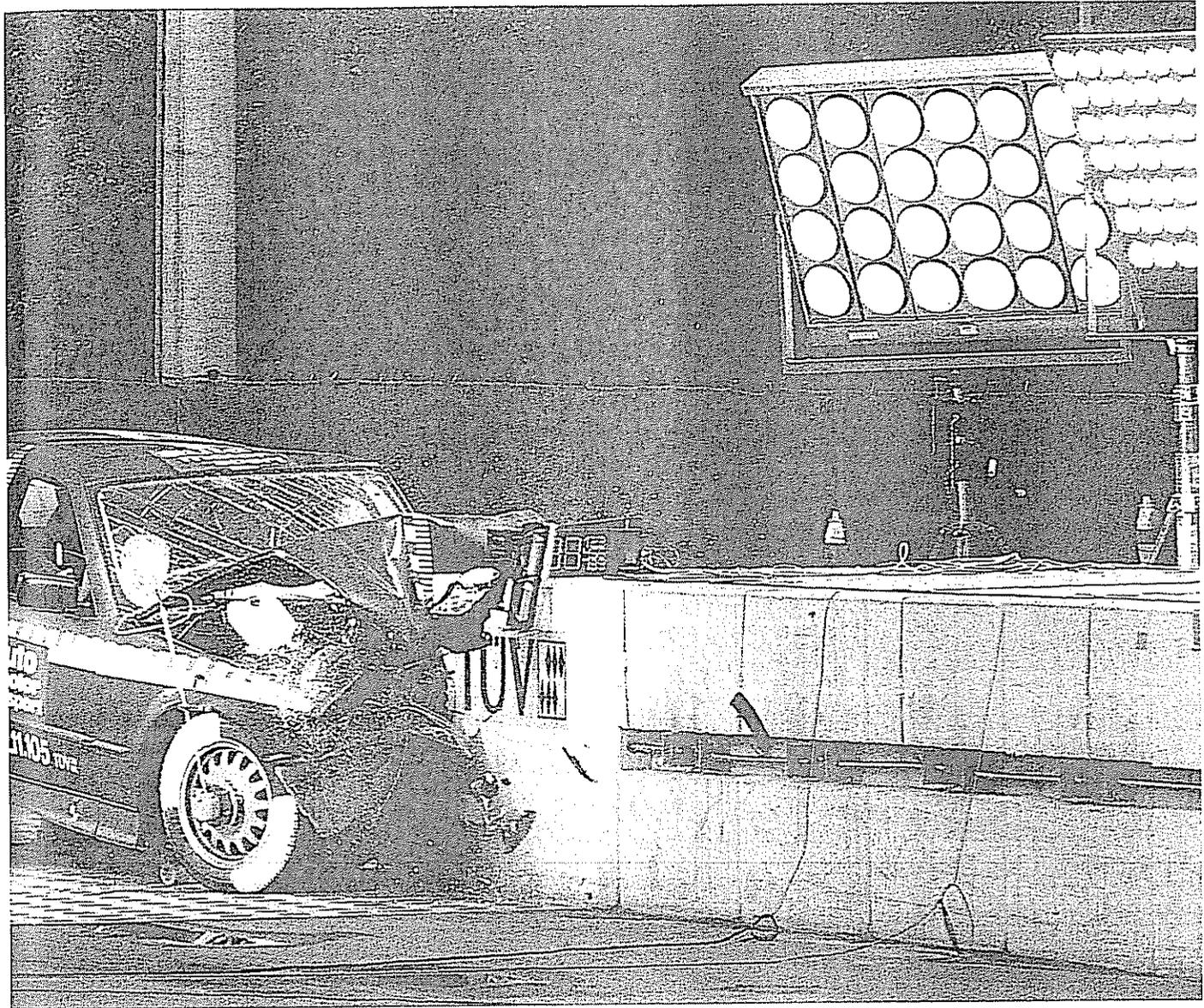
Fotos: H.P. Seufert



Die passive Sicherheit von Automobilen hat keine Lobby. Noch immer gibt es in Europa keine integrierten Sicherheitsbestimmungen, die das Fahrzeug als Ganzes umfassen. Und noch immer können sich die Hersteller durch die Einhaltung diverser Einzelvorschriften, die von den Sicherheitsexperten selbst zum Teil für unsinnig gehalten werden, aus der Affäre ziehen. Nur wer in die USA liefert, muß die einschlägigen amerikanischen Sicherheitsgesetze erfüllen.

Solange dieser unbefriedigende Zustand anhält und so-

lange die Automobilindustrie die Ergebnisse ihrer eigenen Sicherheitstests unter Verschluss hält, sieht sich auto motor und sport verpflichtet, mit eigenen Crash-Tests den Sicherheitsstandard an ausgewählten, für den deutschen Markt interessanten Automobilen zu überprüfen. Dabei ist der von auto motor und sport praktizierte Offset-Crash sicher härter als der US-Standard-Crash, bei dem mit 48 km/h gegen die platten Wand gefahren wird. Aber er ist auch realistischer. Denn der weit überwiegende Teil aller frontalen Zusammenstöße



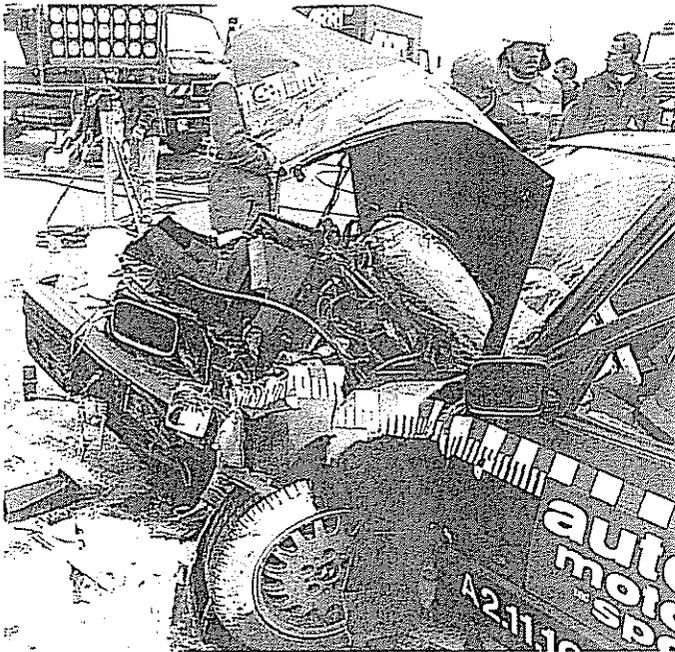
findet mit teilweiser Überdeckung, also im sogenannten Offset-Bereich statt. Da die Karosseriestruktur dabei nur teilweise und dazu noch diagonal beansprucht wird, lassen sich Schwachstellen in diesem Bereich kaum verbergen. Dazu trägt auch die für diesen Crash vorgesehene Kollisionsgeschwindigkeit von 55 km/h bei, die, verglichen mit dem US-Test, einen um etwa ein Drittel höheren Energieumsatz beim Aufprall bedeutet.

Das höhere Geschwindigkeitsniveau bedeutet aber auch, daß der weitaus größere

Teil des Unfallgeschehens erfaßt wird. Noch höhere Kollisionsgeschwindigkeiten sind im realen Verkehr die absolute Ausnahme. Schließlich wird vor den meisten Zusammenstößen noch heftig gebremst.

Als zehntes Objekt gezielter Zerstörung wählte auto motor und sport nach acht Mittelklasseautos (Heft 19/1990) und dem Kompaktwagen VW Golf (Heft 22/1990) den BMW 325i aus. Das kleinste und zugleich modernste Auto der Bayerischen Motorenwerke bringt nicht unbedingt ideale Voraussetzungen für ein gutes

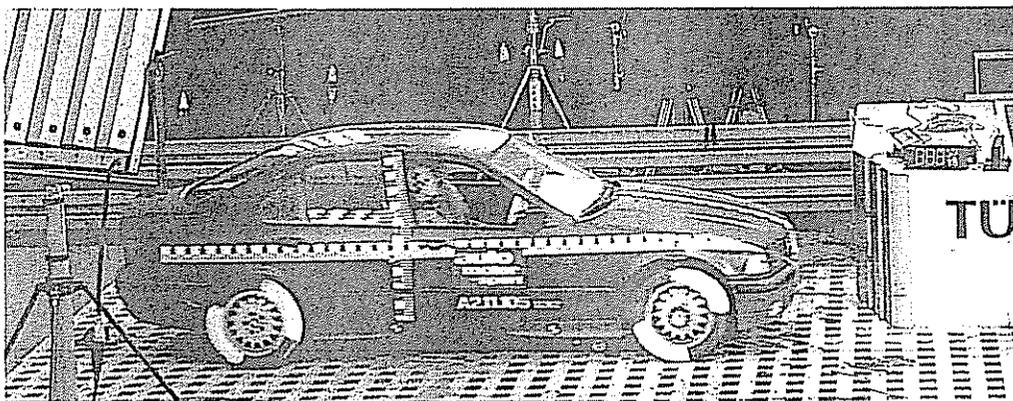
Mit 55 km/h und einer Überdeckung von 50 Prozent prallt der BMW 325i gegen das über 100 Tonnen schwere Hindernis. Fünf Hochgeschwindigkeitskameras halten unter gleißendem Scheinwerferlicht jede einzelne Phase des Aufpralls fest.



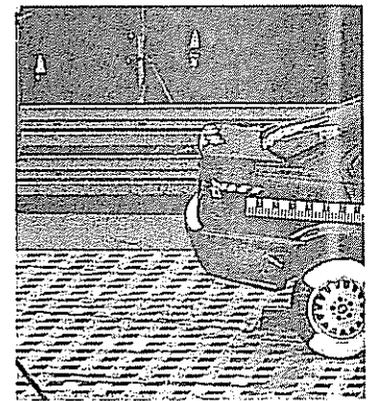
Den Löwenanteil der Verformungsarbeit übernimmt der Vorbau



Das seitlich wegschwenkende Lenkrad mildert den Kopfaufprall



Mit exakt 55 km/h und einer Kursabweichung von nur fünf Millimetern nähert sich der BMW mit eigener Kraft dem Hindernis



Crash-Ergebnis mit, denn es ist relativ kompakt, dabei ziemlich schwer (1555 Kilogramm Crash-Gewicht) und verfügt über einen längs eingebauten Reihen-Sechszylindermotor, vor dem nur wenig Blech zur Verformung übrig bleibt. Dennoch hatte BMW-Sicherheitschef Josef Haberl keine Angst um sein jüngstes Baby: „Bei unseren eigenen Tests hat der neue Dreier bisher immersehr gut abgeschnitten.“ Er ergänzt, daß dazu auch ein Offset-Crash in der auto motor und sport-Konfiguration gehörte – sicherheits- halber

Zu den besonderen Sicherheitsmerkmalen, die dem Dreier dabei zu einem guten Ergebnis verhelfen sollen, zählen neben dem programmiert deformierbaren Vorbau, dessen gezielte Verformungscharakteristik vornehmlich durch einen speziellen Motorträger realisiert wird, ein optimal angepaßtes Gurtsystem mit automatischer Höhenverstellung und –serienmäßig – der mechanische Schloßstrammer. Er sorgt dafür, daß im Kollisionfall das Gurtschloß bis zu 60 Millimeter zurückgezogen wird, was im Gurtband dem doppelten

Strammweg von 120 Millimetern entspricht, so daß die vorne sitzenden Insassen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt an der Fahrzeugverzögerung teilnehmen. Gleichzeitig wird das Herausrutschen aus dem Beckengurt, das sogenannte Submarining, verhindert. Auch die Verletzungsgefahr durch den bei einem solchen Crash unvermeidlichen Lenkradkontakt wird mit einer gezielten Konstruktion reduziert: Eine Schieberverzahnung der Lenkspindel verhindert beim Aufprall allzu heftiges Eindringen der Lenksäule. Zusätzlichen Schutz bie-

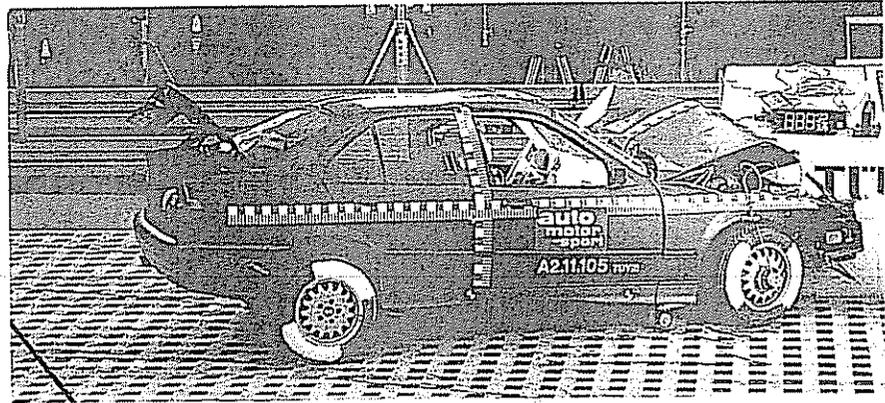
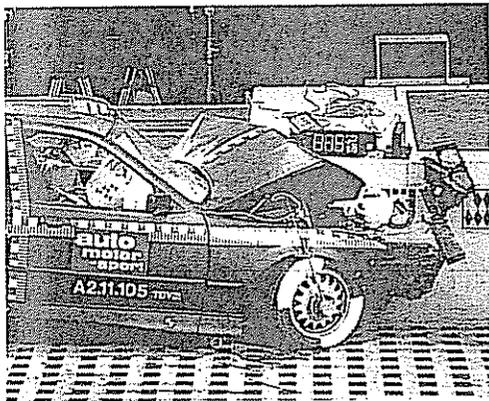
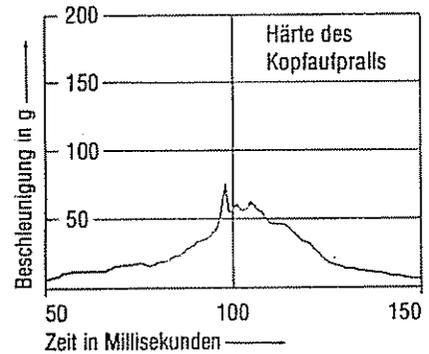
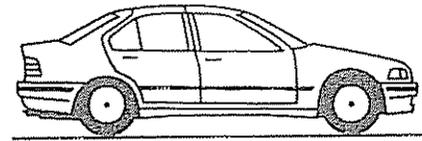
tet noch der neue, auf Wunsch für den Dreier lieferbare kleine Airbag (Eurobag, siehe Kasten auf Seite 17). Da er nicht zum serienmäßigen Lieferumfang zählt, mußte der 325i den Crash ohne Airbag antreten. Dies geschah nach bewährtem Muster. Besetzt mit zwei Dummies der üblichen Kategorie Hybrid II und mit umfangreicher Meß- und Regeltechnik im Kofferraum machte sich der Crash-Kandidat mit eigener Motorkraft auf den elektronisch gesteuerten Weg zum 100 Tonnen schweren Prallblock. Der maximal 200 Millisekun-

Crash-Ergebnis BMW 325i

Verletzungsrisiko: niedrig
Deformation: erheblich



Die Tür war verklemmt und ließ sich nur mit Mühe öffnen



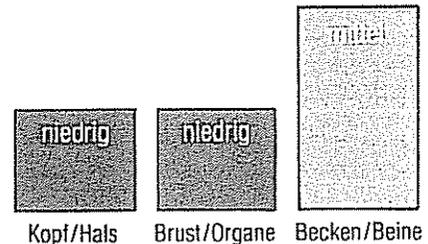
den dauernde Aufprall wurde von insgesamt fünf Hochgeschwindigkeitskameras in jeder Phase festgehalten – mit bis zu 2000 Bildern pro Sekunde. So ließ sich außer den bleibenden Karosseriedeformationen auch die dynamischen Verformungen während des Aufpralls feststellen. Aus dem in zahlreiche Einzelphasen zerlegbaren Bewegungsablauf der Dummies gewinnen die Biomechaniker wichtige zusätzliche Hinweise für das zu erwartende Verletzungsrisiko.

Tenes wird im wesentlichen aufgrund der Beschleunigungs-

belastung des Kopfes, der Beschleunigungsbelastung und Verletzungsgefahr der Brust und der inneren Organe sowie der dynamischen Beanspruchung des Beckens und der Oberschenkel ermittelt. Hierzu sind in den beiden Dummies jeweils drei genormte Beschleunigungsaufnehmer installiert sowie DMS-Kraftmesser an jedem Oberschenkel. Aus den gespeicherten Meßwerten lassen sich Verletzungskriterien berechnen, wie beispielsweise der in den USA übliche HIC-Wert (Head Injury Criterion), der die integrierte Verzögerungs-

Die Meßwerte des Dreier-BMW zeigen ein erstaunlich niedriges Verletzungsrisiko für Kopf, Brust und Organe. Einzig Becken und Beine sind durch die Deformation im Fußraum und in der Bodengruppe einer mittleren Gefährdung ausgesetzt. Der Überlebensraum der Fahrgastzelle blieb mit Einschränkungen erhalten. Die Karosseriestruktur liegt aber an der Grenze ihrer Belastbarkeit.

PRITC Wertung Verletzungsrisiko



Der BMW 325i im Vergleich

Noch mehr Schutz mit Airbag

So gut der Dreier-BMW bei dieser Crash-Test auch abgeschnitten hat – das Verletzungsrisiko ließe sich noch vermindern. Das Mittel der Wahl heißt in diesem Fall Airbag ein Luftsack, der sich während des Aufpralls binnen Millisekunden mit Treibgas füllt und so den Kopf und den Oberkörper abfängt. Damit lassen sich zwar keine eklatante Verbesserungen der Beschleunigungsbelastung der betreffende Körperteile erreichen, doch örtlich hohe Flächenbelastungen des Kopfes, die oft zu schweren Gesichtsverletzungen führen, werden weitgehend vermieden. Auch die vor allem für ältere Menschen nicht ungefährliche Gurtbelastung auf den Brustkorb wird durch den Airbag gleichmäßiger verteilt und so die Verletzungsgefahr reduziert. Ein Gurtersatz allerdings ist der Airbag nicht, obwohl er als solcher in den USA – wegen der dort nicht durchsetzbaren Anschlapppflicht – eingesetzt wird. In Deutschland hingegen, mit seiner sehr hohen Gurtanlagequote, ist der Luftsack, der im übrigen auch vor eindringenden Fahrzeugteilen schützt, die ideale Ergänzung zum Dreipunktgurt. In dieser Kombination wird er

Dummy-Werte	Fahrzeug-Werte		
	BMW 325i	BMW 520i	Fiat Croma
Kopfverletzungskriterien Fahrer (HIC) ¹⁾	502	880	1364
Kopfverletzungskriterien Beifahrer (HIC)	200	196	1381
Resultierende Kopfverzögerung Fahrer (g) ²⁾	61	88	117
Resultierende Kopfverzögerung Beifahrer (g)	34	34	135
Resultierende Verzögerung Brust Fahrer (g)	41	45	45
Resultierende Verzögerung Brust Beifahrer (g)	34	32	34
Resultierende Verzögerung Becken Fahrer (g)	52	46	44
Resultierende Verzögerung Becken Beifahrer (g)	42	39	51
Oberschenkelkraft Fahrer (N)	3180	1760	2150
Oberschenkelkraft Beifahrer (N)	1760	1360	6730
Gurtkraft Fahrer (N)	6670	8520	5080
Gurtkraft Beifahrer (N)	7410	9770	6430
Crashgewicht (kg)	1555	1599	1341
Aufprallgeschwindigkeit (km/h)	55,0	54,9	55,0
Lenksäulenverschiebung horizontal (cm)	-8	-17	-28
Lenksäulenverschiebung vertikal (cm)	-10	+14	-11
Armaturenbrettverschiebung horizontal (cm)	-7	-10	-22
Armaturenbrettverschiebung vertikal (cm)	-3	+9	-2
Pedalverschiebung horizontal (cm)	-16	-16	-37
Pedalverschiebung vertikal (cm)	-2	-6	-18
Verkürzung der Fahrgastzelle links (cm)	-17	-17	-35
Radstandveränderung links (cm)	-36	-38	-19
Radstandveränderung rechts (cm)	+9	+8	-5
Schloßöffnungskraft links vorher/nachher (N)	50/110	40/70	60/∞
Schloßöffnungskraft rechts vorher/nachher (N)	50/70	60/50	55/120
Türöffnungskraft links (N)	>600	150	∞

¹⁾ HIC = Head Injury Criterion, Integralwert der Kopfbelastung;
²⁾ g = Erdbeschleunigung. 9.81 m/s²

belastung des Kopfes widerspiegeln soll. Als kritischer HIC-Wert gilt die Zahl 1000, wobei Experten wegen des nicht zu vermeidenden Streubereiches eine großzügige Toleranz nach oben für unbedenklich halten. Aber auch die Dauer der Spitzenverzögerung ist für die Verletzungsgefahr von Bedeutung: Wird die 80fache Erdbeschleunigung mehr als drei Millisekunden lang deutlich überschritten, sind Hirnschädigungen nicht auszuschließen.

Schließlich zeigt die Auswertung realer Unfälle, daß abgesehen von der jeweiligen Ver-

zögerungsbelastung ein Großteil der lebensbedrohenden Verletzungen durch eindringende Fahrzeugteile (Intrusionen) oder kollabierende Karosseriestrukturen zustande kommen. So werden auch der verbleibende Überlebensraum und die Verformung der Karosserie in die Bewertung einbezogen. Wie bisher obliegen die biomechanische Auswertung und die Beurteilung des Verletzungsrisikos dem Institut für Rechtsmedizin und Unfallforschung der Universität Heidelberg.

Die Karosserie des Dreier-BMW präsentiert sich nach

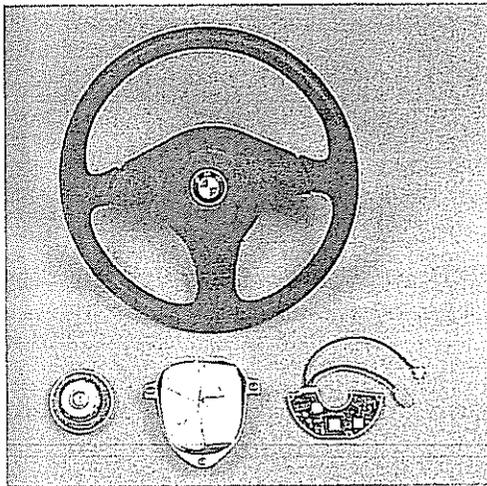
dem Offset-Crash in erheblich deformiertem Zustand. Zwar wird der Löwenanteil der Energie über den Vorbau abgebaut, doch beweisen die deutlich steiler stehende A-Säule und der Knick im Dach, daß auch der Fahrgastraum einen großen Teil an Verformungsarbeit übernommen hat. Durch diese Verformung wurde die fahrerseitige Tür so eingeklemmt, daß sie sich nur mit großer Anstrengung, allerdings ohne Werkzeug, öffnen ließ. Dabei erwiesen sich wieder einmal die Klapptürgriffe als ungeeignete Lösung.

Auch im Inneren, vor allem im Bereich des Fahrerfußraumes, sind erhebliche Verformungen feststellbar. Sie waren jedoch nicht so stark, daß Beine oder Füße eingeklemmt wurden. Dort, wo es darauf ankommt, verhält sich der Dreier beim Crash vorbildlich: Pedale, Armaturenbrett, vor allem aber das Lenkrad wandern nur wenig nach innen. Und wenn auch die Strukturfestigkeit der Zelle ihrer Belastungsgrenze nahe kam, der Insassenschutz war noch voll gewährleistet.

Dies beweist auch die Auswertung der Dummywerte und



Der Kontakt mit dem Lenkrad ist ohne Airbag nicht zu vermeiden



Der kompakte Eurobag paßt mit allen Zusatzteilen ins Lenkrad

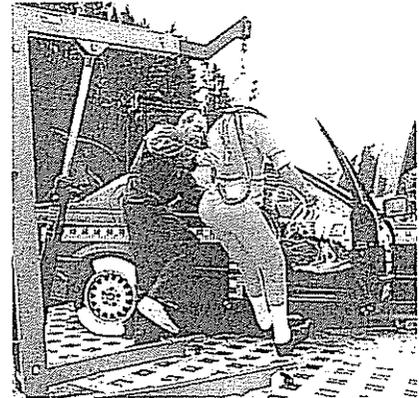
inzwischen auch von verantwortungsbewußten Herstellern, wie beispielsweise Mercedes-Benz und BMW zumindest als Zubehörteil angeboten. Bei Porsche gehören Airbag für Fahrer und Beifahrer zwischenzeitlich zum Serienstandard. Der hohe Preis ist allerdings der Grund, warum der Airbag in den kleinen Klassen, wo seine Schutzwirkung zweifellos noch notwendiger wäre, bisher nicht eingeführt wurde. Doch so groß wie derzeit die Airbags sind, müssen sie als Ergänzung zum Dreipunktgurt nicht unbedingt bleiben. Darum hat BMW einen ur etwa halb so großen Luftsack entwickelt, mit einem Volumen von lediglich 30 Litern. Die Vorteile des als Eurobag titulierten zusätzlichen Rückhaltesystems liegen auf der Hand. Er baut kompakt und läßt sich in einem normalen Lenkrad, ja sogar in einem Sportlenkrad unterbringen, wo darüber hinaus auch noch der kleinere Gasgenerator, die Auslöse-Sensorik sowie das Kontrollsystem Platz finden. Der bedeutendste Vorteil dieser Lösung ist allerdings der geringere Preis. Dieser läßt sogar hoffen, daß in absehbarer Zeit der Eurobag zur Serienausstattung zählen könnte. Denn Sicherheit darf kein Zubehör bleiben.

der Hochgeschwindigkeitsfilme. Die Verzögerungsbelastungen des Kopfes liegt sogar unter den Werten des im vergangenen Jahr gecrashten 520i. Mit ein Grund ist das bei Aufprall seitlich wegdrehende Lenkrad, das offenbar einen harten Kopfaufprall verhinderte. Auch im Brustbereich werden nur geringfügige Belastungen gemessen, ein weiterer Beweis für die Wirksamkeit des Gurtstrammers, der die Insassenverzögerung besser mit der Fahrzeugverzögerung synchronisiert. Becken und Beine sind, vor allem wegen der Deforma-

tionen im Bodenbereich, einem mittleren Risiko ausgesetzt.

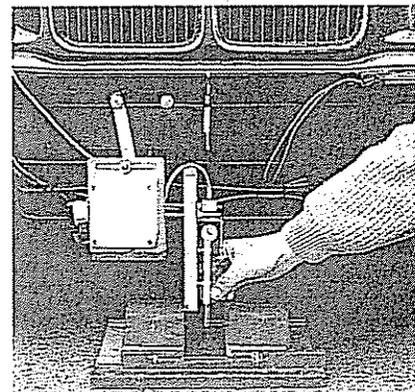
Im Vergleich zu den größeren Mittelklassewagen schneidet der kleine BMW sehr gut ab. Er beweist, daß sich mit gezielten konstruktiven Maßnahmen auch bei kleineren Automobilen ein guter Insassenschutz erreichen läßt. Und er unterstreicht die BMW-Philosophie und die daraus resultierenden Bestrebungen, im Rahmen der physikalischen Grenzen quer durch die Modellreihen einen vergleichbaren Sicherheitsstandard auf hohem Niveau anzubieten. *Gert Hack*

Crash-Vorbereitung: Der Dummy wird sorgfältig plaziert



Die Crash-Technik im Detail

Beim Offset-Crash wird der häufigste und zugleich folgenschwerste Unfall simuliert: ein Zusammenstoß, bei dem nur ein Teil der Fahrzeugfront getroffen wird. Mit 50 Prozent Überdeckung und exakt 55 km/h trifft der BMW 325i den Betonblock. Dessen Aufprallfläche ist um 15 Grad schräggestellt und trägt zudem zwei vertikale Holzleisten, um seitliches Abgleiten zu verhindern. Nach der vom TÜV Bayern entwickelten Methode fährt der Crash-Kandidat wie im richtigen Leben mit eigener Motorleistung auf das Hindernis. Lenkkorrekturen veranlaßt ein im Boden verlegtes Leitkabel, dessen Impulse eine an der Stoßstange befestigte Antenne aufnimmt und an einen elektrischen Lenkmotor weitergibt. Die Insassenbelastungen werden durch zwei Dummies vom Typ Hybrid II erfaßt. Drei Beschleunigungsaufnehmer erfassen die auftretenden Verzögerungen in allen drei Dimensionen. Aus den abgespeicherten Meßwerten lassen sich die verschiedenen Verletzungskriterien, wie beispielsweise der in den USA übliche HIC-Wert (Head Injury Criterion) errechnen und so die Verletzungsrisiken bewerten.



Letzter Check: Seitenlehre zur Überprüfung der Kursabweichung