

Offener Vollzug

CRASHTEST

BMW Z3, Mercedes SLK,
Porsche Boxster

Offene Sportwagen werden immer beliebter.
Sind sie trotz abweichender Karosseriestruktur
genauso sicher wie geschlossene Automobile?

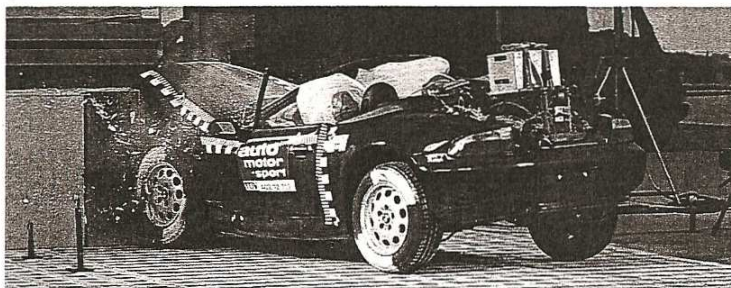


FOTOS: H.P. SEUFERT, LORENZ (3)

Der auto motor und sport-Offset-Crash stellt die Karosseriestruktur der drei Roadster auf eine harte Probe

Soll man offene Autos genauso crashen wie geschlossene? Im Prinzip ja. Denn abgesehen von der höheren Verletzungsgefahr bei Überschlagen müssen offene Sportwagen in erster Linie gegen die Risiken des frontalen Crashes gewappnet sein, weil dieser Unfalltyp statistisch nun einmal mit Abstand am häufigsten eintritt.

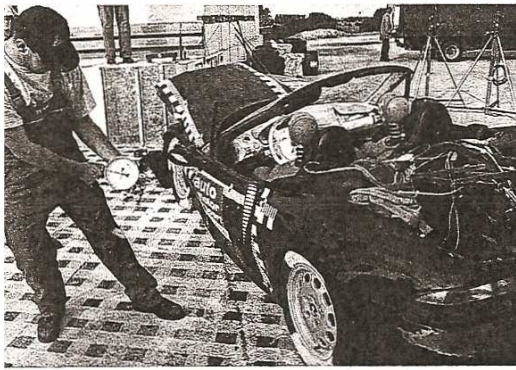
Doch hier haben es die Roadster schwerer als geschlossene Karosserien. Das fehlende Blechdach läßt den Fensterrahmen ohne Abstützung, und die Biegesteifigkeit der Karosserie muß ohne den Dachrahmen fast ausschließlich von der Bodengruppe



Auch die Wirksamkeit der Rückhaltesysteme wird überprüft

sichergestellt werden. Im übrigen gelten auch für Roadster die bekannten physikalischen Zusammenhänge zum Abbau der Crash-Energie. Demzufolge muß die gesamte Vorbaustruktur so konzipiert sein, daß auch Offset-Crashes ohne verletzungsträchtige

innere Deformationen überstanden werden. Und an die Rückhaltesysteme sind mindestens so hohe Ansprüche zu stellen wie bei geschlossenen Autos. Die Renner der Saison – BMW Z3, Porsche Boxster und Mercedes SLK – stellen bei einem harten Offset-Crash ihre passive Sicherheit unter Beweis. ▷



Die stark deformierte Tür läßt sich mit erhöhtem Kraftaufwand öffnen

BMW Z3

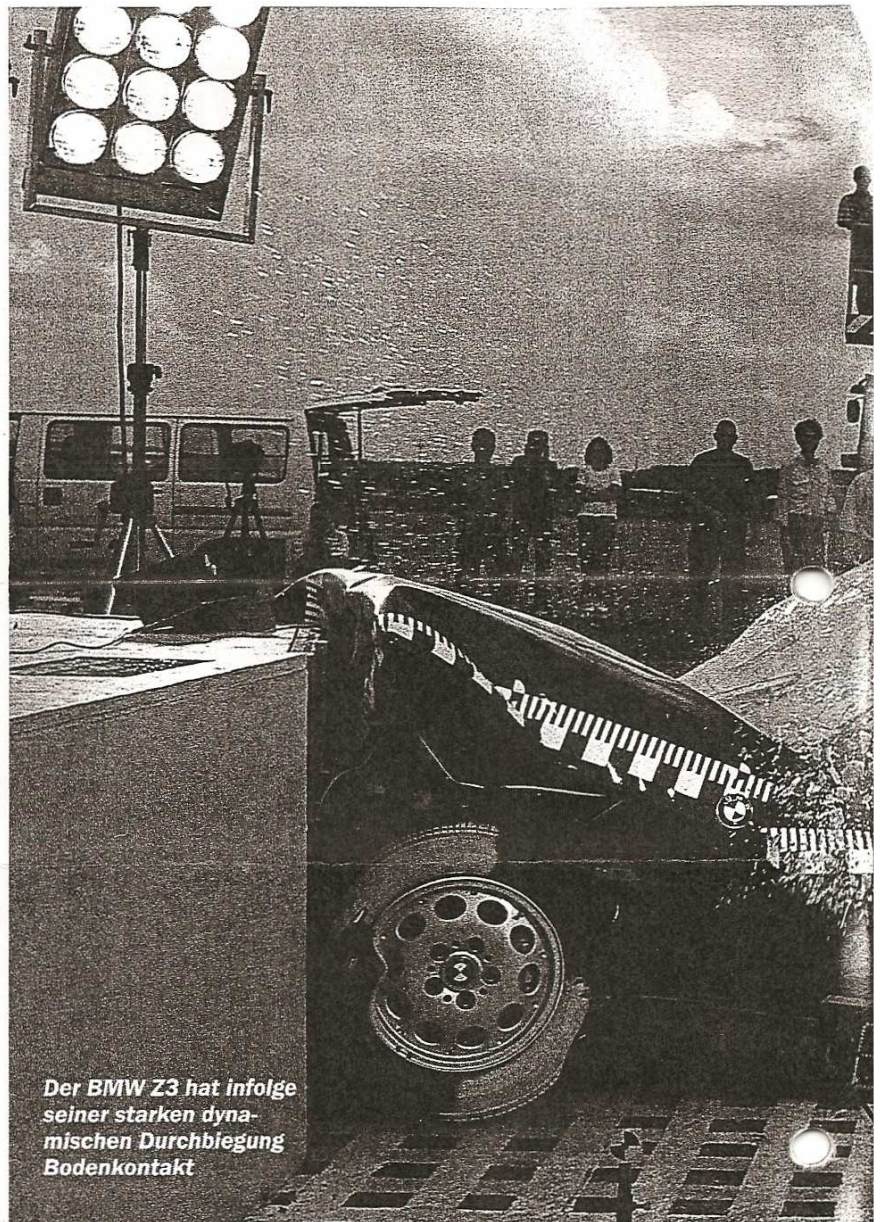
Akzeptable Dummywerte, Struktur an der Grenze

Mit dem Z3 verbindet BMW das pure Roadster-Fahrerlebnis. Luxuriöse Ausstattungsmerkmale fehlen dem preiswerten Zweisitzer darum ebenso wie eine umfangreiche Sicherheitsausrüstung. So ist der hinter den Kopfstützen platzierte Überrollschutz nur als Sonderausstattung gegen Aufpreis (780 Mark) erhältlich, Sidebags werden erst Anfang 1998 lieferbar sein.

Für den Frontcrash hingegen ist der Z3 besser gerüstet. Steife, achteckige Längsträger sollen zusammen mit einem stabilen Querverbund im Vorbau für gezielten Energieabbau sorgen. Die Insassen werden durch zwei Fullsize-Airbags (62/130 Liter) und Gurte mit pyrotechnischen Schloßstraf-fern aufgefangen.

Dennoch kommt es zu einem Brustdurchschlag aufs Lenkrad und zu einem kurzzeitigen Kopfkontakt mit dem A-Pfosten im Scheitelbereich, der in diesem Fall ohne gravierende Auswirkungen auf die Kopfbelastung bleibt. Der Grund ist die starke dynamische Deformation der Fahrgastzelle, die sich bananenförmig bis zum Bodenkontakt durchbiegt. Zeitgleich klappt dabei auch der linke Teil des Fensterrahmens nach unten. Dennoch bleibt der Überlebensraum erhalten, die Fußraum-Intrusionen sind nicht verletzungsträchtig.

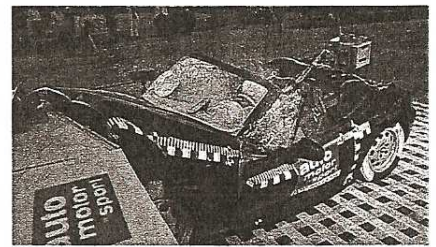
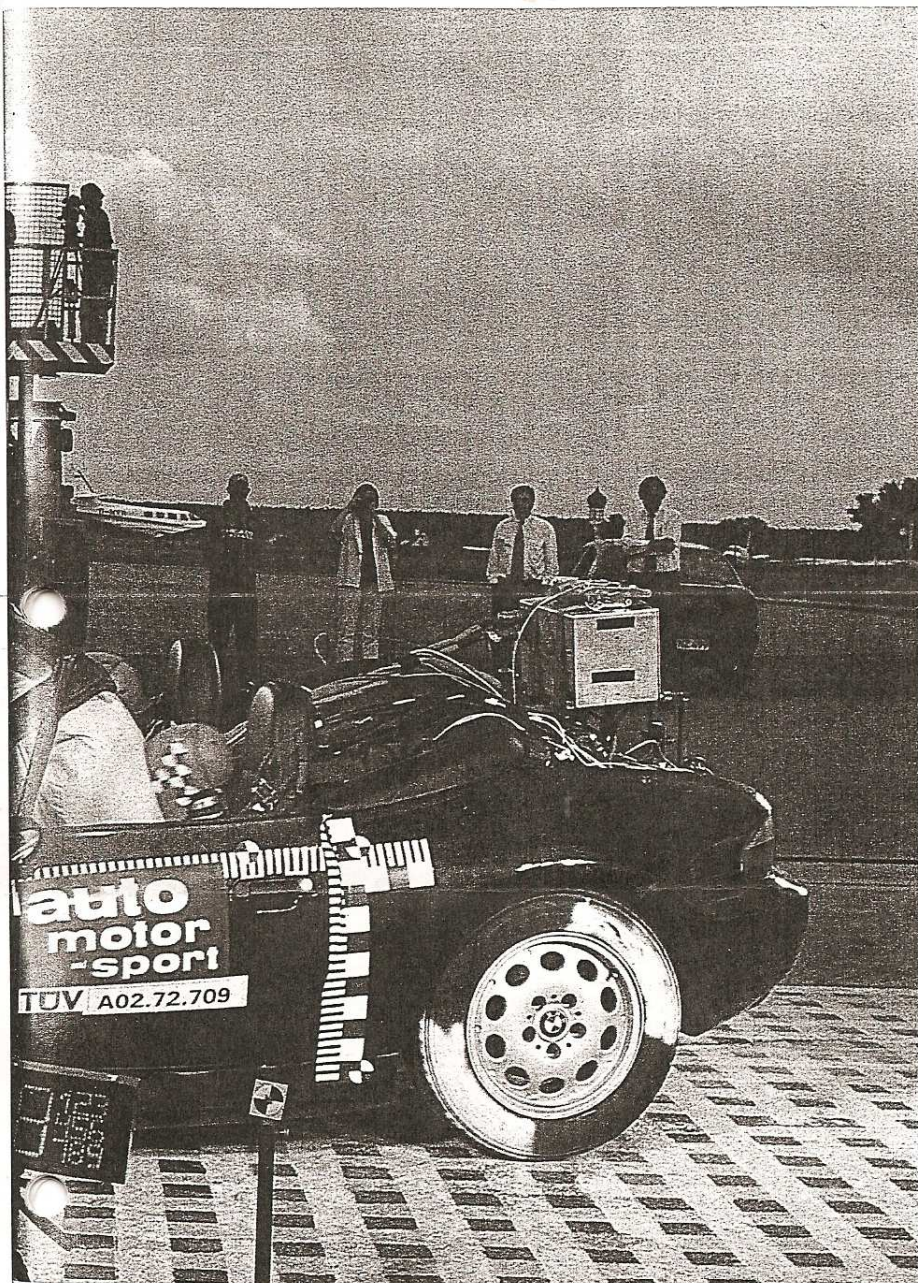
Bei den bewerteten Dummy-Belastungen bleibt der Z3 vor allem im Kopfbereich weit unter den Grenzwerten. Die starke Kopffrotation (Fahrer 85 Grad, Beifahrer 90 Grad), die knapp unter dem Grenzwert liegende Brustbelastung und die hohen Gurtkräfte beeinträchtigen das insgesamt niedrige Verletzungsrisiko.



Der BMW Z3 hat infolge seiner starken dynamischen Durchbiegung Bodenkontakt



Die A-Säule gibt nach, den Fensterrahmen verzieht es nach links, die Tür stützt sich nach hinten ab



Insgesamt erfährt die Struktur des Z3 erhebliche Deformationen

Crash-Ergebnis

- Verletzungsrisiko: niedrig
- Deformation: erheblich
- Türöffnung: leicht

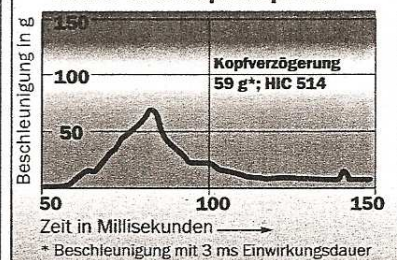


BMW Z3

- Zwei Front-Airbags (62/130 Liter)
- Gurtschloßstraffer
- Überrollbügel gegen Aufpreis

Airbags und Gurte mit Straffern schützen den Kopf der Insassen gut. Allerdings führt die Kopfrotation zu einer hohen Belastung der Halswirbelsäule. Die Brust des Fahrerdummy schlägt durch den Airbag auf den Lenkradkranz. Hohe Gurtkräfte können zu Rippenbrüchen führen. Der Überlebensraum bleibt ohne kritische Intrusionen erhalten. Die dynamische Deformation und das Abknicken der A-Säule deuten auf die Grenzen der Strukturbelastbarkeit.

Härte des Kopfaufpralls



Verletzungsrisiko

- niedrig
- mittel
- hoch



Innen- und Außenhaut der Tür lösen sich infolge der Deformation

Die nach unten abknickende A-Säule trifft mit ihrer oberen Spitze den Dummy-Kopf im Scheitel



Porsche Boxster

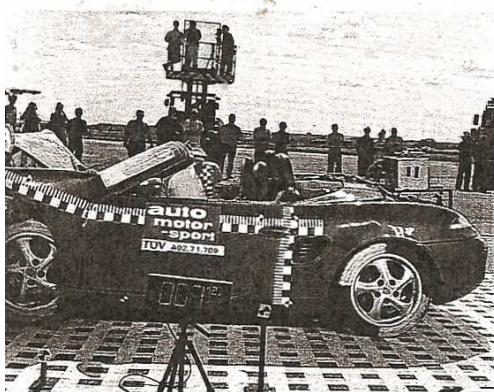
Niedrigstes Verletzungsrisiko, optimale Struktur

Der Porsche Boxster ist insofern ein Sonderfall, als der Motor hinter den Sitzen liegt. Dadurch bleibt vorne mehr Deformationsweg, der bei intelligenter Anordnung der Verformungselemente zu einem moderaten Verzögerungsverlauf führt. Porsche hat diesen Vorteil voll ausgenutzt. Die Kraft wird auf mehreren sogenannten Lastpfaden über Längsträger in die Karosserie eingeleitet und möglichst gleichmäßig verteilt.

Der sehr lange Deformationsweg (88 Zentimeter) auf der linken Vorbauhälfte sorgt für ein äußerst mäßiges Verzögerungsniveau sowohl der Karosserie wie der beiden Hybrid III-Dummies. Der durch einen Rahmen geschützte, hinter der Vorderachse platzierte Tank wird nicht gefährdet. Beidseitige Deformationen im Bereich hinter den Türen lassen den Masseneinfluß des Mittelmotors erkennen.

Trotz leicht abknickender A-Säule bleibt der Überlebensraum fast vollständig erhalten, die Türen lassen sich leicht öffnen. Auch im Fußraum gibt es keine kritischen Intrusionen. Obwohl Porsche auf Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer verzichtet, liegen sämtliche Verzögerungswerte der Dummies weit unter den Grenzwerten. Beide Dummies haben Kniekontakt mit dem speziell gepolsterten Armaturenbrett, so daß auch die dadurch induzierten Oberschenkelkräfte sehr gering sind.

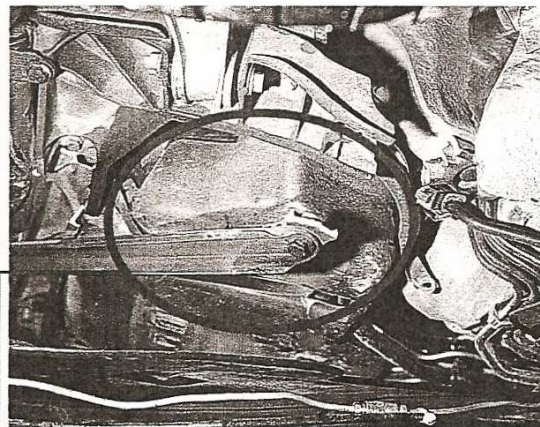
Der aus den High Speed-Filmen erkennbare Bewegungsablauf der Dummies läßt keine verletzungsträchtigen Kopfbewegungen erkennen. Das Gesamtverletzungsrisiko ist als äußerst niedrig einzustufen.



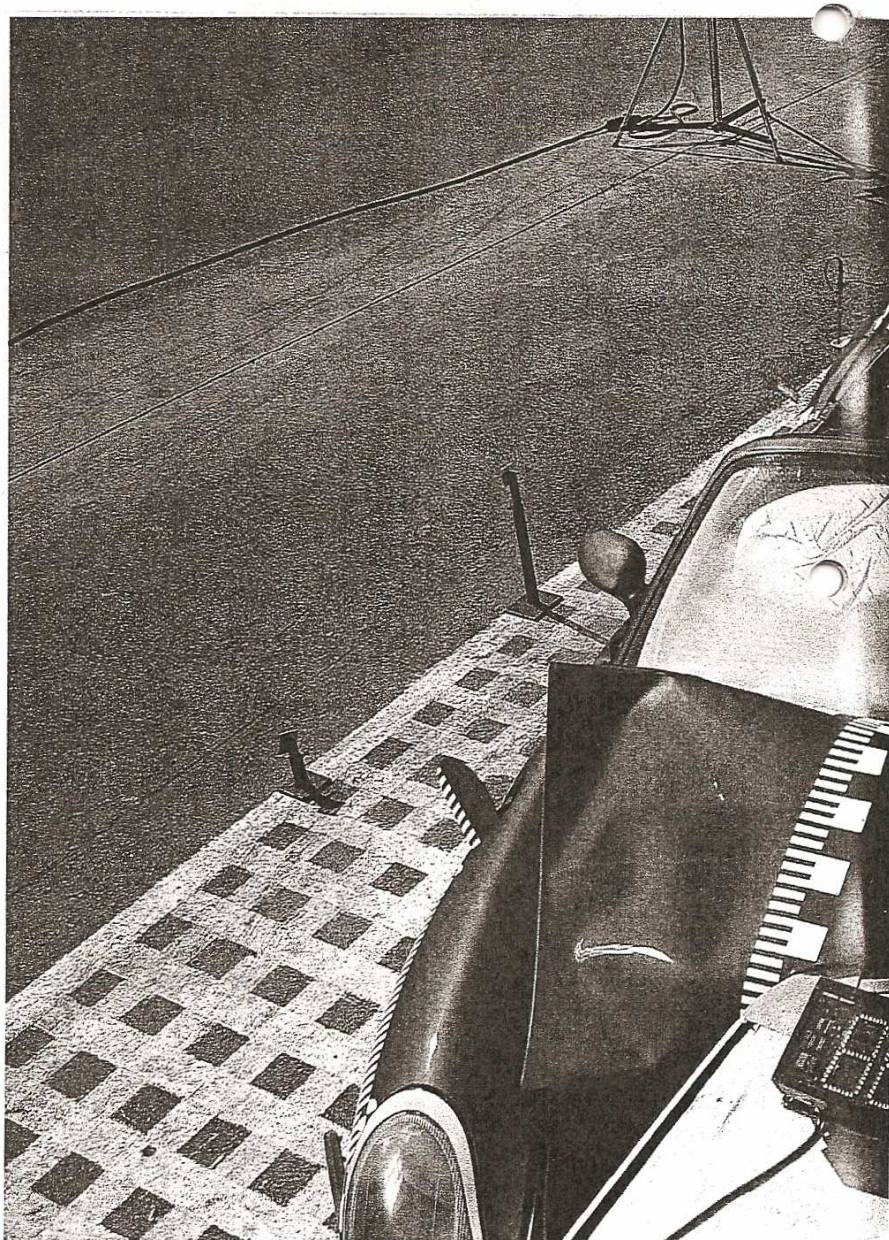
Der Bewegungsablauf der Dummies während des Crashes ist vorbildlich



Verformter Kotflügel hinten als Folge des Motors



Der Kunststofftank des Boxster liegt geschützt hinter der Vorderachse. Trotz gebrochener Rahmenstrebe bleibt der Kraftstoffbehälter unversehrt

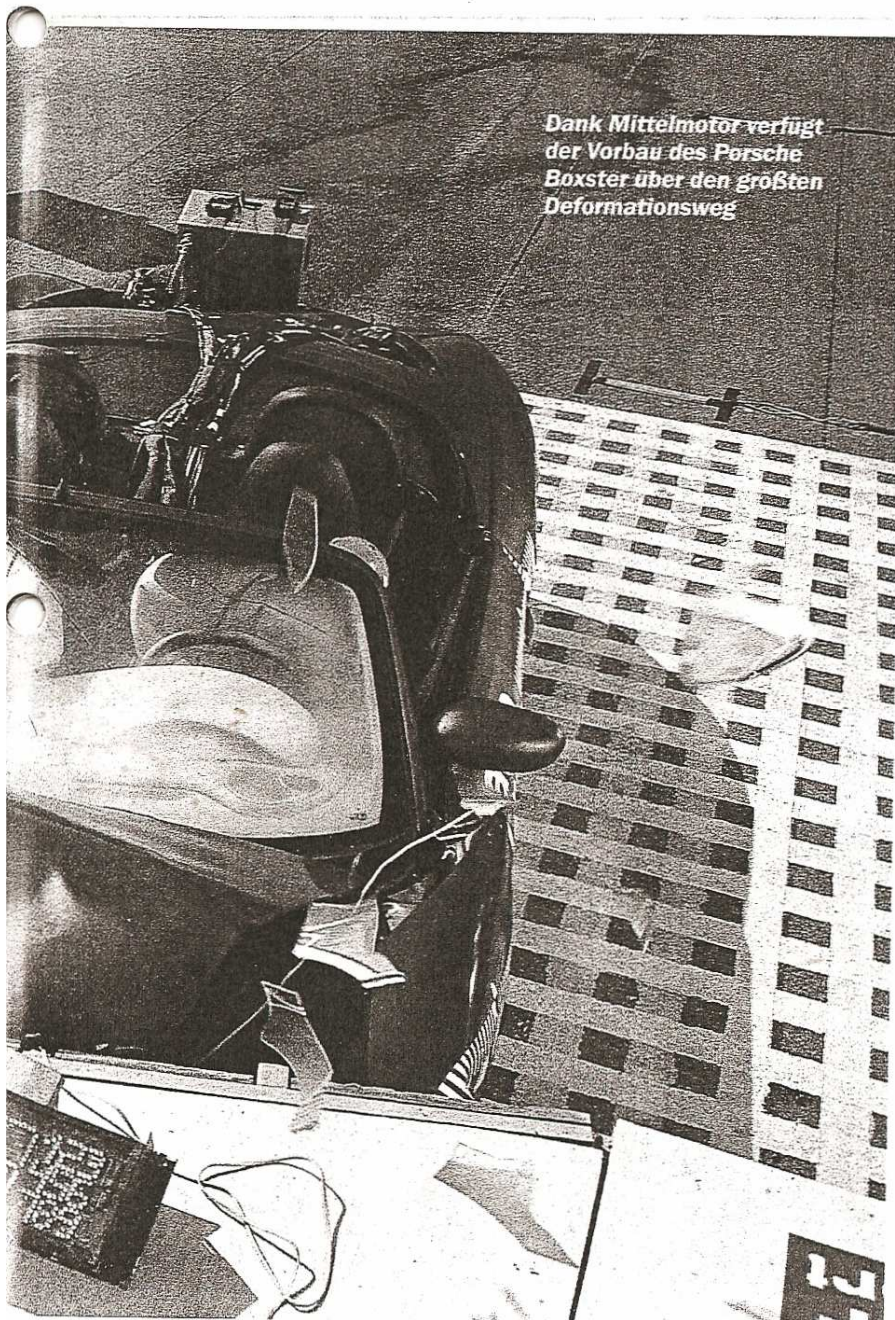




Die A-Säule stützt sich gegen die Tür ab und bewegt sich mäßig nach unten. Trotz sichtbarer Deformationen läßt sich die Tür leicht öffnen



Der Innenraum zeigt keine gefährlichen Intrusionen



Dank Mittelmotor verfügt der Vorbau des Porsche Boxster über den größten Deformationsweg

Crash-Ergebnis

- Verletzungsrisiko: niedrig
- Deformation: gering
- Türöffnung: leicht

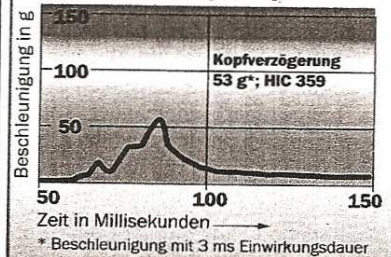


Porsche Boxster

- Zwei Front-Airbags (65/140 Liter)
- Seiten-Airbags (30 Liter) gegen Aufpreis
- Überrollbügel hinter den Sitzen

Sehr niedrige Verzögerungsbelastung des Kopfes. Keine kritischen Kopfbewegungen, keine Gefährdung des Halswirbelbereiches. Brust und Oberkörper gering belastet, mäßige Gurtkräfte. Äußerst niedrige Beckenbelastung. Trotz Kniekontakts niedrige Oberschenkelkräfte. Vorbildliche Deformation der Karosseriestruktur. Dynamisches Abknicken der A-Säule. Der Überlebensraum bleibt fast vollständig erhalten, mäßige Fußraum-Intrusionen. Türen öffnen leicht.

Härte des Kopfaufpralls

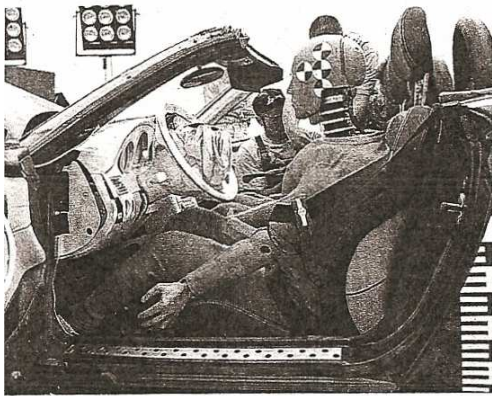


Verletzungsrisiko

- niedrig
- mittel
- hoch



Ein Polster unter dem Armaturenbrett schützt die Dummy-Knie



Die A-Säule knickt nur minimal ein, der Überlebensraum bleibt erhalten

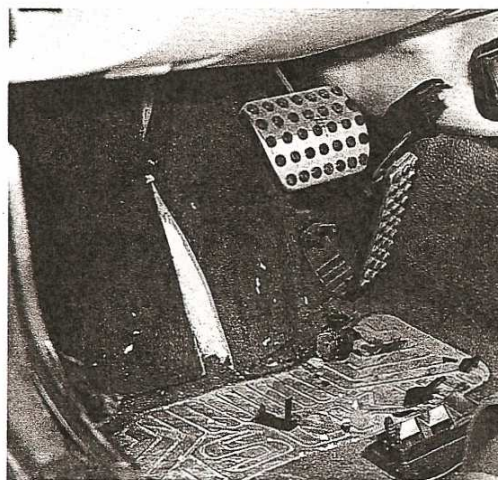
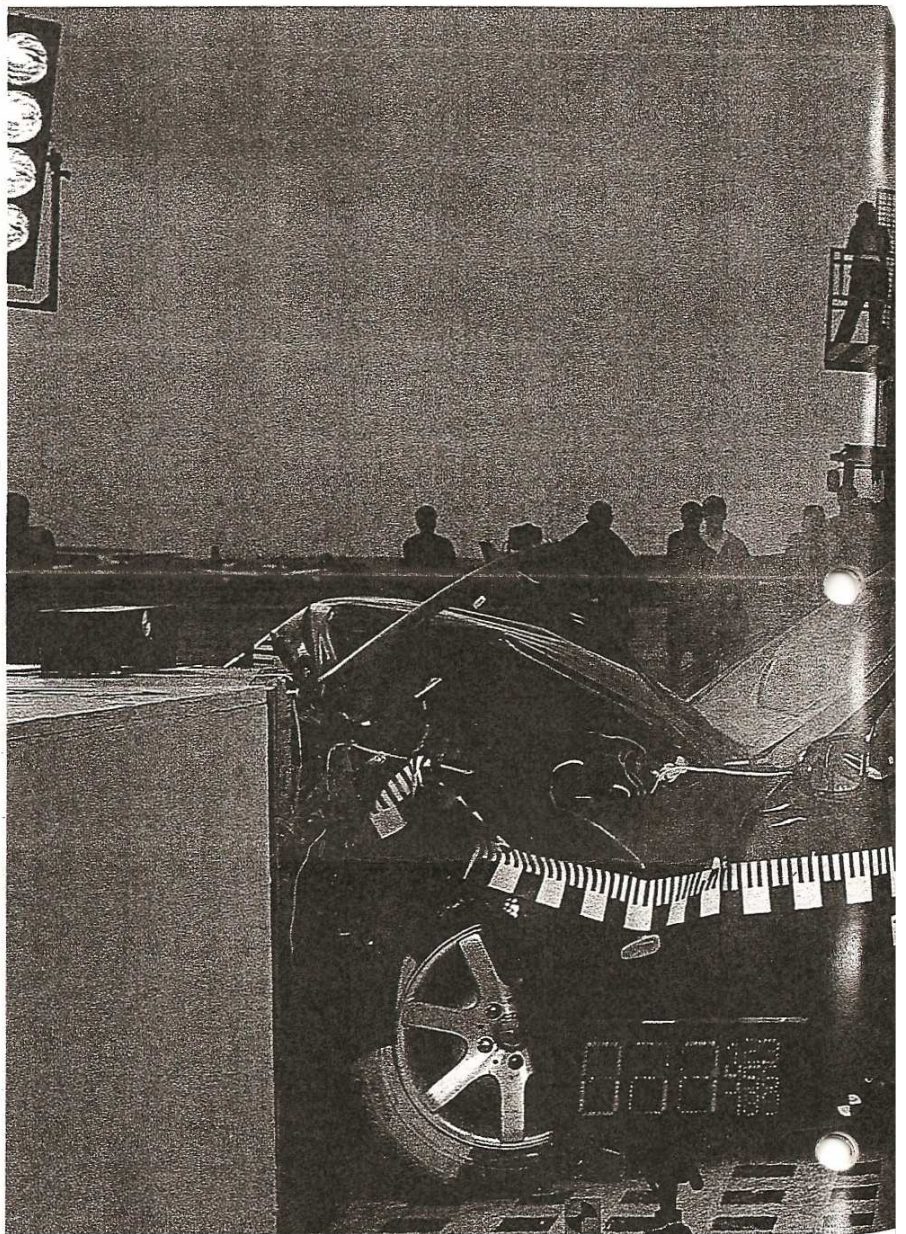
Mercedes SLK

Hohe Beckenbelastung, aber steife Struktur

Ob Kleinwagen oder Luxusliner, Mercedes-Benz strebt in allen Fahrzeugkategorien eine optimale Insassensicherheit an. So besitzt der kleine SLK sämtliche Zutaten modernster Sicherheitstechnik, vom Seiten-Airbag bis zur Kindersitzerkennung auf der Beifahrerseite. Zur Kraftverteilung beim frontalen Offset-Aufprall dient ein Querverbund aus hochfestem Stahl, der die beiden Längsträger miteinander koppelt. Diese stützen sich an der gewölbten Stirnwand ab, welche die Kräfte in die dahinterliegende Trägerstruktur weiterleitet.

Beim harten Offset-Crash gegen die Beton-Barriere funktioniert das System sehr gut. Der Vorbau verzieht sich insgesamt stark nach links. Deformationen werden weitgehend von der Fahrgastzelle ferngehalten. Türschweller, A-Säule und Tür werden nur minimal verformt. Der Überlebensraum bleibt fast vollständig erhalten. Die horizontale Verschiebung des Bremspedals wäre im Prinzip unkritisch, wenn es frei beweglich bliebe. Das ist aber nicht der Fall, das Pedal bricht.

Die sehr steife Struktur des SLK (69 Zentimeter Deformationsweg) bietet auch bei schwereren Unfällen noch Reserven. Dennoch bleiben die Dummy-Belastungen im Kopf- und Brustbereich deutlich unter den Grenzwerten. Allerdings haben beide Dummies Kniekontakt mit Kraftspitzen im Oberschenkel. Die Beckenbeschleunigung übersteigt auf beiden Seiten den Grenzwert von 60 g geringfügig. Die starke Kopfrota-tion (100 Grad) auf der Fahrerseite liegt noch über den Werten im BMW.

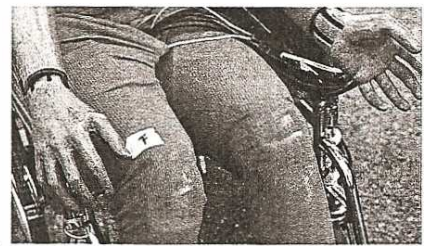
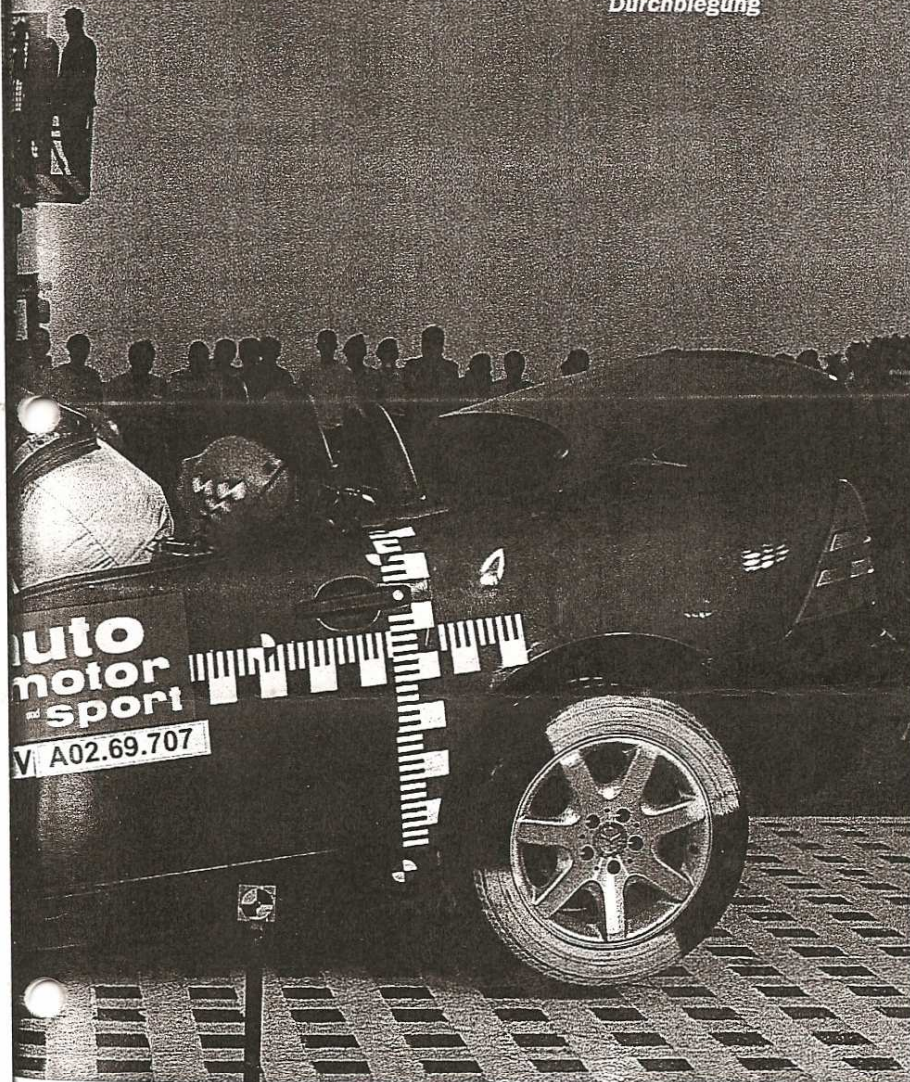


Das Bremspedal des SLK wandert nach innen



Die untere Kunststoffsitzschale bricht an mehreren Stellen, der Rahmen wird leicht verformt

Der Mercedes SLK hat eine steife Struktur und zeigt nur eine geringe dynamische Durchbiegung



Kontakt des rechten Fahrerknies mit der Unterseite des Armaturenbretts

Crash-Ergebnis

- Verletzungsrisiko: niedrig
- Deformation: gering
- Türöffnung: leicht

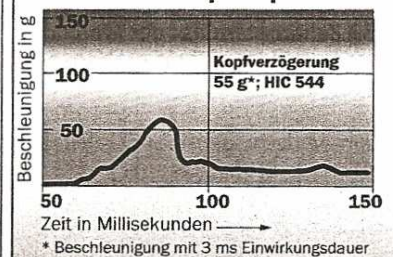


Mercedes SLK

- Zwei Front-Airbags (64/135 Liter)
- Zwei Seiten-Airbags (16 Liter)
- Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer
- Überrollbügel hinter den Sitzen

Kopf- und Brustbelastung liegen deutlich unter den verletzungssträchtigen Grenzwerten. Niedrige Gurtkräfte beweisen die Wirksamkeit der Gurtkraftbegrenzer, was zu einer stärkeren Vorverlagerung der Dummies und zum Kniekontakt führt. Die Beckenverzögerung übersteigt den Grenzwert geringfügig. Die Sitzschale bricht. Fußraum und Überlebensraum der Fahrgastzelle bleiben weitgehend erhalten. Leichte Türöffnung.

Härte des Kopfaufpralls

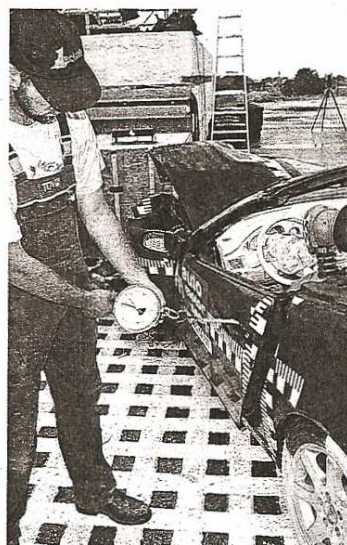


Verletzungsrisiko

- niedrig
- mittel
- hoch



Der Kopf des Fahrerdummy macht im SLK eine starke Rotationsbewegung



Die nur wenig verformte Tür läßt sich nach dem Crash ohne Schwierigkeiten öffnen

Gesamtwertung

Porsche Boxster am sichersten im Offset-Crash

Wichtigstes Ergebnis dieses Crash-Vergleiches ist: Auch offene Sportwagen bieten ein hohes Maß an passiver Sicherheit, das hinter dem geschlossener Autos nicht zurückstehen muß. Ein gutes Beispiel dafür ist der Porsche Boxster, der es in allen Dummy-Kriterien mit den besten großen Limousinen aufnehmen kann. Dazu kommen vor-

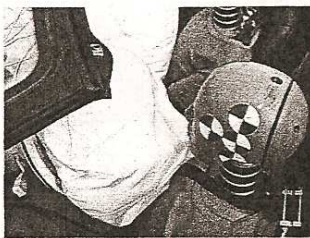


Mit 69 Zentimetern hat der Mercedes SLK den geringsten Deformationsweg

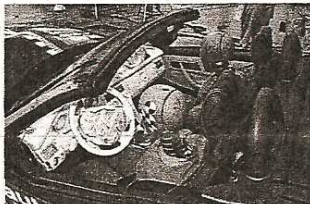
bildliche Dummy-Bewegungsabläufe, die keinerlei Verletzungsrisiko für den Halswirbelbereich erkennen lassen.

Dem Mittelmotor-Porsche kommt natürlich sein großer Deformationsweg im Vorbau zugute, der einen sehr moderaten Verzögerungsverlauf ermöglicht. Leichte Stauchungen des Schwellers sowie eine geringfügige Durchbiegung beeinträchtigen nicht den Überlebensraum. Auch die nur mäßigen Fußraumintrusionen stellen kein Verletzungsrisiko dar.

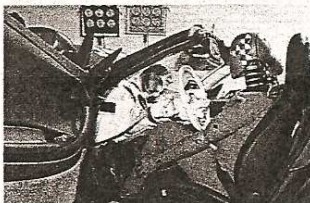
Der BMW Z3 schneidet, was die gewerteten Dummy-Belastungen angeht, besser ab als der SLK, der im Beckenbereich die Grenzwerte überschreitet. Doch muß man das Ergebnis relativieren. Von den drei



Im BMW Z3 trifft der Fahrer-Dummy mit dem Scheitel die Spitze der nachgebenden A-Säule. Dennoch liegen die Beschleunigungsbelastungen weit unter den Grenzwerten



Für Kopf und Oberkörper bleiben die Dummy-Belastungen im SLK deutlich unter den Grenzwerten. Die Beckenbeschleunigung liegt für Fahrer und Beifahrer im mittleren Bereich



Im Porsche Boxster sind die Dummies sehr niedrigen Beschleunigungsbelastungen ausgesetzt. Auch die Oberschenkelkräfte sind dank Kniepolster äußerst niedrig

Dummy-Werte im Vergleich

	BMW Z3	Mercedes SLK	Porsche Boxster
HIC Fahrer ¹⁾	514	544	359
HIC Beifahrer	526	371	436
Kopfverzögerung Fahrer (g) ²⁾	50	55	53
Kopfverzögerung Beifahrer (g)	56	48	52
Kopf-Nickwinkel Fahrer (Grad)	0	0	10
Kopf-Nickwinkel Beifahrer (Grad)	10	40	35
Brustverzögerung Fahrer (g)	59	54	35
Brustverzögerung Beifahrer (g)	48	47	34
Beckenverzögerung Fahrer (g)	52	65	34
Beckenverzögerung Beifahrer (g)	50	62	33
Oberschenkelkraft Fahrer li./re. (N) ³⁾	1300/1400	5100/1700	500/1000
Oberschenkelkraft Beifahrer li./re. (N)	1300/900	800/4400	400/1100
Gurtkraft Fahrer (N)	8300	3300	4000
Gurtkraft Beifahrer (N)	7100	3700	5000
Airbag-Volumen Fahrer/Beifahrer (L)	52/130	64/135	65/140
Auslösezeit nach Aufprall li./re. (ms) ⁴⁾	23/26	17/20	22/25

¹⁾ HIC = Head Injury Criterion,

²⁾ 1 g = 9,81 m/s²;

³⁾ N = Newton;

⁴⁾ ms = Millisekunden

○ = hohe Gurtkräfte

Grenzwert-Tabelle

		Verletzungsrisiko
Kopfverzögerung	bis 90 g	niedrig
	91 bis 110 g	mittel
	über 110 g	hoch
HIC	bis 1250	niedrig
	1251 bis 1500	mittel
	über 1500	hoch
Brustverzögerung	bis 60 g	niedrig
	61 bis 70 g	mittel
	über 70 g	hoch
Beckenverzögerung	bis 60 g	niedrig
	61 bis 75 g	mittel
	über 75 g	hoch
max. Oberschenkelkräfte	bis 6000 N	niedrig
	6001 bis 10 000 N	mittel
	über 10 000 N	hoch

gecrashten Sportwagen hat der BMW die weichste Struktur und die stärksten Deformationen. Wenn auch die Fahrgastzelle diesen Crash relativ gut überstanden hat, zeigen doch der stark deformierte Frontscheibenrahmen und die Bodendurchbiegung die Grenzen der Belastbarkeit auf. Auch die stark beschädigte Tür ließ sich zwar mit einem Ruck öffnen, lieferte aber deutliche Hinweise auf ihre Klemmneigung. Schließlich besteht aufgrund der hohen Gurtkräfte und der starken Kopf-Gierbewegung noch ein potentiell Verletzungsrisiko für den Brustkorb und die Halswirbelsäule.

Auch im SLK wird der Fahrerkopf stark verdreht. Doch besitzt die steife Karosseriestruktur noch Reserven. Fensterrahmen,

Tür und Schweller zeigen die geringste Verformung. Die bei den Dummies gemessene erhöhte Beckenbelastung mag eine Folge dieser Steifigkeit sein, kann aber auch mit der Sitzunterkonstruktion zusammenhängen, die auf der Fahrerseite mehrfach brach. In der Gesamtbeurteilung liegt dennoch der Mercedes vor dem BMW. Seine Struktur und die umfassende Sicherheitsausstattung, die auch andere Unfallsituationen berücksichtigt, rechtfertigen diese Wertung.

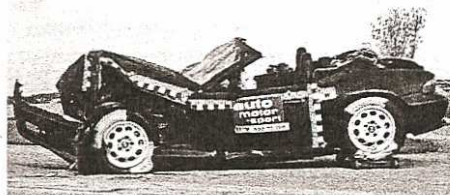
Gert Hack

Fahrzeug-Werte im Vergleich

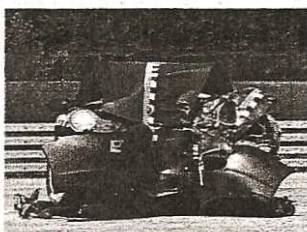
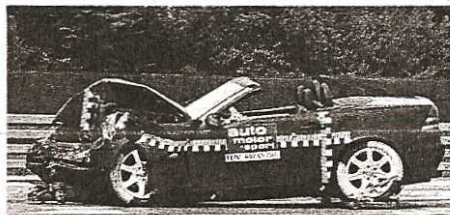
	BMW Z3	Mercedes SLK	Porsche Boxster
Crashgewicht (kg)	1450	1530	1610
Aufprallgeschwindigkeit (km/h)	55,0	54,8	55,4
Deformationsweg gesamt (cm)	75	69	88
Lenkradverschiebung horizontal/vertikal (cm)	-11/-7	-1/-6	-10/-1
Armaturenbrettverschiebung horizontal (cm)	-11	-11	-5
Armaturenbrettverschiebung vertikal (cm)	-4	-1	-3
Pedalverschiebung horizontal (cm)	-7	-14	-16
Pedalverschiebung vertikal (cm)	-6	-6	-4
Verkürzung der Fahrgastzelle links (cm)	-12	-11	-13
Abstand A/B-Säule links (cm)	-8	-6	-6
Radstandsveränderung links (cm)	-24	-35	-17
Radstandsveränderung rechts (cm)	+6	+8	+13
Schloßöffnungskraft links vorher/nachher (N)	40/30	50/60	50/70
Schloßöffnungskraft rechts vorher/nachher (N)	30/70	60/90	30/60
Türöffnungskraft links (N)	420	200	260



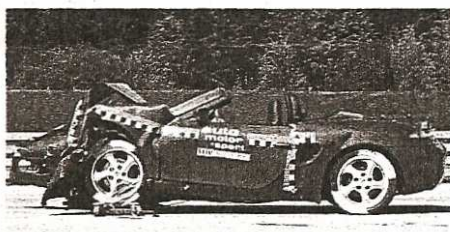
Der BMW Z3 wird durch den Crash am stärksten deformiert. Auffällig sind die bleibende Durchbiegung der Karosserie und die stark nach hinten und unten gebogene linke A-Säule. Dennoch bleibt der Überlebensraum weitgehend erhalten, die Tür läßt sich öffnen



Der Mercedes SLK besitzt die steifste Karosseriestruktur. Tür und Schweller zeigen kaum Deformationen. Die A-Säule neigt sich nur wenig nach unten. Der Überlebensraum bleibt fast vollständig erhalten, die Türen lassen sich ohne Schwierigkeiten öffnen

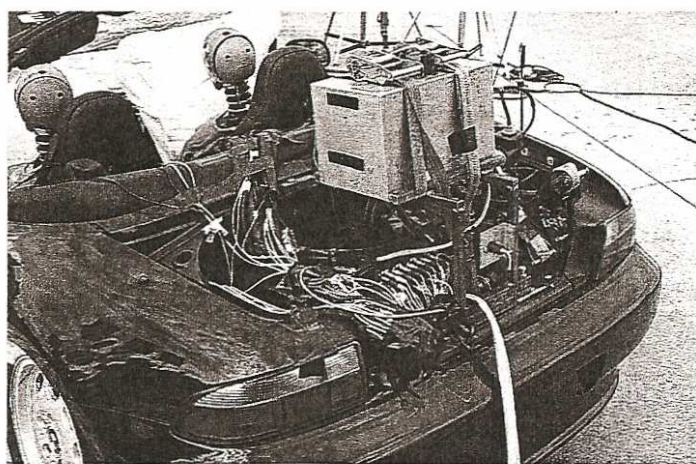


Der Porsche Boxster verfügt dank seinem Mittelmotor über den längsten Deformationsweg im Vorbau. Seine Karosserie biegt sich bleibend leicht nach unten, die A-Säule neigt sich etwas. Der Überlebensraum wird kaum beeinträchtigt, die Tür läßt sich leicht öffnen



Große Kofferräume sind nicht gerade die Stärke offener Roadster. Der Raum-mangel stellte daher die Crash-Mannschaft des TÜV Bayern vor ungewohnte Stau-probleme für die beim Crash mitfahrenden Datenspeicher und die Steuerelektronik. Speziell der voluminöse Blechkasten, dem die Fernsteuerung und Geschwindigkeitsregelung des mit eigener Kraft zum Betonblock fahrenden Crash-Kandidaten obliegt, erwies sich als sperrig. Er wurde kurzer-

hand auf einen soliden Rahmen über das Heck geschlallt. Doch machte nicht nur Raum-mangel, sondern auch die geringe Zuladung Probleme. Mit den beiden Hybrid III-Dummies und dem 75 Kilogramm schweren Meßequipment lagen der Mercedes und der Porsche exakt bei ihrem zulässigen Gesamtgewicht. Der BMW Z3 verfehlte das der Automatikversion nur um zehn Kilogramm. Auch unter diesem Gesichtspunkt sind die Ergebnisse beachtlich.



Obenliegende Elektronikbox für die Fernsteuerung