

Sonderdruck

Lebensretter Stahlschutzplanken – Sicherheit durch Flexibilität und Energieverzehr



Stahl-Informations-Zentrum

Das Stahl-Informations-Zentrum ist eine Gemeinschaftsorganisation Stahl erzeugender und verarbeitender Unternehmen. Markt- und anwendungsorientiert werden firmenneutrale Informationen über Verarbeitung und Einsatz des Werkstoffs Stahl bereitgestellt.

Verschiedene **Schriftenreihen** bieten ein breites Spektrum praxisnaher Hinweise für Konstrukteure, Entwickler, Planer und Verarbeiter von Stahl. Sie finden auch Anwendung in Ausbildung und Lehre.

Vortragsveranstaltungen schaffen ein Forum für Erfahrungsberichte aus der Praxis.

Messen und Ausstellungen dienen der Präsentation neuer Werkstoffentwicklungen und innovativer, zukunftsweisender Stahlanwendungen.

Als **individueller Service** werden auch Kontakte zu Instituten, Fachverbänden sowie Spezialisten aus Forschung und Industrie vermittelt.

Die **Pressearbeit** richtet sich an Fach-, Tages- und Wirtschaftsmedien und informiert kontinuierlich über neue Werkstoffentwicklungen und -anwendungen.

Das Stahl-Informations-Zentrum zeichnet besonders innovative Anwendungen mit dem **Stahl-Innovationspreis** (www.stahl-innovationspreis.de) aus. Er ist einer der bedeutendsten Wettbewerbe seiner Art und wird alle drei Jahre ausgelobt.

Mitglieder des

Stahl-Informations-Zentrums:

- AG der Dillinger Hüttenwerke
- ArcelorMittal Bremen GmbH
- ArcelorMittal Commercial RPS S.à.r.l.
- ArcelorMittal Duisburg GmbH
- ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH
- Benteler Steel Tube GmbH
- Gebr. Meiser GmbH
- Georgsmarienhütte GmbH
- Rasselstein GmbH
- Remscheider Walz- und Hammerwerke Böllinghaus GmbH & Co. KG
- Saarstahl AG
- Salzgitter AG
- ThyssenKrupp Electrical Steel GmbH
- ThyssenKrupp GfT Bautechnik GmbH
- ThyssenKrupp Steel Europe AG
- ThyssenKrupp VDM GmbH
- Wicked Westfalenstahl GmbH

Die **Internet-Präsentation** (www.stahl-info.de) informiert über aktuelle Themen und Veranstaltungen und bietet einen Überblick über die Veröffentlichungen des Stahl-Informations-Zentrums. Publikationen können hier bestellt oder als PDF-Datei heruntergeladen werden. Anmeldungen zu Veranstaltungen sind ebenfalls online möglich.

Der **Newsletter** informiert Abonnenten per E-Mail über Neuerscheinungen, Veranstaltungen und Wissenswertes.

Inhalt

	Seite
Einleitung	3
Geschichtliches	3
Crashtests und Simulationen	3
Anprallarten und Testbedingungen	4
Die Belastung der Insassen	9
Crashpartner Schutzeinrichtung	9
Energieverzehr	12
Ein Blick in die Zukunft	16
Literaturverzeichnis	17
Bildnachweis	17

Impressum

Sonderdruck 565

„Lebensretter Stahlschutzplanken – Sicherheit durch Flexibilität und Energieverzehr“

Ausgabe 2011, ISSN 0175-2006

Herausgeber: Stahl-Informations-Zentrum
Postfach 10 48 42, 40039 Düsseldorf

Autor:

Professor Dr.-Ing. Henning Wallentowitz,
Braunschweig
Ehemaliger Leiter des Instituts für Kraftfahrwesen (ika) der RWTH Aachen.

Redaktion: Stahl-Informations-Zentrum

Ein Nachdruck dieser Veröffentlichung ist – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei Quellenangabe gestattet. Die zugrunde liegenden Informationen wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und redaktionell bearbeitet. Eine Haftung ist jedoch ausgeschlossen.

Titelfoto: Schutzplankensystem Super-Rail

Einleitung

Fahrzeuge und Straßen wirken üblicherweise sehr positiv zusammen, indem sie uns eine störungsfreie Mobilität ermöglichen. Problematisch wird es bei ungenügenden Reibwerten zwischen Reifen und Fahrbahn. Die Überschreitung der verfügbaren Haftkräfte zwischen Reifen und Fahrbahn hängt häufig jedoch von den Fahrern ab, die z. B. zu schnell in Kurven hineinfahren. Dann wird das Fahrzeug „aus der Kurve getragen“ und stößt eventuell an eine am Fahrbahnrand installierte Schutzeinrichtung. Das kann eine Stahlschutzplanke sein oder auch eine der immer häufiger installierten Betongleitwände. Diese Schutzeinrichtungen unterscheiden sich deutlich in ihrem Schutzverhalten, vor allem beanspruchen sie Fahrer und Fahrzeug auf sehr unterschiedliche Weise. Auf diese unterschiedliche „Crashphysik“ und die am Auto verfügbaren Lösungsmöglichkeiten geht dieser Beitrag ein. Dazu sei vor allem die „Welt der Autoentwickler“ erläutert.

Geschichtliches

Die Schutzplanke, sie wurde erstmals vor etwa 55 Jahren als Leitplanke zur Verdeutlichung des Fahrbahnverlaufs eingesetzt. Sie hat eine etwa ebenso lange Entwicklungszeit hinter sich wie die modernen Personewagen. In den 50er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde begonnen, die sogenannte passive Sicherheit der Personewagen zu entwickeln. Dazu sind Crashversuche eingeführt worden, d. h., die Autos wurden mit etwa 50 km/h „gegen die Wand gefahren“. **Abb. 1** zeigt einen Mercedes mit einer steifen mittragenden Karosserie, der mit einer Puppe am Steuer gegen den Crashblock gefahren wird. Die Bildfolge macht deutlich, dass Fahrer und Sitze nach vorn fliegen. Der Fahrer wurde damals bei derartigen Unfällen in vielen Fahrzeugen durch die Lenksäule

schwer verletzt. Solche Unfälle waren normalerweise tödlich, da die Bewegungsenergie des Fahrzeugs nicht in Verformungen der Karosserie umgesetzt wurde.

Verbesserungen schafften die Daimler-Karosserieentwickler, an ihrer Spitze der Erfinder Béla Barényi, als mit den sogenannten „Heckflossenfahrzeugen“ selbsttragende Karosserien entwickelt wurden, die eine stabile Fahrgastzelle, aber energieabsorbierende Vorder- und Hinterwagen gehabt haben.

Crashtests und Simulationen

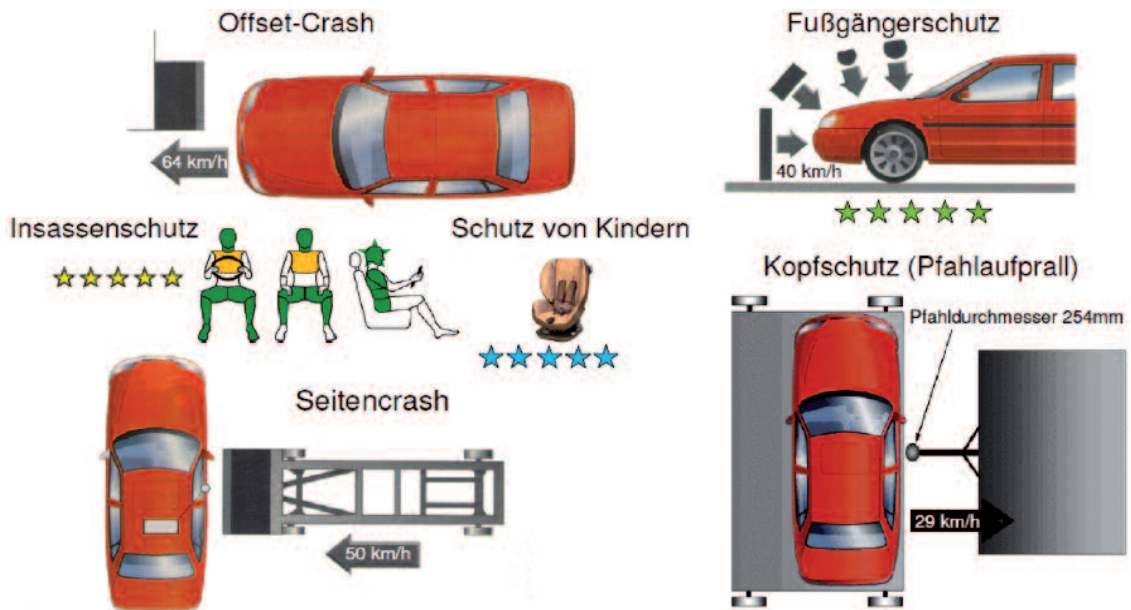
Dieser Entwicklungsschritt bei den Fahrzeugen scheint eine Parallele in der aktuellen Schutzplankendiskussion aufzuweisen. Auch hier stellt sich die Frage, wohin die kinetische Energie „verschwinden“ soll, wenn ein Fahrzeug gegen eine solche Schutzeinrichtung stößt. Nachfolgend wird dargestellt, wie die Automobilentwickler diese Aufgabe für ihren Teil des Systems Fahrzeug/Fahrbahn erledigen. Die Entwickler können sich dabei an den Anforderungen eines europäischen Entwicklungs- und Bewertungsprogramms orientieren, dem sogenannten Euro NCAP (New Car Assessment Programme). **Abb. 2** fasst die dabei durchgeführten Tests zusammen.

Diese Testprozeduren wurden von privaten Verbraucherschutzorganisationen definiert und in ihren Auswirkungen auf die Insassen für alle auf dem Markt angebotenen Fahrzeuge untersucht. Die Anforderungen gehen weit über gesetzliche Vorschriften hinaus. Die Güte des Insassenschutzes wird durch die zu erwartende Verletzungsschwere verschiedener Körperteile der Insassen bewertet. Für eine Gesamtbewertung werden „Sterne“ vergeben. Ein perfektes Fahrzeug erreicht heute fünf Sterne. Diese Qualität haben inzwischen zahlreiche auf dem Markt befindliche Fahrzeuge.



Abb. 1: Mercedes-Fahrzeug der 50er-Jahre bei einem Crash gegen einen festen Block

Abb. 2:
Testprozeduren
nach Euro NCAP



Aus Abb. 2 kann auch entnommen werden, dass die Fahrzeuge einem Offset-Crash (40 % Überdeckung zwischen Fahrzeug und nachgiebigem Crashblock), einem Seitencrash mit einer fahrbaren Barriere sowie speziellen Tests zum Fußgängerschutz (Bein-, Hüft- und Kopfaufprall), einem Pfahlaufprall und Tests zum Kinderschutz unterzogen werden. Zukünftig werden auch elektronische Systeme wie z. B. ESC (electronic stability control) in die Beurteilung mit einbezogen. Erfüllt ein Fahrzeug diese Anforderungen nicht in vollem Umfang, d. h., erhält es z. B. nur zwei Sterne, dann reagieren die Käufer üblicherweise sehr sensibel und kaufen dieses Fahrzeug nicht, auch wenn es die gesetzlichen Anforderungen erfüllt.

Anprallarten und Testbedingungen

Aus den Testbedingungen des Euro NCAP lassen sich nun die technischen Anforderungen für ein modernes Fahrzeug ableiten. Mit Hilfe von Topologieoptimierungen, bei denen der Bauraum und die Lasten vorgegeben werden, kann z. B. die Materialverteilung eines Vorderwagens ermittelt werden. **Abb. 3** verdeutlicht diese Entwicklungsprozedur und die wesentlichen angewendeten Lastfälle. Diese Lastfälle bilden die Kurvenfahrten, das Durchfahren von Schlaglöchern oder auch den einseitigen Crash (längs oder schräg) ab. Zusätzlich wird die Karosserie gebogen und tordiert.

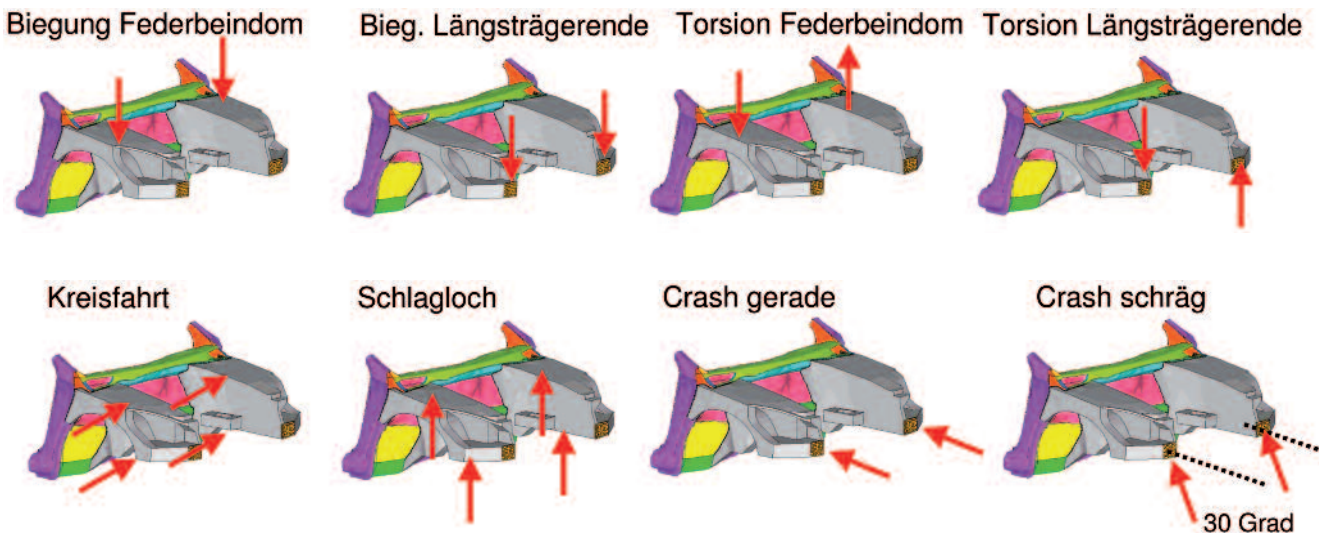


Abb. 3: Belastungen zur Auslegung des Vorbaus

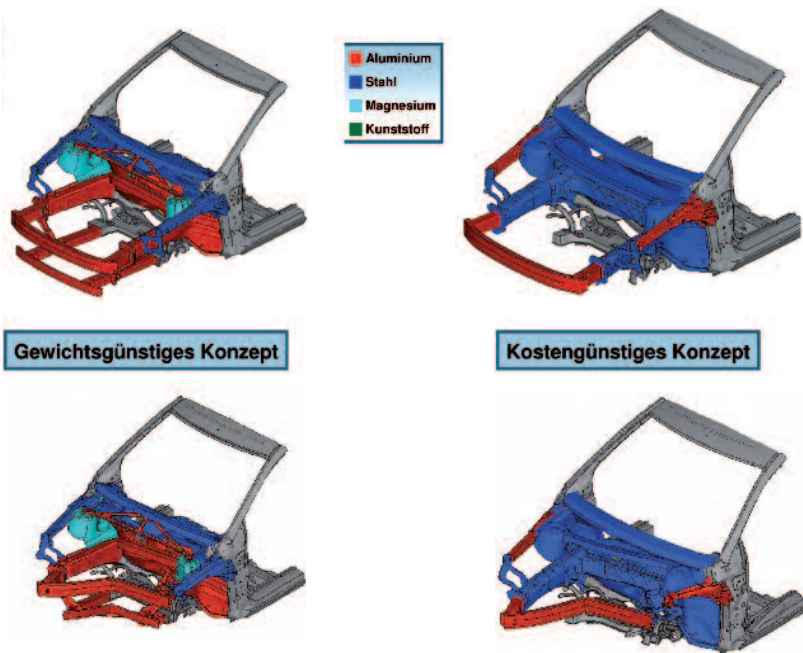
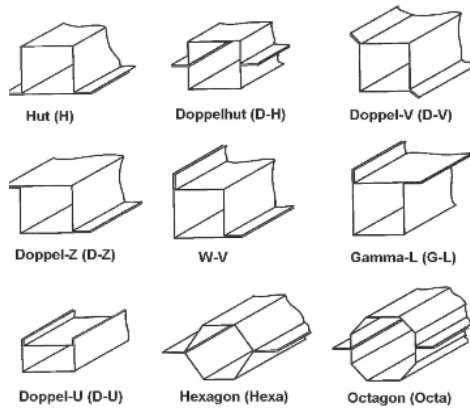
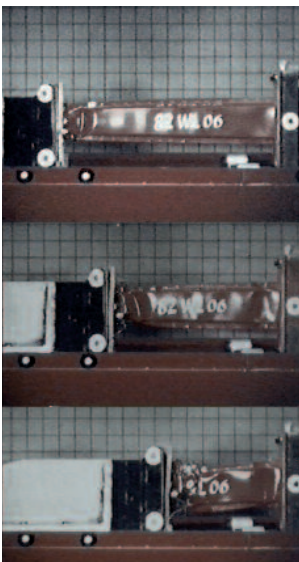


Abb. 4:
Vorbauvariante in Multi-
Material-Bauweise und ihr
Crashverhalten
Quelle: [4]

Vor dem Hintergrund der diese Beanspruchungen aushaltenden Materialverteilung erstellt der Konstrukteur dann den neuen Vorderwagen, z. B. in Multi-Material-Bauweise, mit Betonung auf Gewichts- oder Kostengünstigkeit. **Abb. 4** zeigt Ergebnisse, die im Rahmen einer Studie für das Land NRW entstanden sind. Die Autoentwickler folgen also noch immer den Vorstellungen von Béla Barényi, dass der Vorderwagen Crashenergie aufnehmen soll.

Wie gut diese Energieaufnahme z. B. beim Offset-Crash gelingt, verdeutlichen die ebenfalls in **Abb. 4** gezeigten Crashsimulationen. Die Anschlüsse des Vorderwagens an die Fahrgastzelle bleiben unverformt. Die gesamte Energie wird in der Struktur des Vorderwagens abgebaut. Das

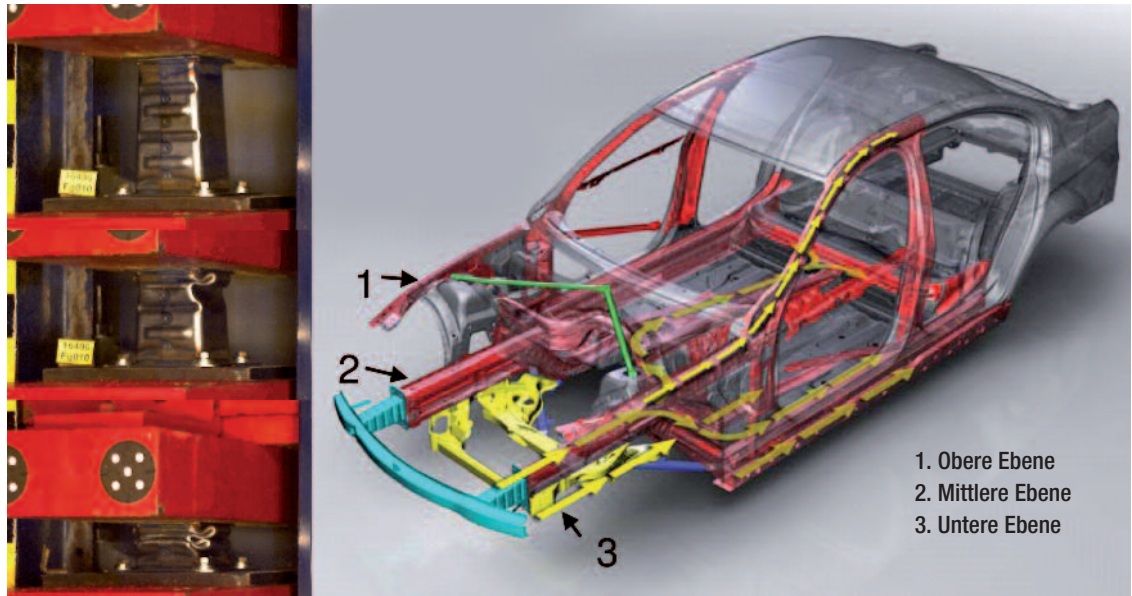
geschieht vor allem dadurch, dass die Längsträger der Fahrzeuge Energie aufnehmen. Diese sollen sich regelmäßig falten und keinesfalls einfach einknicken. Wie gut das funktioniert, zeigt **Abb. 5 a**, in der das Falten eines Längsträgers der Mercedes-A-Klasse wiedergegeben ist. Der Vorteil des A-Klasse-Längsträgers ist seine gerade Ausführung. Die Menge der aufgenommenen Energie hängt auch von der Querschnittsform der Längsträger ab. Je mehr Material an der Verformung teilnimmt, umso größer wird die umgesetzte Energie. **Abb. 5 b** verdeutlicht in einer Tabelle das Prinzip der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit solcher Längsträger. Während einfache viereckige Profile in ihrer Kraftaufnahme dicht beieinander liegen,



Geometrie	mittlere Kraft [kN]
Hut	44
D-U	42
D-V	42
D-Z	42
G-L	48
W-V	54
Hexa	65
Octa	73

Abb. 5:
Faltenbeulen
A-Klasse-Längs-
träger und Kraft-
aufnahmefähig-
keit verschiedener
Profile in
einem Prinzip-
vergleich

Abb. 6:
Lastebenen in
der Karosserie
beim Frontal-
crash



können mehrfach gekantete Profile deutlich höhere Kräfte aufnehmen (je mehr Ecken, umso besser die Kraftaufnahme). Die mittlere Kraft in der Tabelle in Abb. 5 b gibt den Mittelwert der Längskraft beim Faltenbeulen an. Das Doppel-Hutprofil nimmt etwa die gleiche Kraft auf wie die anderen viereckigen Strukturen. Es kommt dabei wesentlich auf die Verbindungstechniken der beiden Profile an (Punktschweißen, Rollnahtschweißen oder auch Kleben). Gegenüber einem einfachen, viereckigen Längsträger kann ein achteckiger Längsträger nahezu doppelt so viel an Kraft aufnehmen. Das bedeutet auch, dass bei einer Verformung von diesem Längsträger nahezu die doppelte Crashenergie aufgenommen wird. Moderne Personenwagen haben sogar auf jeder Seite zwei solcher achteckigen Längsträger übereinander. Sie bieten damit ein hohes Maß an Crashesicherheit, zumindest solange der Crash der Testprozedur entspricht.

Die Ergebnisse zu verschiedenen Längsträgerquerschnitten geben bereits Hinweise, die für moderne Stahlschutzplanken genutzt werden könnten. In dem heute gebräuchlichen System „Super-Rail“ sind Rohrabschnitte als Stoßabsorber eingesetzt. Diese Rohre knicken beim Aufprall einfach ein. Eine „Anleihe“ bei der Längsträgerkonstruktion bzw. der in **Abb. 6** gezeigten Crashbox könnte auch bei der Stahlschutzplanke weitere Verbesserungen erzeugen.

Insgesamt verteilen moderne Fahrzeuge die aufzunehmenden Längskräfte über drei Ebenen: Die unterste Ebene ist ein Fahrschemel, die mittlere Ebene ist der Längsträger und die oberste Ebene, die aus Gründen des Fußgängerschutzes nicht sehr steif sein kann, ist der Trä-

ger, an dem der Kotflügel befestigt wird. Die in der Mittelebene angeordneten Längsträger sind vorn mit einem Querträger verbunden, wobei zwischen Querträger und Längsträger eine spezielle „Crashbox“ angeordnet ist. Auch hier wird wieder versucht, bei einem Anprall möglichst viel Material zu verformen, damit die Energieabsorption möglichst groß ist. **Abb. 6** zeigt die verschiedenen Aufnahmeebenen für die Crash-Längskräfte und die Verformungen der Crashbox.

Die Crashbox ist durch Sicken bereits vorgeformt. Bei Längskraftwirkung beginnt ab einer vorbestimmten Kraftintensität das Falten dieser Box. Dabei wird möglichst viel Material umgeformt, um ein hohes Maß an Energieabsorption zu erreichen, bevor eine Verformung des Längsträgers einsetzt. Dieses Nacheinander der Verformung eines Autos (beim Frontalcrash) wirkt sich so aus, dass die Deformationskraft mit zunehmendem Deformationsweg ansteigt. Zusammenstöße mit Fußgängern werden durch Verformung von Schaum und Kunststoffen aufgenommen. Bei „Parkremplern“ bis 15 km/h sollten nur reversible Verformungen auftreten, die nach dem Anstoß wieder verschwinden (z. B. von Pralldämpfern aufgenommen); und erst bei höheren Energien sollten Strukturteile beginnen, sich zu falten. **Abb. 7** zeigt diese gestufte Vorderwagenkennung, die sich auch bei realen Crashversuchen einstellt. Innerhalb dieses Plateaus sollten möglichst geringe Kraftschwingungen auftreten, damit gleichmäßige Verzögerungen erreicht werden, so dass das Risiko innerer Verletzungen der Fahrzeuginsassen minimiert wird. Die blauen Flecken oder auch

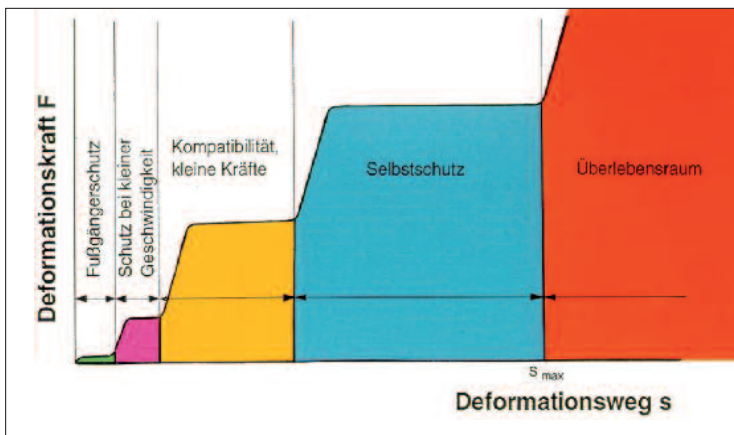


Abb. 7:
Vorderwagenkennung

die Verbrennungen auf der Haut bei heftigen Verformungen der Sicherheitsgurte können einen Eindruck von diesen Belastungen geben. Je nach Größe eines PKW sollte die freie Verformungslänge eines Längsträgers zwischen 30 und 70 cm liegen. Das ist der Deformationsweg bis zum „Überlebensraum“.

Zusammenfassend ist zum Längscrash festzustellen, dass die Fahrzeugstrukturen inzwischen so gut entwickelt sind, dass das Überleben eines Frontalcrashes bei einem Anstoß mit 64 km/h gegen eine flexible Barriere gut möglich ist. Natürlich sind dabei Airbags und angelegte Sicherheitsgurte eine Selbstverständlichkeit.

Weitere Anforderungen an eine Fahrzeugstruktur werden durch den Seitenaufprall und den Heckaufprall gestellt. Der Heckaufprall braucht im Zusammenhang mit Schutzplanken nicht näher betrachtet zu werden, da er selten auftritt und die Heckstruktur ebenfalls gut in der Lage ist, Energie aufzunehmen. Viel kritischer ist in diesem Zusammenhang der Seitenaufprall, hierbei vor allem der Pfahlaufprall. Diese Unfallart wird durch die Anbringung von

Schutzplanken, z. B. vor Bäumen oder Brückenpfosten, vermieden. **Abb. 8** zeigt ein Fahrzeug, kurz vor einem solchen Crash im Versuch. Der Insasse hat in einem derartigen Fall keine Überlebenschance.

Für diesen Unfalltyp gibt es zwar Verbesserungsvorschläge, beispielsweise aus der von der Stahlindustrie initiierten ULSAB-Studie (Ultra Light Steel Auto Body), allerdings werden diese Vorschläge in der Industrie erst nach und nach umgesetzt [ULSAB AVC]. In der genannten Studie gibt es eine feste, unverschiebbare Sitzkonstruktion zwischen den sogenannten B-Säulen und der Karosserie. Das Armaturenbrett, die Lenksäule und die Pedalerie werden verschiebbar ausgeführt. In **Abb. 9** ist eine solche Struktur ebenfalls gezeigt. Die intelligenten Stahlstrukturen sind in dieser Abb. gut zu erkennen. In einer von der Forschungsvereinigung Stahlanwendung unterstützten Studie ist eine andere Bodenstruktur entstanden [1], in der im Falle eines Seitenaufpralls durch eine weiträumige Verteilung der Deformationsenergie der Überlebensraum der Insassen vergrößert werden kann.



Abb. 8: Pfahlaufprall in Querrichtung mit 35 km/h

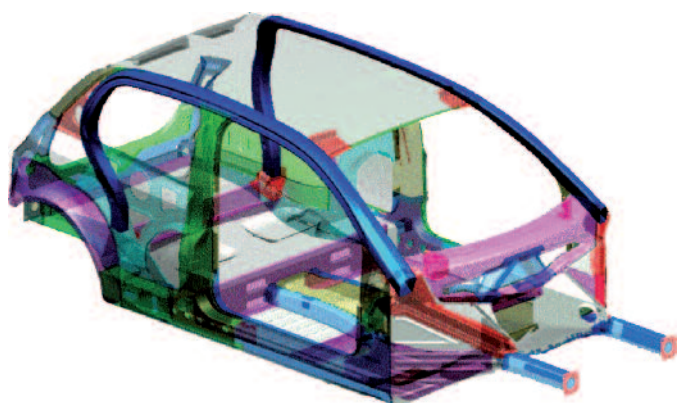


Abb. 9: In Längs- und Querrichtung steife Struktur des ULSAB AVC

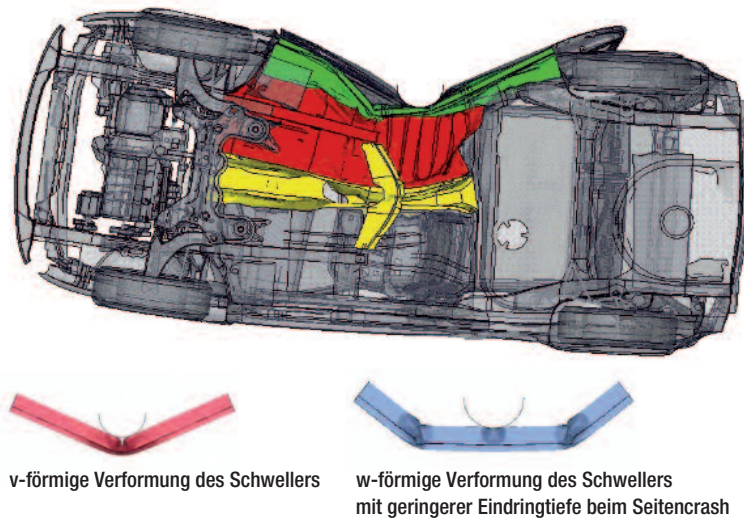


Abb. 10:
Verbesserte Bodenstruktur zur Aufnahme von seitlichen Crashkräften

Abb. 10 zeigt die maximale Deformation einer solchen Bodengruppe. Die Verbesserung wird vor allem dadurch erreicht, dass der Seitenschweller nicht mehr an einer Stelle einknickt, sondern sich w-förmig verformt. Bei Schutzplanken findet man heute noch ein ähnliches Verhalten wie bei der früheren Bodenstruktur. Sie knicken beim Anstoß im Wesentlichen ein. Nun könnte es sich anbieten, solche für die Fahrzeuge entwickelten Verbesserungen auch auf Schutzplanken zu übertragen. Würden diese in ihrer Qualität auf einen vergütbaren Stahl umgestellt, dann ließe sich durch Wärmebehandlung eine solche lokale Gefügeveränderung erreichen, die es ermöglicht, dass die Schutzplanke an definierten Stellen bei weniger starker Verformung mehr Energie aufnehmen kann. Die Energie würde besser auf einen längeren Abschnitt der Schutzplanke verteilt.

Bei der neuen Bodengruppe sind in den Seitenschwellern zusätzlich Crashelemente vorgesehen, die beim Seitenaufprall verformt werden. Die Funktion dieser Elemente entspricht der der oben diskutierten Crashboxen zwischen vorderem Querträger und den Längsträgern. Alle Überlegungen folgen immer der Frage: „Wo bleibt die Energie?“. Sie muss irgendwo aufgenommen, in Verformung umgewandelt werden, damit sie sich nicht auf die Insassen auswirken kann. Entsprechend wirkt auch der Sicherheitsgurt, dessen Verformung Energie aufnimmt. Der Insasse wird nicht starr festgehalten, sondern seine Bewegung so weich wie möglich verzögert.

Ein weiteres Problem der Fahrzeugentwicklung, das vergleichbar mit dem Zusammenwirken von Fahrzeug und Schutzplanke ist, stellt die sogenannte „Kompatibilität“ dar. Fahrzeuge werden heute so entwickelt, dass die bei einem

Crash umzusetzende Energie von beiden Partnern absorbiert wird. Abb. 11 zeigt dies schematisch. Die Steigung der jeweiligen Deformationskraft über der Verformung ergibt sich aus dem Crash gegen die verformbare Barriere mit 64 km/h. Dabei soll in jedem Fahrzeug eine Verzögerung wirken, so dass der Insasse überleben kann. Fahren nun ein kleines Auto und ein großes Auto gegeneinander, so wirkt zwischen diesen beiden Fahrzeugen die gleiche maximale Deformationskraft.

Bei den in Abb. 11 gezeigten Auslegungsverhältnissen ergibt sich, dass das große Fahrzeug seine Deformationszone nicht ausnutzt, das kleine Auto dagegen stärker belastet wird, als es seiner Auslegung entspricht. Deshalb „opfern“ sich heute große Fahrzeuge für die kleinen, d. h., sie haben weichere Strukturen, um dadurch „gegnerische“ Energie aufnehmen zu können. Bezogen auf die Schutzwände bedeutet Kompatibilität, dass sie bei zu großer Steifheit die anstoßenden Fahrzeuge belasten.

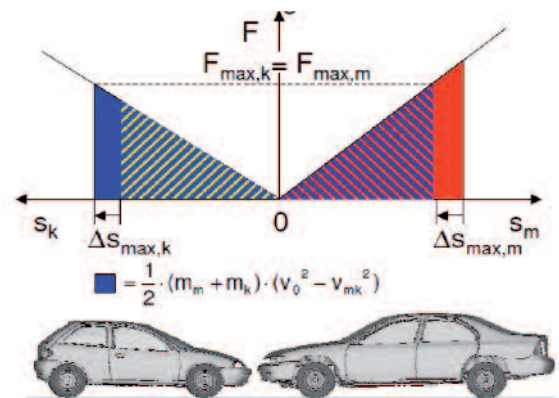


Abb. 11: Fahrzeug-Kompatibilität, Überlastung des kleineren Fahrzeuges

Unsere Autos sind für den Anstoß an eine deformierbare Barriere mit 64 km/h konstruiert. Sobald der Kollisionspartner starr, also nicht deformierbar ist, und somit keine Crashenergie aufnimmt, wird die anstoßende Struktur überlastet. Bei einem schrägen Anstoß an eine Schutzplanke muss normalerweise nicht die gesamte Crashenergie in Verformung umgesetzt werden, es ist allerdings sicherzustellen, dass die Fahrzustände nach dem Anstoß beherrschbar bleiben. Das Auto muss dicht bei der Planke bleiben. Darauf wird noch zurückzukommen sein.

Die Belastung der Insassen

Für die maximale menschliche Belastung hat der Gesetzgeber Grenzwerte formuliert, die das Überleben im Crashfall ermöglichen sollen. In der Praxis haben sich bei Versuchen von Autozeitungen und Verbraucherschutzorganisationen aber viel geringere Werte als akzeptabel herausgestellt. Außerdem wird gegen die deformierbare Barriere mit deutlich höherer Geschwindigkeit gefahren, als es das Gesetz vorsieht. Für die praktische Fahrzeugauslegung werden üblicherweise sogar geringere Werte für Verzögerungen und Kräfte angestrebt, als es die Verbraucherschützer vorsehen. **Abb. 12** fasst die Werte der Versuche der Autozeitschrift „auto motor und sport“ zusammen.

Beim Anprall an eine Schutzplanke ist vor allem die Kopfbeschleunigung wichtig, deren HIC-Kennwert aus der Integration der resultierenden Kopfbeschleunigung (geometrische Summe der Längs-, Quer- und Vertikalbeschleunigung) über ein Zeitfenster ermittelt wird. Dieser HIC-Wert muss per Gesetz kleiner als 1000 sein, nach den firmeninternen Regeln der Fahrzeughersteller sollte er möglichst nicht größer

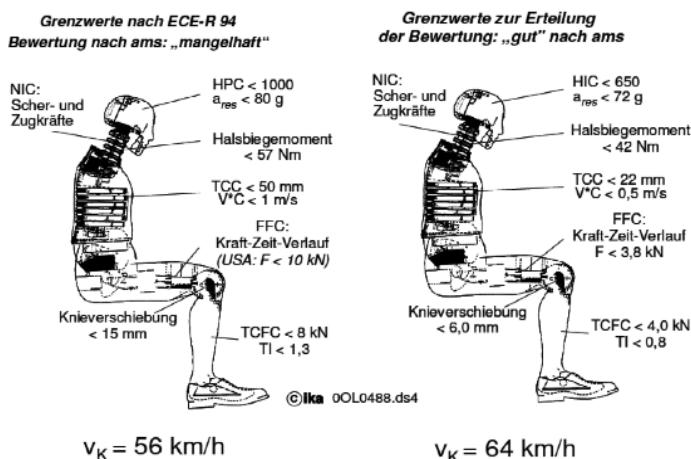
als 500 sein. Außerdem darf die resultierende Kopfbeschleunigung höchstens für 3 ms einen Wert von 80 g aufweisen. Auf diese Werte wird bei den noch zu besprechenden Versuchen zum Anprall von Fahrzeugen an die Schutzplanken zurückgekommen.

Betrachtet man die Unfallstatistik, dann ergeben sich die meisten Verletzten bei Frontal- und seitlichen Frontalunfällen. Dabei geht es um Fahrzeug-Fahrzeug-Zusammenstöße, aber auch um Unfälle mit anderen Hindernissen. Die Schutzplanke gehört auch dazu. Bei diesen häufigen Unfällen ist auch die Verletzungsschwere bedeutend. Die Verletzungsschwere wird durch den sogenannten MAIS-Wert ausgedrückt. Ein MAIS-Wert von 2+ bedeutet, dass die Unfallopfer nach dem Unfall eine ganze Weile bewusstlos sind. Besonders die seitlichen Crashes sind sehr gefährlich. Es ist also dafür zu sorgen, dass diese Unfälle vermieden werden oder ihre Folgen zumindest beherrschbar sind. Das leisten wir als Fahrzeugbauer heute aber noch nicht. Hierzu ist auch die Unterstützung der Straßenbauer bzw. der Schutzplanken-Fachleute erforderlich.

Crashpartner Schutzeinrichtung

Die Vorschriften für Straßenbauer sind im Bezug auf den Schutzplankenprall bislang allerdings vollständig anders orientiert. **Abb. 13** gibt eine Kenngrößentabelle und Abnahmekriterien für Schutzplanken wieder.

Diese Abb. liefert dem Fahrzeugingenieur keine Informationen, wie er das Auto ausstatten soll. Er erkennt allerdings die großen Energieunterschiede, die an einer Schutzeinrichtung umzusetzen sind. Zwischen dem 900 kg schweren Personenwagen und dem 38-t-Sattelzug



Begriff	Bedeutung
ECE-R 94, Economic Commission for Europe Rule 94	Europäische Regelung für den Frontalaufprall
NIC, Neck Injury Criterion	Kriterium für die Nackenverletzung
HIC, Head Injury Criterion	Kriterium für die Kopfverletzung
HPC, Head Protection Criterion	Kriterium für den Kopfschutz
TCC, Thorax Compression Criterion	Kriterium für die Brustkorbbelastung
FFC, Femur Force Criterion	Kriterium für die Oberschenkelbelastung
TCFC, Tibia Compression Force Criterion	Kriterium für die Schienbeinbelastung

Abb. 12: Grenzwerte für Verletzungskriterien

Anprallwinkel Anprall- geschwindigkeit	Anprallvariation (Soll- Werte)		Anprallenergie [kJ]	Prüfung mit Prüfung TB	Prüfung TB	Eignung	
	Fahrzeugmasse	Fahrzeugart				Aufhaltestufe	
8°	80 km/h	1,3 t	6	21	—	T1	nur für vor- übergehen- den Einsatz
15°	80 km/h	1,3 t	22	22	—	T2	
8°	70 km/h	10 t	37	41	21	T3	
20°	100 km/h	0,8 t	41	11	—	—	normales Aufhalte- vermögen
20°	80 km/h	1,5 t	43	31	—	N1	
20°	110 km/h	1,5 t	82	32	11	N2	höheres Aufhalte- vermögen
15°	70 km/h	10 t	127	42	11	H1	
20°	70 km/h	13 t	287	51	11	H2	
20°	80 km/h	18 t	462	61	11	H3	sehr hohes Aufhalte- vermögen
20°	65 km/h	30 t	572	71	11	H4a	
20°	65 km/h	38 t	724	81	11	H4b	

Abnahmekriterien
• Testfahrzeug muss aufgehalten werden
• Testfahrzeug darf nicht umkippen
• Nach Abprall muss Testfahrzeug dicht an der Schutzeinrichtung bleiben
• Deformationsbereich der Schutzeinrichtung darf nicht zu groß werden
• Es dürfen keine Hauptlängselemente der Schutzeinrichtung brechen
• Es dürfen keine Teile der Schutzeinrichtung in den Fahrzeuginnenraum eindringen
• Es dürfen sich keine Teile von der Schutzeinrichtung lösen und Dritte übermäßig gefährden
• Insassen von PKW dürfen nicht übermäßig belastet werden

Abb. 13: Kenngrößen und Abnahmekriterien für Anprallprüfungen (Quelle: BAST)

liegt etwa der Faktor 18 bezüglich der umzusetzenden Energie (bei unterschiedlichen Anstoßgeschwindigkeiten). Hier eine einvernehmliche Lösung zu finden, dürfte schwierig sein. Der Fahrzeugentwickler erinnert sich an den Aufbau der Karosserie, die auch verschiedenen große Energieabsorptionen aufweisen muss.

Zu den in Abb. 13 genannten Abnahmekriterien hat der Fahrzeugentwickler keine Einwände, sie liefern aber auch keine Konstruktionshinweise für das Fahrzeug. Um nun trotzdem zu Lösungsvorschlägen zu kommen, bietet es sich an, die realen Verhältnisse auf der Straße zu betrachten. Zu Unfällen an Schutzeinrichtungen existiert eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) aus dem Jahre 2003 (Studie V106) [2]. Darin sind sowohl Schutzplankeunfälle als auch das Anfahren an eine Betonwand mit dem New-Jersey-Profil nach DIN EN 1317 experimentell untersucht worden. **Abb. 14** zeigt einige Ergebnisse dieser Tests. Die Bilder verdeutlichen den Nutzen der Energieumsetzung durch die Stahlschutzplanke. Diese wird sowohl in ihren vertikalen Pfosten als auch in ihren Längsbändern verformt.

Das nimmt Energie aus dem System. Der Bus im Test selbst wird auch erheblich beschädigt. Für den Sattelzug haben die damaligen Versuche ein katastrophales Ergebnis gehabt: Er hat sich über die unnachgiebige Betonwand vom Auflieger her über die Schutzeinrichtung abgewickelt. Den ersten Anstoß vorn beherrscht die Zugmaschine noch, obgleich sie bereits angehoben wird, der Anstoß des Sattelauflegerhecks, das ebenfalls mit einer Vertikalbewegung verknüpft ist, führt jedoch zu dessen Kippen über die Betonwand. Da der Sattelaufleger sehr torsionsweich ist, setzt sich diese Verdrehung bis zur Sattelzugmaschine fort und wirft auch diese schließlich um.

Aus dieser BAST-Studie werden die verschiedenen Anforderungen von PKW und Nutzfahrzeug an Schutzeinrichtungen bereits deutlich. Stahlschutzplanken können PKW sehr gut aufhalten, bei Nutzfahrzeugen kann es zum Überfahren der damals untersuchten Stahlschutzplanken kommen. Betonschutzwände führen zum Anheben sowohl der PKW als auch der Nutzfahrzeuge. Damit verlieren die Fahrzeugreifen die Bodenhaftung. Was das bedeutet, wird nachfolgend gezeigt.

Abb. 14: Anfahrversuche der BAST



Die in der BAST-Studie V106 herausgearbeiteten Probleme haben in der Folgezeit zu weiteren Untersuchungen und Weiterentwicklungen geführt. Ein Forschungsvorhaben ist das FOSTA-Projekt 717, in dem sowohl Simulationen mit Finite-Elemente-Modellen (FE-Modell) durchgeführt worden sind als auch Experimente zur Ermittlung der Insassenbelastungen [3].

In der Simulation wurde das öffentlich verfügbare FE-Modell eines Geo-Metro (GM-Kleinwagen in den USA) um ein FE-Modell der „Super-Rail“-Stahlschutzplanke erweitert. Dabei sind auch die rohrförmigen Abstandshalter in der Simulation berücksichtigt worden, die oben als gesonderte Crashelemente schon angesprochen worden sind. Sie zu verbessern und damit mehr Energie zu absorbieren, bietet sich für die Zukunft an. **Abb. 15** zeigt die Fahrzeugbewegung und die Verformungen am Fahrzeug während des 300 ms dauernden Kontakts mit der Schutzplanke.

In **Abb. 16** sind die Verformungen der Schutzplanke gut zu erkennen. Aus den Simulationen hat sich ergeben, dass die Energie etwa zur Hälfte vom Fahrzeug und zur anderen Hälfte von der Schutzplanke aufgenommen worden ist. Dabei wurde, wie aus den Bildern 15 und 16 deutlich wird, nur die vordere Schutzplanke wesentlich beansprucht. Für schwerere Fahrzeuge oder solche, die mit höherer Geschwindigkeit gegen die „Super-Rail“-Schutzplanke fahren, ist noch Energie-Aufnahmekapazität vorhanden. Wesentlich ist auch die Erkenntnis, dass die Fahrzeuge auf der Fahrbahn bleiben. Die Verformungen an Fahrzeug und Schutzplanke sind bei den bisher üblichen Fahrzeugkonzepten erforderlich, damit die kinetische Energie des Fahrzeugs abgebaut werden kann. Auto und Schutzplanke sind anschließend beschädigt und müssen instand gesetzt werden.

Deutlich andere Simulationsergebnisse zeigen sich, wenn der Geo-Metro an einer Beton-schutzwand mit New-Jersey-Profil anstößt. Die **Abb. 17** enthält der **Abb. 15** entsprechende Ansichten.

Aus dieser **Abb.** folgt unmittelbar, dass die Verformungen am Fahrzeug geringer sind als beim Anstoß an die „Super-Rail“-Schutzplanke. Die Betonwand nimmt außer Reibkräften keine Energie auf, da sie unverformt bleibt. Daraus folgt, dass die Energieabsorption beim Anstoß an eine Betonwand deutlich geringer ist als bei einem Anstoß an eine verformbare Stahlschutzplanke. Das bedeutet aber auch, dass viel mehr Energie im Fahrzeug selbst verbleibt und es mit dieser Energie auf die Fahrbahn zurückgeworfen wird. Unter welchen Bedingungen die Betonschutzwand verlassen wird, zeigt **Abb. 18**.

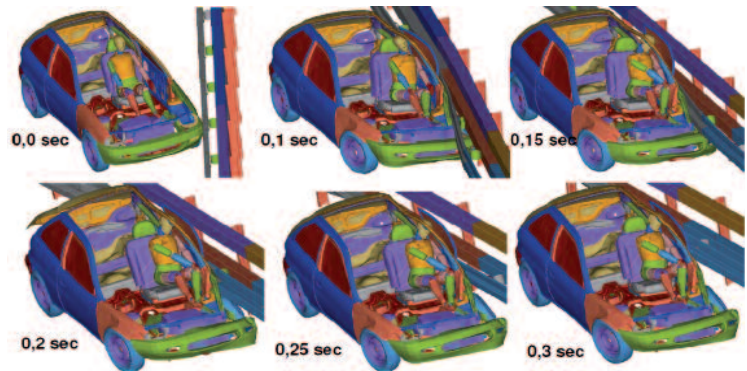


Abb. 15: Simulationsergebnisse für Anstoß an „Super-Rail“-Stahlschutzplanke

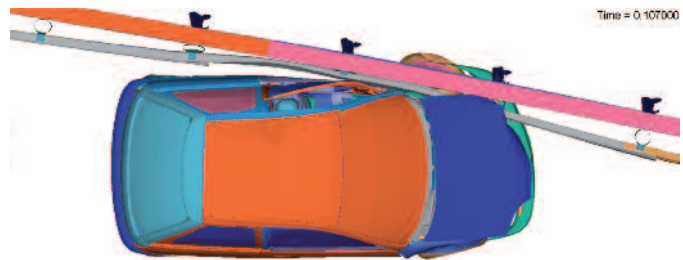


Abb. 16: Verformungen der Stahlschutzplanke

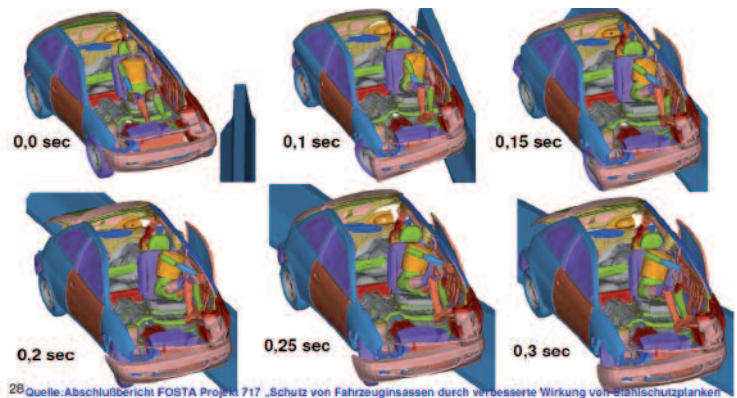


Abb. 17: Simulationsergebnisse für einen Anstoß an New-Jersey-Betonwand

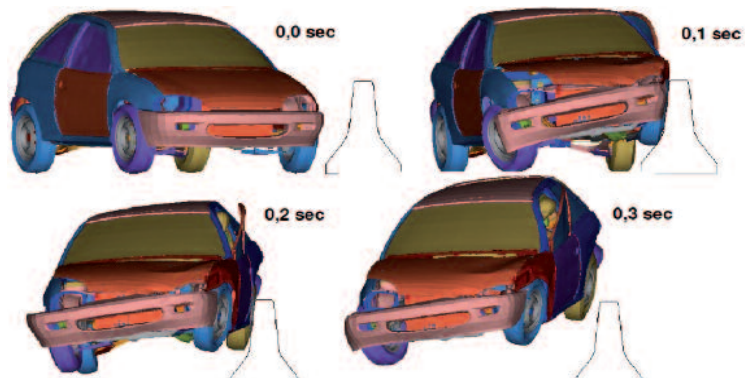


Abb. 18: Anheben des Fahrzeugs beim Anstoß an das New-Jersey-Profil

Hier wird deutlich, dass das gesamte Fahrzeug erst vorn und dann in noch stärkerem Maße hinten angehoben wird, indem es am schrägen New-Jersey-Profil hochrutscht. Die aktuelle Form des New-Jersey-Profiles sollte hinsichtlich seiner Zweckmäßigkeit hinterfragt werden.

An den Betonschutzwänden der Autobahnen sind die Kontaktstellen zwischen Fahrzeug und Wand als schwarze Streifen gut erkennbar. Die Streifen weisen im weiteren Verlauf meist schräg nach oben. Das zeigt die Vertikalbewegung der angestoßenen Karosserie. Gleichzeitig behält das Auto seine Vorwärtsgeschwindigkeit bei und es wird von der Betonwand durch den elastischen Anteil des Stoßes auf die Fahrbahn zurückgeworfen. In der Kombination von Vorwärts-, Vertikal- und Seitwärtsbewegung befindet sich das Auto beim Verlassen der Betonschutzwand in der Luft: Es „fliegt“. Die Reifen haben keinen Bodenkontakt und sie können keine Kräfte übertragen.

Durch die Kombination von Vorwärtsgeschwindigkeit und seitlicher Geschwindigkeit infolge des Rückstoßes von der Betonwand bewegt sich das Auto auf einer Kurvenbahn. Im Fahrzeugschwerpunkt wirkt eine Fliehkraft, die das fliegende Auto nun zusätzlich in Richtung Kurvenaußenrand, also in Richtung Betonwand, drehen will.

Sobald die Reifen wieder auf die Fahrbahn auftreffen, wirkt diese Fliehkraft als Kippkraft auf die Räder. Das Auto überschlägt sich auf der Fahrbahn.

Da bei derartigen Anstößen an die Betonschutzwand das Fahrzeug heftig abgewiesen

und auf die Fahrbahn zurückgeschleudert wird, stößt der Fahrer mit seinem Kopf so heftig gegen die Seitenscheibe, dass diese zerspringt. Das bedeutet, dass der nachfolgende Überschlag auf der Fahrbahn mit offenem Seitenfenster stattfindet. Dadurch geraten sowohl Hände und Arme als auch gelegentlich der Kopf zwischen Fahrbahn und Karosserie. Das hat nachhaltig negative Folgen. Das Anheben des Fahrzeugs am New-Jersey-Profil wird gelegentlich als Umlenkung von Energie bezeichnet, was als positiv zu bewerten sei. Betrachtet man jedoch die dabei umgesetzte Energie in Bezug auf die gesamte Crashenergie (Abb. 13), dann ergibt sich, dass für das Anheben des Fahrzeugs nur 1/45 der Gesamtenergie verbraucht wird. Diese 2 % Energieverringering haben also keinen Einfluss auf die Energieumsetzung und damit auf den Crashverlauf.

Insgesamt zeigen die durchgeführten Simulationen bereits realitätsnah die Unterschiede zwischen dem Anprall an eine Stahlschutzplanke und dem an eine Betonwand. Das verdeutlichen auch praktische Anprallversuche, von denen **Abb. 19** einige Phasen zeigt.

Energieverzehr

Beim Anprall gegen die Stahlschutzplanke nehmen sowohl das Fahrzeug als auch die Schutzplanke Energie auf. Das Fahrzeug entfernt sich nicht weit von der Schutzplanke. Der Stoß des Fahrerkopfes gegen die Seitenscheibe ist nicht so stark, dass diese zerspringt.



a) Anprall Stahlplanke



b) Anprall Betonwand

Abb. 19: Crashversuche a) gegen eine Stahlschutzplanke, b) gegen die Betonwand

Beim Anprall gegen eine Betonschutzwand nimmt das Fahrzeug selbst weniger Energie auf als beim Anprall an die Stahlschutzplanke. Die Betonwand nimmt nur Reibkräfte auf, sie deformiert sich nicht. Dadurch wird erkennbar, dass die Betonschutzwand keine Energie aufnimmt. Das Fahrzeug steigt an der Schutzwand auf, so dass es keinen Bodenkontakt mehr hat, und wird auf die Fahrbahn zurückgeschleudert. Durch diesen heftigen Rückstoß durchschlägt der Fahrerkopf die Seitenscheibe. Beim wahrscheinlichen anschließenden Überrollen auf der Fahrbahn kann es zu Folgeschäden für die Insassen kommen. Diese Schäden sind bisher aber noch nicht exakt definiert worden. Anhand von Abb. 12 war festgestellt worden, dass der HIC-Wert und die Kopfbeschleunigung wesentliche Kriterien für das Überleben eines solchen Unfalls sind. Um eine Beziehung zwischen der Heftigkeit der Fahrzeugbewegung und der menschlichen Belastung herzustellen, wurde der sogenannte ASI-Wert (acceleration severity index) definiert. Er berechnet sich nach folgender Gleichung (1):

$$\text{ASI}(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}_x}{\hat{a}_x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y}{\hat{a}_y}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z}{\hat{a}_z}\right)^2} \quad (1)$$

Darin sind \hat{a}_x , \hat{a}_y und \hat{a}_z Grenzwerte für die Komponenten der Beschleunigungen entlang der Körperachsen x, y und z für einen Fahrzeugpunkt z. B. in der Nähe des Fahrers. Bleiben die Beschleunigungen unterhalb dieser Grenzwerte, so ist das Verletzungsrisiko für die Insassen gering. Diese Grenzwerte betragen nach Standards aus den USA:

$$\hat{a}_x = 12 \text{ g}, \hat{a}_y = 9 \text{ g}, \hat{a}_z = 10 \text{ g} \quad (g = 9,81 \text{ m/s}^2)$$

Die Werte \bar{a}_x , \bar{a}_y und \bar{a}_z sind die während des Anstoßes gemessenen und über 50 ms gemittelten Komponentenbeschleunigungen. Werden sie mit den Grenzwerten entsprechend der Gleichung (1) in Beziehung gesetzt, dann kann der sogenannte ASI-Wert ermittelt werden. Aus bisherigen Untersuchungen ist bekannt, dass der ASI-Wert unter 1,0 liegen sollte. Je weiter der Wert über 1,0 liegt, umso höher ist das Sicherheitsrisiko für die Insassen des Fahrzeugs.

In der Forschung werden auch noch die theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (THIV) und die Kopfverzögerung nach dem Anprall (PHD) betrachtet. Da in diese Betrachtungen aber Fahrzeugabmessungen eingehen, sei hier auf ihre weitere Einbeziehung verzichtet.

Wesentlich bleibt die Untersuchung des Zusammenhangs der Kopfbeschleunigung der Insassen, ausgedrückt durch den HIC-Wert (head



Abb. 20: ika-Crashversuch zur Verknüpfung von HIC und ASI



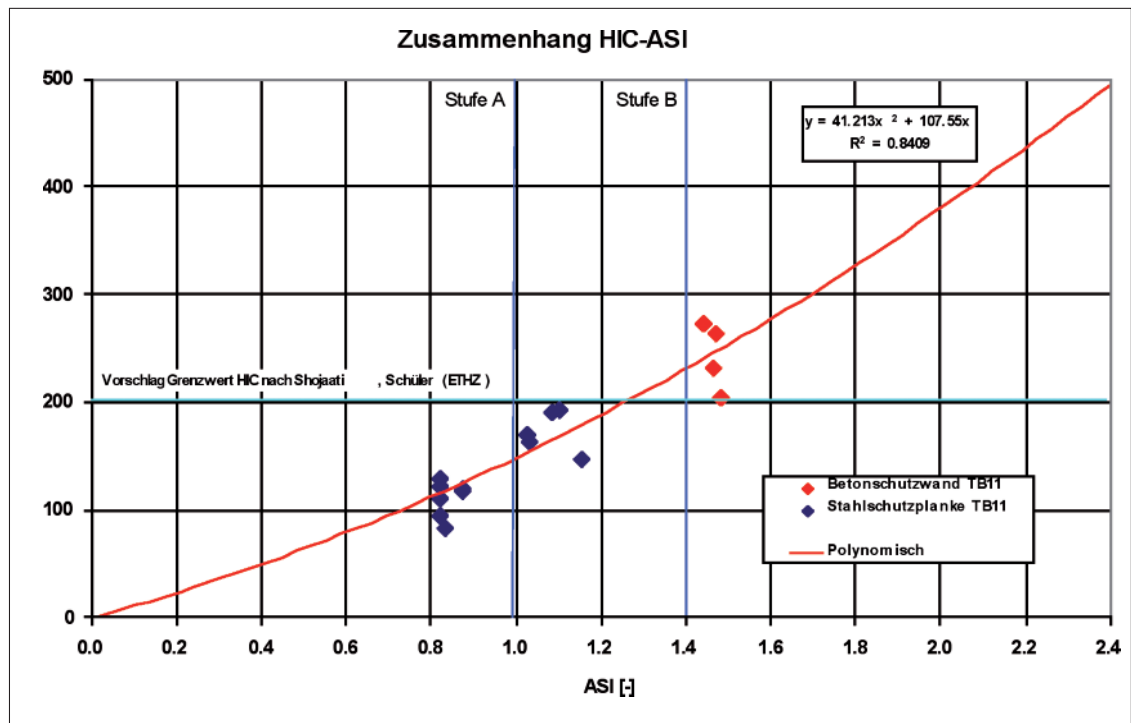
Abb. 21: Simulierter Crash gegen a) Betonwand, b) Stahlschutzplanke

injury criterion) und der Fahrzeugbewegung, beschrieben durch den ASI-Wert (acceleration severity index). Zur Untersuchung dieser Zusammenhänge ist am Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen ein Prüfstand erstellt worden, in dem die bei Stahl und Beton unterschiedlichen Anprallintensitäten durch eine so genannte Biegeblechbremse nachgebildet worden sind. **Abb. 20** zeigt das Prinzip des Aufbaus und **Abb. 21** die Interaktion zwischen Dummykopf und Seitenscheibe bei einem simulierten Anprall an die Betonwand bzw. an eine Stahlschutzplanke.

Bei diesen Versuchen hat sich gezeigt, dass beim Anprall an die Betonwand HIC-Werte von über 206 bis 230 und ASI-Werte um 1,47 erreicht werden. Bei den Versuchen zur Stahlschutzplanke waren es HIC-Werte unter 200 (148 bis 193) und ASI-Werte zwischen 0,8 und 1,1. Bisher hat es im Vergleich zu den Untersuchungen auf den Straßen den Anschein, als ob diese Art der Crashsimulation eine etwas zu geringe Beanspruchung beim Anprall an die Betonwand und eine etwas zu hohe Beanspruchung beim Anprall an die Stahlschutzplanke aufweist. Auf dem Gebiet dieser Crashsimulation ist also noch weiter zu arbeiten.

Insgesamt haben die Versuche in der Crashanlage ein höheres Gefährdungspotential der

Abb. 22:
Ermittelte Zusammenhänge zwischen ASI- und HIC-Werten



Insassen bei einem Anstoß an die Betonwand nachgewiesen. Bei diesen Versuchen sind die anschließende Flugphase des Fahrzeugs und der Überschlag unberücksichtigt geblieben, also Unfallphasen, die für sich allein genommen ein weiteres erhebliches Verletzungsrisiko bergen.

Die bisher ermittelten Zusammenhänge zwischen ASI und HIC sind in **Abb. 22** zusammengestellt. Dort finden sich auch die als Anprallheftigkeitsstufen A und B definierten Werte wieder. Es zeigt sich ein progressiver Zusammenhang zwischen den ASI- und den HIC-Werten. Vor allem ergibt sich aus den Untersuchungen jedoch, dass beim Anprall an die Betonwand die Stufe B überschritten wird, die für die Fahrzeuginsassen sehr gefährlich ist. Die in **Abb. 19** gezeigten realen Anprallversuche bestätigen diese Einschätzung zumindest visuell.

Das oben erwähnte FOSTA-Projekt 717 kommt dann auch zu dem Ergebnis, dass es, ausgehend von vergleichbaren Karosseriebelastungen aus der Praxis, beim simulierten Anprall an eine Stahlschutzplanke zu deutlich niedrigeren Verletzungswahrscheinlichkeiten kommt, im Vergleich zu dem Anstoß an eine Betongleitwand. Damit passen die Simulationen auch zu den praktischen Erfahrungen. Der Anstoß an eine Betongleitwand allein ist schon sehr viel gefährlicher als der an eine Stahlschutzplanke. Die nachfolgende Flugphase des Fahrzeuges mit der Möglichkeit eines Überschlages stellt bei der Betongleitwand ein zusätzliches hohes

Risiko für die Fahrzeuginsassen dar und auch für andere Verkehrsteilnehmer, denen das zurückprallende Auto „vor die Füße fällt“. Für diesen sehr gefährlichen Unfalltyp sind also Lösungen gefragt, um ihn zu entschärfen.

Was kann ein Fahrzeugingenieur also tun, um sein Auto auf diese Beanspruchungen des Anpralls an die Betongleitwand vorzubereiten? Die Abbildungen 23 bis 25 zeigen mögliche Lösungen. In **Abb. 23** sind Fahrzeugstrukturen gezeigt, die bei einem Anprall viel mehr Energie aufnehmen als es bisher der Fall ist. So wird bei BMW derzeit ein Fahrzeug entwickelt, in dem sehr viel Kohlefaser als Strukturmaterial verwendet wird. Diese Kohlefaser „opfert“ sich bei einem Crash und absorbiert die Fahrzeugenergie. Das ist aus den eindrucksvollen Crashes z. B. bei Formel-1-Rennen bekannt. Der Aufwand, Fahrzeugstrukturen in Kohlefaser zu realisieren, ist jedoch ganz erheblich. Für eine größere praktische Anwendung verbietet es sich, von Stahl abzuweichen. Nur mit Stahl bietet sich für den Fahrzeugtechniker also die Möglichkeit, das Auto theoretisch auf die unnachgiebige Betonwand abzustimmen. Mit wenig Aufwand kann ein verbessertes Verhalten durch den Einsatz von höherfestem Stahl oder durch Ausschäumen von Strukturen, z. B. der Stahlstrukturen des Fahrzeugaufbaus, erreicht werden. Welche Verformungen dann bei gleicher Energieeinleitung auftreten, zeigen die in **Abb. 23** dargestellten Versuchsergebnisse.

Abb. 23:
Energieaufnahme durch
Fahrzeugstrukturen



Abb. 24: ESF – Experimental-Sicherheits-Fahrzeug
aus den 70er-Jahren

Derartige Strukturteile müssten bei zukünftigen Fahrzeugen so angeordnet werden, dass sie mit der Betongleitwand in Kontakt kommen und sich dann „aufzehren“. Bisher sind unsere Autos dafür jedenfalls nicht ausgelegt.

Es hat allerdings vor etwa 40 Jahren bereits Autos gegeben, die einem Anprall an eine Betongleitwand widerstehen könnten. Das waren die Experimental-Safety-Vehicles (ESV), **Abb. 24** zeigt eines, die als Folge einer Sicherheits-

diskussion zwischen den USA und dem Rest der Welt entwickelt worden sind. Mit diesen Autos war es möglich, mit 80 km/h unangeschnallt gegen eine starre Wand zu fahren und diesen Crash zu überleben. Allerdings hatten diese Fahrzeuge große Verformungszonen. Sie waren dadurch etwas unhandlich. In die aktuelle Diskussion mit der Bevorzugung kleiner Fahrzeuge passen sie nicht. Deshalb dürfte dieser Vorschlag keine große Zustimmung finden.

Eine andere, moderne Technik anwendende Lösung ist die optische Verfolgung der Straße und die aktive Verhinderung des Anpralls an ein Hindernis, also auch eine Schutzeinrichtung. Mit der Spurerkennung, die heute sowohl in Nutzfahrzeugen als auch in Personenwagen bereits eingesetzt wird, wäre solch eine Lösung vorgezeichnet. **Abb. 25** zeigt diese Bildverarbeitung zur Spurerkennung. Allerdings gibt es hier noch eine Menge an Hindernissen zu überwinden, die Unterschiede zwischen gutem und schlechtem Wetter sind nur ein Beispiel. Außerdem dürfte es viel zu lange dauern, bis hier eine flächendeckende Verbreitung in den Fahrzeugen erreicht ist.

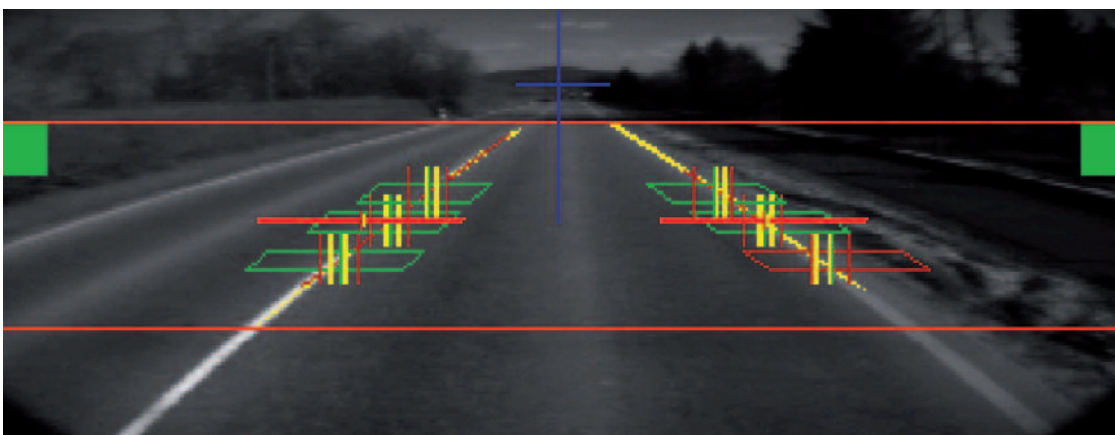


Abb. 25:
Bildverarbeitung
zur Spurerkennung
und zum
automatischen
Gegenlenken

Ein Blick in die Zukunft

Nach der Diskussion in diesem Beitrag ist deutlich geworden, dass die Autos Stufenkennungen haben, die bei einem Anprall an ein Hindernis zum Einsatz kommen. Die Betonstützwand „verstimmt“ dieses System, da sie von Beginn an starr ist. Das lässt sich aber ändern, indem auch diese Schutzvorrichtung mit einer Stufenkennung versehen wird. Dazu bietet es sich z. B. an, eine Kombination aus Stahlschutzplanke und Betongleitwand einzusetzen. Erst wenn die Stahlschutzplanke die Energie aufgenommen hat, die sie verarbeiten kann, kommt die Betongleitwand zum Einsatz. Da die Stahlschutzplanke vor der Betonwand sitzt (evtl. daran befestigt ist), wird es nicht mehr zum Aufsteigen und Fliegen der Personenwagen kommen. Sie werden auch nicht in dem Maße auf die Fahrbahn zurückgeworfen, wie das heute der Fall ist. Zudem hätte diese Kombinationsmöglichkeit den Vorteil, dass die Stahlschutzplanken an den Betongleitwänden nachgerüstet werden könnten. Diese Stahlschutzplanke hätte sicherlich ein neues Design mit den oben bereits angesprochenen leistungsfähigen Energieabsorbieren. An einer solchen Zukunftslösung zu arbeiten, dürfte sich sehr lohnen.

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass die heute verwendeten Stahlschutzplanken einen relativ guten Unfallpartner darstellen, da sie Energie des anfahrens Fahrzeugs absorbieren. Der Umfang dieser Absorption entspricht in etwa der Menge, die auch ein gegnerisches Fahrzeug übernehmen würde, wenn es zu einem Fahrzeug-Fahrzeug-Unfall käme. Dafür sind unsere Fahrzeuge ausgelegt. Die Insassen haben realistische Überlebenschancen. Betongleitwände „verstimmen“ das heute gültige System „Fahrzeug - Schutzplanke“, da es bei einer Betongleitwand keine Flexibilität gibt. Der Unfallablauf belastet sowohl die Insassen als auch den umgebenden Verkehr. Hier sind dringend Abhilfemaßnahmen erforderlich! Das können andere Fahrzeugstrukturen sein, die dann aber die Fahrzeugkäufer belasten, oder die Rückhaltekonstruktion wird geändert. Das hätte auch den Vorteil, dass Nutzfahrzeuge besser als heute aufgehalten werden könnten, die von einer Strukturänderung der Personenwagen nicht profitieren würden. Es gibt also dringenden Bedarf, die Rückhaltesysteme der Zukunft so zu gestalten, dass sie flexibel und energieverzehrend sind, damit sie - wie die Stahlschutzplanken - auch in der Zukunft Leben retten können.

Literaturverzeichnis

- [1] Bröckerhoff, M.
Karosserie - Strukturverbesserungen für den
seitlichen Pfahlaufprall
Dissertation, RWTH Aachen, 2006
- [2] Ellmers,U., u. a.
Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen ge-
mäß den Anforderungen nach DIN EN 1317
BASt-Bericht V106, 2003
- [3] Feldmann, M., u. a.
Schutz von Fahrzeuginsassen durch verbesserte
Wirkung von Stahlschutzplanken
Projekt-Nr. P 717, FOSTA - Forschungsvereini-
gung Stahlanwendungen e. V.
Abschlussbericht, 2009
- [4] Lesemann, M., u. a.
Automobileichtbau durch Multi-Material-Bau-
weisen am Beispiel einer Vorderwagenstruktur
Abschlussbericht, Institut für Kraftfahrzeuge
Aachen, 2008
- [5] N. N. ULSAB-AVC,
Stahlforschungsprojekt des Stahl-Konsortiums,
Automotive (R)EVOLUTION in Steel
Stahl-Informations-Zentrum Düsseldorf, 2002

Bildnachweis

- Abb. 1: Mercedes-Benz
(Bilder stammen aus einem alten Video.
Herkunft nicht bekannt.)
- Abb. 2: ika (EURO-NCAP-Veröffentlichung)
- Abb. 3: ika, aus [4]
- Abb. 4: ika, aus [4]
- Abb. 5 a: Mercedes-Benz
- Abb. 5 b: Verfasser
- Abb. 6, links: ika
- Abb. 6, rechts: BMW
- Abb. 7: ika
- Abb. 8: ika
- Abb. 9: ULSAB AVC, aus [5]
- Abb. 10: ika, aus [1]
- Abb. 11: ika
- Abb. 12: ika/ams (auto motor und sport)
- Abb. 13: BASt
- Abb. 14: BASt, aus [2]
- Abb. 15 bis 18: FOSTA, aus [3]
- Abb. 19: aisico (associazione italiana per la
sicurezza de la circolazione)
- Abb. 20: ika
- Abb. 21: ika
- Abb. 22: FOSTA, aus [3]
- Abb. 23: BMW/ika
- Abb. 24: Mercedes-Benz Classic
- Abb. 25: Mercedes-Benz



**Stahl-Informations-Zentrum
im Stahl-Zentrum**

Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
E-Mail: siz@stahl-info.de · www.stahl-info.de