
Dipl.-Ing. Karl Damschen / Dipl.-Ing. Edmund Holetzke

Karosserie

Reparatur & Lackierung
inklusive Unfallschaden-Abwicklung

7., neu bearbeitete Auflage

Vorwort

Für die 7. Auflage des Fachbuches wurde die Inhaltsstruktur geändert. Bis zur 6. Auflage stand im Vordergrund, ein Fahrzeugleben chronologisch aufzuzeigen – von der Karosserie-Entwicklung bis zur Unfall-Instandsetzung. Nun gibt es vier übergeordnete Buchteile:

- I Karosserietechnik
- II Unfallschaden-Instandsetzungspraxis
- III Spezial-Reparaturmethoden
- IV Markt und Betriebsorganisation

Hiermit wird der erweiterten Buchanwendung als „Nachschlagewerk“ Rechnung getragen. Gleichwohl sind die logischen Prozessabläufe einer Unfallschaden-Instandsetzung erhalten geblieben – so wie diese bei der Automechanika „Weiterbildung Karosserie & Lack“ durchgeführt werden.

Steigende Material- und Fertigungsqualität führen zu längeren Wartungsintervallen und abnehmenden Verschleißreparaturen an Kraftfahrzeugen. Da gleichzeitig der Fahrzeugbestand steigt und das Durchschnittsalter der Pkw schneller steigt als die jährliche Fahrleistung sinkt, sind die negativen Auswirkungen auf die Werkstattaufträge in diesem Bereich weniger gravierend als vielfach befürchtet. Auch die Häufigkeit der Pkw-Unfallschäden nimmt weiter ab, wobei einerseits die Anzahl der Schäden aufgrund des steigenden Fahrzeugbestands nahezu konstant bleibt bzw. sogar leicht ansteigt und andererseits der einzelne Schadenfall teurer wird. Wie eine dpa-Meldung vom September 2019 zeigt, erhöhten sich vor allem die Ersatzteilpreise und hierbei explizit die Preise für Kotflügel und Heckleuchten gegenüber 2013 um 40 bis 50%. Als Grund wird der sog. „Designschutz“ der Fahrzeughersteller genannt. Aber auch die umfangreichen Fahrzeugausstattungen verteuern den Sachschaden. Allein der gesetzlich geforderte Fußgängerschutz dürfte jede Frontkollision um ca. 10 bis 15% verteuern, wie einige Experten vermuten. Darüber hinaus müssen immer häufiger Elemente von Assistenzsystemen erneuert werden, da sie sich oft im Kollisionsbereich des Fahrzeugs befinden (Abstandswarner in den Stoßfängern, Xenon-Scheinwerfer, Klimaanlage-Komponenten usw.).

Der Reparateur hat das unfallbeschädigte Fahrzeug wieder in den Originalzustand zu versetzen. Die computerunterstützten Karosseriekonstruktionen und -fertigungen sorgen für ein eingebautes „Crashmanagement“, das bei einem Unfall die Fahrzeuginsassen und weitere Beteiligte optimal schützt. Diese konstruktiven Sicherheitsausstattungen setzen nach einem Unfall Reparaturkenntnisse über neue Materialien wie höherfestes Stahlblech, Aluminium und Kunststoff voraus, damit bei einem möglichen Zweitcrash die gleichen Bedingungen wie bei einem Neufahrzeug zum Tragen kommen. Insbesondere die Anforderungen an die Karosserie-Fügetechniken sind stark gestiegen. Unterschiedliche Karosseriematerialien und -qualitäten müssen miteinander verbunden werden. Dadurch kann es in einem Karosseriefansch zu Schweiß-, Löt-, Klebe-, Niet- und Schraubverbindungen in Kombination kommen. In diesem Zusammenhang werden auch z.B. „High-Tech“-Inverter-Widerstandspunkt-Schweißgeräte gefordert, da sonst die konstant hohe Schweißpunkt-Qualität nicht mehr sicherzustellen ist. Wer noch die alten Geräte ohne Prozessregelung einsetzt, läuft Gefahr, die Karosserien „kaputt“ zu reparieren.

Für Fahrzeuge mit Hybridantrieb oder mit einem alleinigen Elektroantrieb gelten besondere Sicherheitsvorschriften. Es beginnt bereits beim Abschleppen derartiger Unfallfahrzeuge, da sie nicht über die Antriebsachse gerollt werden dürfen. Darüber hinaus

schreibt die Berufsgenossenschaft vor, dass ein gewerblich tätiger Mitarbeiter an diesen Fahrzeugen keine Tätigkeit ausführen darf, bevor er „unterwiesen“ wurde. Diese Vorschrift greift auch schon für die Fahrzeugbesichtigung bei der Unfallschaden-Kalkulation, da bereits das Öffnen der Motorhaube von einer gewerblich tätigen Person die „Unterweisung“ voraussetzt.

Der zukunftsorientierte Karosseriebau zeigt in Richtung CFK (Kohlenstofffaser-verstärkte Kunststoffe). BMW z.B. brachte mit den Modellen i3 und i8 zum ersten Mal „Serienfahrzeuge“ mit Carbon-Karosserien auf den Markt. Darüber hinaus gibt es Fahrzeugkarosserien mit integrierten Solarmodulen in der Außenhaut, wie z.B. der „Toyota Prius“ zeigt.

Kfz-Werkstätten sollten sich auf alle Neuerungen systematisch einstellen: personell durch entsprechende Ausbildung, materiell durch von den Fahrzeugherstellern vorgeschriebene und zweckmäßige Ausrüstung. Auch die Betriebsorganisation ist davon betroffen. Die Unfallschaden-Abwicklung fordert von Seiten der Werkstätten die selbst erstellte EDV-gestützte Kostenkalkulation und den digitalen Datenversand zu den Versicherern inkl. Fotos vom beschädigten Fahrzeug. In den Betrieben werden die spezialisierten Unfallschaden-Manager (USM) benötigt. Das sind die „personifizierten Schaltstellen“, die sich im gesamten Spektrum der Unfallschaden-Abwicklung/-Instandsetzung als Generalisten auskennen. Sie wissen die betroffenen Autofahrer nach einem Unfallschaden richtig anzusprechen und sind die „Kümmerer“ für alle dann erforderlichen Belange.

Die Ausbildung für das Beherrschen dieser Anforderungen steht bislang in keinem Lehrplan von beruflichen Bildungsstätten. Im Institut Technik und Bildung der Universität Bremen, ITB, wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Georg Spöttl der Bedarf an qualifizierten USM-Lehrkräften und -Ausbildern erkannt, was schließlich zu einem europäischen Innovationstransferprojekt führte. Mit dem Ende 2012 angelaufenen Life-Long-Learning-Projekt, gefördert von der Europäischen Kommission im Förderprogramm Leonardo da Vinci, ist dieses Defizit behoben worden. Das USM-Projekt wurde Ende 2014 abgeschlossen und enthält alle für eine europäische Ausbildungsempfehlung notwendigen Informationen. Die ersten, aus den Projektergebnissen entwickelten Lehrgänge wurden als Muster-Workshops bereits während der Automechanika 2014 durchgeführt. Zur Weiterbildung sieht das Programm ein Bachelor-Studium vor, in dem der „Integralprozess“, also das ganzheitliche Berufsbild „Unfallschaden-Manager“ aufgezeigt wird. Hierin finden sich alle Themen wieder, die im Zuge einer Unfallschaden-Instandsetzung erforderlich sind – auch die der professionellen Betriebsführung.

In ähnlicher Weise müssen sich auch Sachverständige auf neue Ablaufverfahren sowie Karosserietechnologien und Reparaturtechniken einstellen. Deshalb ist die Kalkulation von Unfallschäden am Pkw ausführlich beschrieben und an Beispielen erläutert. Die betriebliche Praxis der Karosserie-Instandsetzung steht im Mittelpunkt des Buches. Dabei wurden die neuen Ausbildungsrahmenpläne für das Kfz-Handwerk vollständig berücksichtigt. Der gesamte Inhalt des Buches hat sich aus den praxisgerechten Lehrgängen, die in der ehemaligen ASA-Lehr- und Versuchswerkstatt (heute: KTI) durchgeführt werden, entwickelt. Die Basis für die Fortsetzung aller zu übermittelnden Inhalte sind die aktuellen Reparaturhinweise der Fahrzeughersteller. Kein Karosserie- und Lack-Instandsetzer kommt an diesen Informationen und deren fachgerechter Umsetzung vorbei. Schließlich sollen die Sicherheit der Insassen eines Pkw (EuroNCAP-Sterne) und dessen optimierte Reparaturwürdigkeit (Versicherungsklassen-Einstufung) auch nach der Instandsetzung im vollen Umfang erhalten bleiben.

In der ASA-Werkstatt standen acht Jahre lang die Lehrgangsplanung und -durchführung im Rahmen der Sachverständigenausbildung der Dekra unter der fachlichen Leitung des

Autors – ebenso die Werkzeug-, Geräte- und Verfahrenserprobungen für Karosseriereparaturen. In dieser Zeit wurden die Grundlagen für die heute als „selbstverständlich“ praktizierten besonderen Reparaturverfahren gelegt, z.B. Kunststoffteile-Instandsetzung, Windschutzscheiben-Reparatur, Spot-Lackierung, Instandsetzung von höherfesten Stahlblechen usw.

Für die Informationen und die Bildmaterialien, die von verschiedenen Seiten, insbesondere von der Automobilindustrie, der Zulieferindustrie und dem Zentralverband des Kfz-Handwerks (ZDK) als auch dem Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik (ZKF) zur Verfügung gestellt wurden, sei ein großer Dank ausgesprochen. Der Zentralverband des Kfz-Handwerks (ZDK) hat durch seine positive Stellungnahme zu diesem Buch für einen hohen Aufmerksamkeitsgrad gesorgt. Auch in der Schweiz wird das Buch für die Aus- und Weiterbildung im Karosserie- und Lackbereich nach der Empfehlung durch den Schweizerischen Carrosserieverband, VSCI, eingesetzt. Dadurch konnten viele fachlich sehr fundierte Rückmeldungen aus dem Bereich der Ausbilder in den jeweiligen Handwerken verarbeitet werden. Die Aktualität dieses Buches in Bezug auf die pädagogische und fachliche Kompetenz ist aufgrund der intensiven Kontakte zum Institut Technik und Bildung (ITB) der Universität Bremen und zum Steinbeis Transferzentrum InnoVET sichergestellt.

Dieses Fachbuch eignet sich gleichermaßen zur Wissensvermittlung für Studenten der Karosserie- und Kfz-Technik, für Juristen zur Klärung rechtlicher Auseinandersetzungen, für Kfz-Sachverständige bei der täglichen Arbeit und für betriebliche Mitarbeiter, die sich mit der Unfall-Instandsetzung beschäftigen. Über diese Zielgruppen hinaus greifen immer häufiger Karosserie-Entwickler und -Produktionsverantwortliche zu dem Buch, um ihre Interessen mit denen des Servicebereiches in Einklang zu bringen. Schließlich ist allen Verantwortlichen eines Pkw-Herstellers bewusst, dass die „Unterhaltskosten“ eines Fahrzeugs, zu denen über die Versicherungs-Kaskoklassen-Einstufung auch die Unfall-Instandsetzung gehört, immer stärker das Käuferinteresse bestimmen.

Als Nachschlagewerk mit Hintergrundwissen benutzen auch die Unfall-Instandsetzungsstrategen bei den Fahrzeugherstellern, Versicherern und Verbänden das Buch, weshalb es nun inhaltlich gleichermaßen als Lehrbuch und Nachschlagewerk gestaltet wurde.

Es ist prädestiniert sowohl für die Vorbereitung auf Karosserie- und Betriebsführungs-Fachprüfungen wie die Gesellen-, Meister- und Sachverständigenprüfungen als auch für die Präparation zur Ablegung von Examensarbeiten. Im Buchtext ist der Einfachheit halber bei Personennennungen die maskuline Form dargestellt (z.B. Autofahrer). Selbstverständlich sind die anderen Personengruppen (w / d) einbezogen. Zu jedem Kapitel gibt es Fragen und Antworten, die prüfungsrelevant sind. Diese Fragen sind als interaktives PDF online zu finden auf www.vogel-fachbuch unter infoclick. Den zur Freischaltung dieser Dokumente notwendigen Code findet man nach dem Aufschlagen des vorderen Buchdeckels auf der rechten Seite.

Karl Damschen
Nordkirchen

Edmund Holetzke
Nackenheim

Inhaltsverzeichnis

Hinweis: Zu jedem Kapitel gibt es Verständnisfragen, die online auf www.vogel-fachbuch.de unter InfoClick zu finden sind. Den Zugangscode finden Sie nach dem Aufschlagen des vorderen Buchdeckels auf der rechten Seite.

Vorwort 9

Geleitwort 13

Teil I Karosserietechnik 23

1	Anforderungen an einen Pkw und Lösungsbeispiele	23
1.1	Sicherheit der Fahrzeugkarosserie	24
1.2	Karosseriegestaltung und Bionik	28
1.3	Karosseriestahl-Qualitäten	30
1.4	Fügeverfahren	33
1.5	Crashmanagement real umgesetzt	36
1.6	Expertise: Deformationsverhalten von Pkw-Strukturteilen beim Zweitcrash	41
1.7	Luftwiderstand der Fahrzeugkarosserie	56
1.8	Umweltverträglichkeit der Karosseriekonstruktion	59
1.9	Historische Karosserie-Entwicklung	61
1.9.1	Nichttragende Karosserie	61
1.9.2	Mittragende Karosserie	61
1.9.3	Selbsttragende Karosserie	62
1.9.4	Die selbsttragende Karosserie mit Crashmanagement	63
2	Konstruktion einer Karosserie	65
2.1	Computerunterstützte Konstruktion und Fertigung	65
2.2	Beanspruchung von Karosserieteilen	65
3	Produktion einer Karosserie	75
3.1	Karosserieteile-Herstellung: Pressen, Gießen und 3D-Druck	76
3.1.1	Pressen	76
3.1.2	Gießen	78
3.1.3	Druckgießverfahren	79
3.1.4	Stahlguss / Gusseisen	80
3.1.5	Innenhochdruck umformen (IHU)	81
3.1.6	Sandwich-Bauteile	84
3.1.7	Organobleche	84
3.1.8	Drucken im 3D-Verfahren	85
3.2	Zusammenbau von Blechteilen	89
3.3	Leichtbau-Technologien	91
3.3.1	Einsparpotenzial beim Karosseriegewicht	91
3.3.2	Wege zum Ziel durch ULSAB-Technologien	92

3.3.3	Besondere Leichtbau-Merkmale für Stahlkarosserien	93
3.3.4	Karosserie-Hybridbauweise: Aluminium, Magnesium, Kunststoff und Stahl in Kombination	99
3.3.5	Kontaktkorrosion unterschiedlicher Materialien	101
3.3.6	Verbindungstechniken an das Material anpassen	102
3.3.7	Extremer Materialmix	108
3.3.8	Crashmanagement am <i>Beispiel BMW 5er Limousine</i>	111
3.3.9	Gewichtsreduzierter Aluminium-Vorderbau (GRAV)	112
3.4	Lackaufbau	112
3.5	Karosserie-Abdichtung	115
4	Karosserie-Bauweisen	119
4.1	Pkw-Karosserie-Bauweisen	121
4.1.1	Die Limousine	121
4.1.2	Der Kombiwagen (Kombi-Limousine)	122
4.1.3	Das Cabriolet	123
4.1.4	Die Cabrio-Limousine	123
4.1.5	Das Coupé	124
4.1.6	Der Roadster	125
4.1.7	Die Pullman-Limousine	125
4.1.8	Das Landulet	126
4.1.9	Der Mehrzweck-Pkw (Geländewagen)	127
4.1.10	Der Spezial-Personenkraftwagen	128
4.1.11	Fahrzeugsegmente	128
4.2	Erprobung neuer Fahrzeugmodelle – „Erkönige“	129
5	Fahrzeug-Klapp- und -Schiebedächer	131
5.1	Stahlklappdächer bei Cabrios, CC (Coupé & Cabriolet)	132
5.2	Fahrzeug Stoff-Faltdächer	140
5.3	Fahrzeug-Schiebedächer	146

Teil II Unfallschaden-Instandsetzungspraxis

153

6	Kalkulation bei Unfallschäden	153
6.1	Erkennen des Gesamtschadens	156
6.1.1	Sichere Schadenerfassung Schritt für Schritt	157
6.2	Schadenkategorien	165
6.2.1	Kleinschaden	165
6.2.2	Mittlerer Schaden	165
6.2.3	Strukturschaden	165
6.3	Fahrzeugtypenspezifische Schadensbilder am Beispiel Opel Zafira-B	168
6.4	Schadenfoto-Aufnahmetechnik	170
6.4.1	Zusammenfassung Schadenaufnahme	173
6.5	Entscheidungshilfen für den Reparaturweg	180
6.6	EDV-Kalkulation	181

6.7	Schadenkalkulation mit „AudaNet / Qapter“	182
6.7.1	Letzte Prüfungen der Kalkulation vor dem Versand	192
6.7.2	Datenversand an Versicherer	193
6.8	Hagelschaden-Kalkulation	194
6.8.1	Hagel-Expert-Formel mit Daten bestücken	195
6.9	Glasschaden-Kalkulation	197
6.10	Trends bei der Schadenkalkulation	198
7	Vorbereitungen zur Karosseriereparatur und die daraus abgeleitete Werkstattpraxis	209
7.1	Vorbereitung auf die Karosseriereparatur	210
7.1.1	Vorbereitungsarbeiten und Wieder-Inbetriebnahme	212
7.1.2	Fahrzeuge mit Hochvolt-Antriebssystemen (Hybrid-/Range-Extender-/ Elektroantriebe und Brennstoffzelle)	217
7.1.3	Allgemeine Vorbereitungsarbeiten zur Unfallschaden-Instandsetzung	237
7.2	Karosserievermessung	238
7.2.1	Richtbank mit Richtwinkelsatz	239
7.2.2	Richtplatte mit Schweißlehre	240
7.2.3	Richtbank mit variablem Richtwinkelsatz	242
7.2.4	Richtbank mit mechanischem Messsystem	245
7.2.5	Richtbank mit optischem Messsystem	250
7.2.6	Richtbank mit elektronisch/mechanisch bzw. elektronisch/optisch arbeitendem Universal-Messsystem	252
7.2.7	Richtbank mit Ultraschall-Universal-Messsystem	253
7.2.8	Stechmaß	255
7.2.9	Maßangaben und -toleranzen	257
7.2.10	Zusammenfassung der Karosserievermessung	258
7.2.11	Aufbausituationen	270
7.3	Rückformen beschädigter Karosserien	283
7.3.1	Umlenken der Rückformungskraft	285
7.3.2	Großflächige Rückformung	287
7.3.3	Rückformen eines Seitenschadens	288
7.3.4	Zusammenfassung Rückformen	289
7.4	Ausbeulen von Karosserieblech	290
7.4.1	Elastizität und Formbarkeit von Karosserieblech	296
7.4.2	Ausbeulwerkzeuge und ihre Wirkung	298
7.4.3	Gegenhalter	301
7.4.4	Ausbeultechniken	305
7.4.5	Feinrichten von Karosserieblech	316
7.4.6	Verzinnen von Karosserieblech	316
7.4.7	Oberflächenbeschaffenheit nach dem Ausbeulen ohne Materialauftrag	327
7.4.8	Beispiel einer konventionell durchgeführten Ausbeularbeit	328
8	Abschnittsreparatur	331
8.1	Schnittlinienführung	338
8.1.1	Gesamt-Karosserie-Reparaturkonzept am Beispiel Opel Astra-J	345
8.2	Schutzgasschweißen	353

8.3	MIG-Löten bei der Karosserie-Instandsetzung	356
8.4	Widerstands-Punktschweißen	365
8.5	Kurzzeichen für Schweißverfahren und Verbindungsarten	375
8.6	Fügesymbole bei der Karosserie-Instandsetzung	376
8.7	Hartlöten (Symbol: )	377
8.8	Korrosionsschutz	381
9	Alternative Karosseriebau-Werkstoffe und deren Instandsetzung	387
9.1	Höherfestes Karosserieblech	389
9.1.1	Reparieren von höherfestem Karosserieblech	390
9.1.2	Ausbeulen von höherfestem Karosserieblech	391
9.1.3	Rückformen von höherfestem Karosserieblech	394
9.1.4	Indirekter Einfluss von höherfestem Karosserieblech auf die Reparatur	395
9.1.5	Verschleiß von Schweißpunktfräsern beim Bearbeiten von höher- und höchstfestem Karosserieblech	396
9.1.6	Zusammenfassung Höherfestes Karosserieblech	397
9.2	Aluminiumlegiertes Karosserieblech	399
9.2.1	Wichtige Grundlagen über Aluminium-Karosseriebleche	400
9.2.2	Ausbeulen und Oberflächenbearbeitung von aluminiumlegierten Karosserieteilen	401
9.2.3	Rückformen von aluminiumlegierten Karosserieteilen	404
9.2.4	Schweißarbeiten an aluminiumlegierten Karosserien	405
9.2.5	Risskontrolle nach Schweißarbeiten, Rückformungen und Ausbeularbeiten	412
9.2.6	Unterschiedliche Reparaturvorschriften für Pkw-Karosserien aus Aluminium	413
9.3	Verzinktes Karosserieblech	430
9.4	Kunststoffe an der Karosserie-Außenhaut	434
9.4.1	Fachbegriffe in der Kunststofftechnik	435
9.4.2	Grundlagen der Kunststofftechnik	437
9.4.3	Identifizierung von Kunststoffen	439
9.4.4	Reparatur mit 2-Komponenten-Materialien	440
9.4.5	Kunststoffreparatur durch Schweißen	444
9.4.6	Handlaminierverfahren mit Harzen und Gewebematten, GFK	448
9.4.7	Qualitätsprüfung von reparierten und lackierten Kunststoffen	452
9.4.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Neuteil oder Reparatur?	457
9.5	Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe im Karosseriebau, CFK	458
9.5.1	CFK bei Lamborghini	462
9.5.2	CFK bei der Pkw-Unfallschaden-Instandsetzung	463
9.5.3	Highlight: Selbstheilendes CFK-Karosseriebauteil des Lamborghini Terzo Millennio	467
9.5.4	Karosserie-Instandsetzung am BMW i3 mit CFK-Bauteilen	468
9.5.5	Kunststoff und Umwelt	474

10	Unfallschaden-Reparatur an Beispielen	477
10.1	Besonderheiten bei der Instandsetzung von Seitenschäden – Beispiel Ford Sierra Kombi	477
10.2	Kalt- statt Warmfügen – Beispiel BMW 5er-Serie	481
10.3	Seiten-/Heckschaden-Instandsetzung – Beispiel Toyota Prius	486
11	Die Reparaturlackierung bei der Karosserie-Instandsetzung	491
11.1	Die Werkslackierung	494
11.2	Reparaturlackierungen	495
11.2.1	Begriffsbestimmungen bei der Reparaturlackierung	497
11.2.2	Neulackierung als Reparaturlackierung	497
11.2.3	Zeitwertlackierung	497
11.2.4	Verkaufs- oder Gebrauchtwagenlackierung	497
11.2.5	Beispritzen / Beilackieren	498
11.2.6	Spot Repair (Punkt-Reparaturlackierung)	498
11.3	Untersuchen und Beurteilen des Untergrundes	506
11.3.1	Farbton-Überprüfung	507
11.4	Reparaturlackierung Pkw	512
11.4.1	Oberflächen-Vorbehandlung	512
11.4.2	Spachtelarbeiten	513
11.4.3	Aufbringen von Vormaterialien	514
11.4.4	Decklackierung	517
11.4.5	Zusammenfassung „Reparaturlackierung auf metallischem Untergrund“	521
11.4.6	Eigenschaften von Reparaturlacken bezüglich Umwelt und Nachhaltigkeit	521
11.4.7	Schadensbilder an lackierten Flächen mit metallischem Untergrund	525
11.4.8	Aktuelle Hinweise zur Fahrzeug-Reparaturlackierung	528
11.4.9	Besonderheit: Lackschäden im Frühling durch die Autowaschanlage	533
11.5	Kunststofflackierung	534
11.5.1	Vorbereitung des Kunststoffteils	534
11.5.2	Statische „Entladung“ des Kunststoffes	535
11.5.3	Auftragen von Haftvermittler / Füller oder Haftfüller	536
11.5.4	Auftragen des Decklacks	537
11.5.5	Reparatur von Scheinwerfer-Schutzscheiben aus Polycarbonat, PC	538
11.5.6	Spot-Repair-Lackierung mit Aerosoldosen	545
11.6	Werkstattausstattung für die Reparaturlackierung	554
11.6.1	Druckluftanlage	555
11.6.2	Spritzpistolen	556
11.6.3	Atenschutzmaßnahmen	558
11.7	Betriebsgröße, -fluss und -ausstattung in einem Karosserie- und Lackbetrieb	559
11.7.1	Basis: Anzahl Durchgänge pro Tag	559
11.7.2	Fünf Umsetzungskonzepte für die Pkw-Reparaturlackierung	559
11.7.3	Lackiererei-Varianten in der Übersicht	560
11.7.4	Energiesparende Lackieranlagen	560
11.7.5	Universalarbeitsplätze zur Fahrzeuglackier-Vorbereitung	562

11.7.6	Multifunktions-Arbeitsplätze – höchste Effizienzsteigerung	564
11.7.7	Lackierkabinen mit Portal Trocknern	566
11.7.8	Spot-Repair-Anlagen für den Kleinschaden	566
12	Beispielhafte Arbeitsprozessoptimierungen – Auswahl	571
12.1	Systematische Pkw-Unfallschaden-Erfassung	571
12.1.1	Schadenaufnahme mit Hilfe der Fahrzeughersteller- Instandsetzungsvorgaben am Beispiel Opel Insignia	575
12.1.2	Weitere grundsätzliche Hinweise zur Schadensfeststellung	578
12.1.3	Schadenerfassung und Anwendung der betrieblichen Verwaltungssoftware (Dealer-Managementsystem, DMS)	580
12.2	EDV-Schadenkalkulation am Beispiel DAT	581
12.3	Unterwiesener für Hybrid-/Wasserstoff-/Elektroantriebe	589
12.4	Karosserie-Außenausbeulen (lackierfrei oder großflächig)	592
12.5	Karosserie-Richtbank-Instandsetzung / Elektronische Karosserievermessung	595
12.6	Kombinierte Fügetechniken und -geräte (Kleben, Nieten, Schweißen)	597
12.7	Karosserie-Klebertechniken und -Dichtnähte	600
12.8	Karosserie-Instandsetzung BMW 7er (CFK, Aluminium und Stahl)	602
12.9	Schleif- und Spachtelarbeiten zur Lackiervorbereitung und zum Lackier-Finish	604
12.9.1	Arbeitszeit des Schleifens bei einem Lackierauftrag	606
12.9.2	Spot-Lackierung	607
12.10	Reparaturlackierung und Lackier-Finish	609
12.10.1	Basisfarben mit optimiertem Deckvermögen	610
12.10.2	Schnell trocknende Klarlacke	611
12.10.3	Lackier-Finish	611
12.11	Fehlerspeicher-Auslese / Fehlerdiagnose	616
12.12	Licht und ADAS-Kalibrierung / Fahrwerksdiagnose	618

Teil III Spezial-Reparaturmethoden

627

13	Austrennen und Einkleben von Autoscheiben	627
13.1	Grundlagen über eingeklebte Autoscheiben	627
13.1.1	Die Windschutzscheibe aus Verbundsicherheitsglas	627
13.2	Trennung der Klebeverbindung durch eingelegten Heizdraht	638
13.3	Trennung durch einfache Draht-Zieh-Methode	638
13.4	Trennung durch Draht-Zieh-Methode mit Aufspulvorrichtung	640
13.5	Trennung mit Schneidefaden, der bereits im Kleber liegt	643
13.6	Trennung durch mechanisches Kaltschneideverfahren	644
13.7	Trennung durch Thermoschneideverfahren	646
13.8	Einbau einer zu verklebenden Autoscheibe	647
13.9	Übungsvorschläge	649
13.10	Fahrzeughersteller-Hinweise zur Scheibenerneuerung	650
14	Reparatur von Verbundglasscheiben	653
14.1	Schadstellen-Definition	653
14.2	Gesetzliche Voraussetzungen für die Reparatur	655

14.3	Reparaturverfahren	655
------	--------------------------	-----

15 Wirtschaftliche Instandsetzung von durchgerosteten

Karosseriepартien	663
15.1 Rostschaden-Instandsetzung	663
15.2 Gefährliche Karosserieverstärkungen	666
15.3 Schweißen und Nieten von Reparaturblechen	667
15.4 Einkleben von Reparaturblechen	671
15.5 Reparaturabnahmekriterien nach § 29 StVZO	677

16 Smart Repair

16.1 Kühlerpin-Erneuerung reduziert Instandsetzungskosten	681
16.2 Instandsetzung von Scheinwerfergehäusen	682
16.3 Kabelsatz-Instandsetzung	683
16.4 Lederreparatur	685
16.5 Felgenaufbereitung mit System	686
16.6 Hagelschaden-Instandsetzung – lackierfrei	697
16.6.1 Wärmetechnische Methode durch induktives Erwärmen	698
16.6.2 Das Hebelsystem (lackierfreies Ausbeulen)	699
16.6.3 Lackierfreies Außenausbeulen mit aufzuklebendem Zugstempel	708
16.6.4 MAGLOC-Verfahren	710

Teil IV Markt und Betriebsorganisation

17 Karosserie-Instandsetzung und Lackierung – Markt und Trends

17.1 Historie	714
17.1.1 Regularien	716
17.1.2 Geschäftsprozesse / Schadenmanagement	719
17.1.3 Technik	724
17.2 Der K&L-Instandsetzungsmarkt – Ein Modell	726
17.3 Der Markt in Zahlen	732
17.3.1 Fahrzeugbestand, Unfallzahlen und Schadenraten	742
17.3.2 Anzahl und Umfang von Schäden aus der Kraftfahrtversicherung	746
17.3.3 Struktur und Umfang von K&L-Schadeninstandsetzungen	749
17.3.4 Das K&L-Instandsetzungsmarktvolumen für Personenkraftwagen – Eine Abschätzung	752
17.3.5 Hauptakteure in der Unfallschadenbranche und deren Strukturen	754
17.3.6 Planung und Auslastung von K&L-Betrieben – Beispiele	756
17.4 Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik	759
17.5 Unfallschaden-Management	770
17.5.1 Unfallschaden-Management – Ein Überblick	771
17.5.2 Verschiedene Ansätze des Unfallschaden-Managements	772
17.5.3 Kfz-Unfallschaden-Abwicklung in der Praxis	778
17.5.4 Unfallschaden-Steuerung – Aktuelle Trends und Ausblick	782
17.6 eCall – Technik, Akteure und Kritik	785
17.7 Fazit und Ausblick	787

18	Optimierter Arbeitsprozessfluss und richtige Betriebsgröße sichern die profitable Unfallschaden-Instandsetzung	789
18.1	Instandsetzungsprozess und Mitarbeiterkapazitäten	789
18.2	Tätigkeitsbeschreibungen als Grundlage für Arbeitsprozess-Darstellungen	795
18.3	Unfallschaden-Kategorien	796
18.4	Lackiererei	801
18.4.1	Lackiererei-Varianten in der Übersicht	804
18.5	Karosserie-Arbeitsplätze	808
18.5.1	Hat die Richtwinkelbank ausgedient?	808
18.5.2	Karosseriekonstruktionen bestimmen die Arbeitshilfsmittel	810
18.5.3	Neue Karosserie-Baumaterialien	811
18.5.4	Der optimierte Karosserie-Arbeitsplatz	812
18.5.5	Werkstattauslegung	818
18.5.6	Zusammenfassung Werkstatteinrichtung	819
18.5.7	Instandsetzungsgeräte und -werkzeuge	822
18.5.8	Investitionsgrundlagen	825
18.5.9	Umsetzung des optimierten Karosserie-Arbeitsplatzes	828
18.5.10	Der Karosserie-Kompaktarbeitsplatz	831
18.6	Zeitverschwendungen beim kompletten Unfall-Instandsetzungsprozess erkennen und abbauen	836
18.6.1	Beispiele für Zeitverschwendungen und deren Abstellmaßnahmen	838
19	Profi(t)center Karosserie- und Lack-Instandsetzung	841
19.1	EDV-Einsatz	841
19.2	Gebäudeanforderungen	844
19.3	Personal	845
19.4	Karosseriemarketing	845
19.5	Gebrauchtteile-Verwendung	854
19.6	Altauto-Verordnung	855
19.7	Konkrete Betriebsplanung	855
19.7.1	12 Planungsschritte bis zum eigenen Karosserie- und Lackierbetrieb	855
19.8	Betriebsergebnisse	878
19.8.1	Grenzkosten-Stundenverrechnungssatz	878
19.8.2	Key Performance Indicators (Schlüsselzahlen)	883
20	Der Unfallschaden-Manager – Kfz-Unfallschaden-Management (USM) als europaweiter Qualifizierungsansatz	887
20.1	Ausgangssituation	887
20.2	Herausforderung	888
20.3	Basis des EU-Projektes „Unfallschaden-Manager, USM“	888

20.4	Universität Bremen startet nach Pilotphase das EU-Projekt „USM“	889
20.5	Leonardo da Vinci – Innovationstransfer	890
20.6	Abschlusskongress USM-Projekt	891
Stichwortverzeichnis		901

7 Vorbereitungen zur Karosseriereparatur und die daraus abgeleitete Werkstattpraxis

Lernziele

- Die Vorbereitungsarbeiten zur Karosseriereparatur erläutern und die Wieder-Inbetriebnahme des Fahrzeugs nach dem Ab- und Ankleben der Fahrzeugbatterie beschreiben
- Theoretische Grundlagen der dreidimensionalen Karosserievermessung in Stichworten angeben
- Zweidimensionale Stechmaßvermessung einer Karosserie beschreiben und die Einschränkung des Messergebnisses gegenüber der dreidimensionalen Vermessung darstellen
- Zusammenspiel von Achs- und Karosserievermessung nennen
- Unterschiedliche Werkstatt-Messverfahren zur Karosserievermessung aufzählen
- Spezifische Unterschiede der Karosserie-Messverfahren erläutern
- Vorgehensweisen zum Vermessen einer Pkw-Karosserie mit einem Schweißlehren- und Richtwinkelsystem erklären
- Arbeitsweise von mechanischen und optischen universellen Mess- und Richtsystemen beschreiben
- Vermessung von oberen Karosseriepartien darstellen
- Besonderheiten bei der Karosserievermessung in der Werkstatt nennen
- Möglichkeiten zum Training des Vermessens von Karosserien aufzählen

Lerninhalte

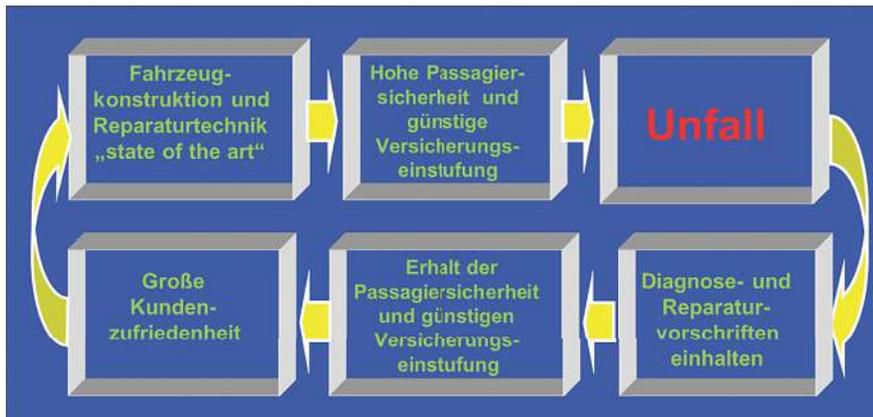
- Vorbereitung zur Karosseriereparatur und Wieder-Inbetriebnahme des Fahrzeugs nach der Reparatur
- Grundlagen der Karosserievermessung
- Karosserievermessung mit dem Stechmaß
- Achs-/Karosserievermessung
- Karosserie-Messverfahren in der Werkstatt
- Besonderheiten der Karosserie-Messverfahren
- Arbeiten mit unterschiedlichen Messsystemen
- Vermessung höhergelegener Karosseriepunkte
- Werkstatt-Tipps

Autofahrer gehen zu Recht davon aus, dass ein Pkw nach der Reparatur eines Unfallschadens die gleichen Qualitäten besitzt wie das unfallfreie Fahrzeug. Daher dienen die nachfolgenden Beschreibungen dem Verständnis, mit welchen Zielen die Instandsetzungen von Pkw-Unfallschäden vorzunehmen sind.

Das richtige Arbeiten an Karosserieteilen wird zwar am besten in der Praxis erlernt, dennoch sind einige theoretische Grundkenntnisse erforderlich. So müssen die Eigenschaften der zu bearbeitenden Materialien bekannt sein, um verschiedene Arbeitsabläu-

Bild 7.1

Kreislauf eines Auto-
lebens mit Unfall



fe richtig zu verstehen. Außerdem muss man vor dem Arbeitsbeginn den Reparaturweg systematisch und abhängig von der Deformation festlegen und planen. Aus diesem Grund sind den am Beispiel dokumentierten Arbeitsabläufen die notwendigen Erklärungen vorangesetzt.



Achtung: Bei einigen, hauptsächlich amerikanischen Fahrzeugtypen verläuft der Stromfluss umgekehrt. Auf die Vorsorgearbeiten zur Karosserie-reparatur hat das aber keinen Einfluss. Bei Schutzgas- oder Widerstandspunkt-Schweißarbeiten fließen hohe Ströme über die Karosserie in umgekehrter Richtung zu den Verbrauchern. Dadurch ist die Zerstörungs-gefahr der elektrischen Bordanlage sehr groß. Durch den Einsatz hoch-moderner Elektronik sind sehr viele Bauelemente vorhanden, die mit nur ganz geringen Stromstärken beaufschlagt werden dürfen.

7.1 Vorbereitung auf die Karosseriereparatur

Dieser Abschnitt erläutert die Arbeiten zum Schutz des Fahrzeugs und seiner Aggregate. Zunächst zur elektrischen Anlage des Autos: Im normalen Fahrbetrieb durchfließt ein elektrischer Strom das Fahrzeug, der alle Verbraucher versorgt. Damit der Stromfluss zustande kommt, dient die Karosserie bei einem herkömmlichen Bordnetz als Minuspole (Masse).

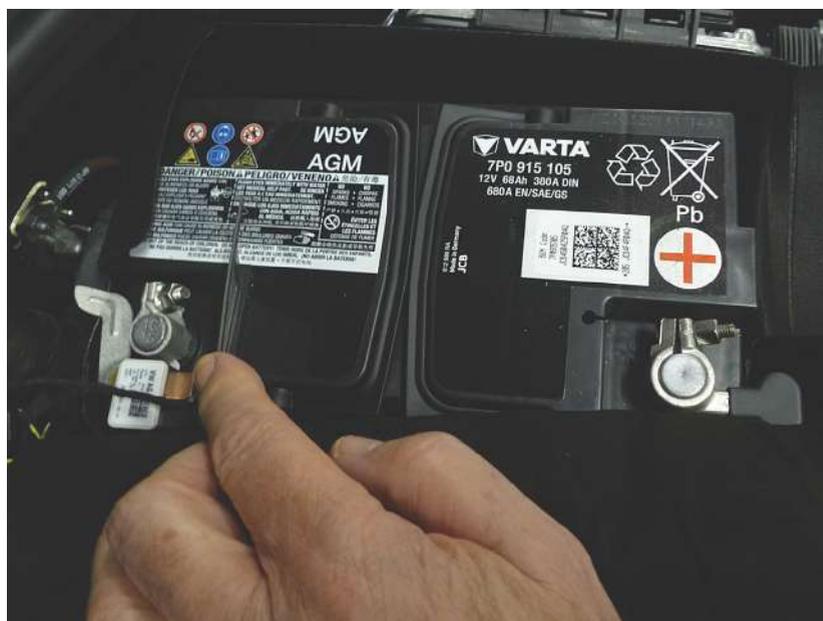
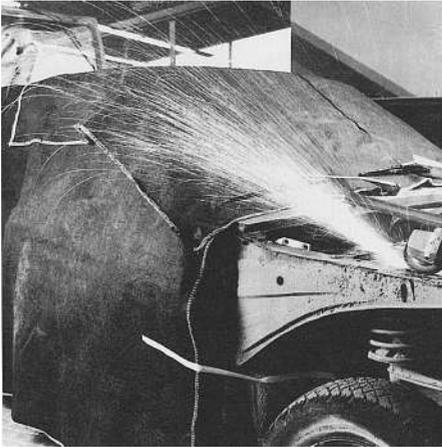


Bild 7.2a Abklemmen der Fahrzeugbatterie

Zum Schutz der Elektrik/Elektronik im Fahrzeug müssen bei vielen Fahrzeugmodellen vor den Schweißarbeiten die Batterie, der Drehstromgenerator, Steuergeräte für ABS, ASR-Systeme und andere Anlagen sowie eventuell vorhandene Energiespeicher für Airbag-Systeme abgeklemmt werden. Bei neueren Elektronikmodulen kann das Abklemmen vom Bordnetz z.T. entfallen bzw. die Geräte dürfen nicht abgeklemmt werden (Datenverlust). Achtung: Vor dem Abklemmen einer Fahrzeugbatterie sind die Hinweise des Fahrzeugherstellers zu lesen. Nach dem Wieder-Anklemmen ist insbesondere das Anlernen der flüchtigen Speicher verschiedener Elektrik-Komponenten zu beachten (z.B. Fensterheber).



Bilder 7.2b und 7.1c Funkenfeste Abdeckplanen gehören zu jeder Karosseriereparatur.

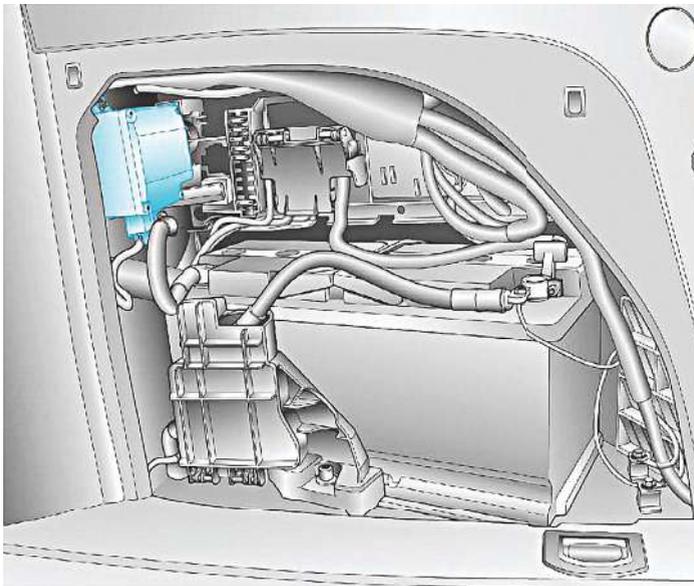


Bild 7.2d

Steuergerät für Energiemanagement
[Quelle: Audi AG]

Bild 7.2e
Fremdstartbolzen
[Quelle: Audi AG]

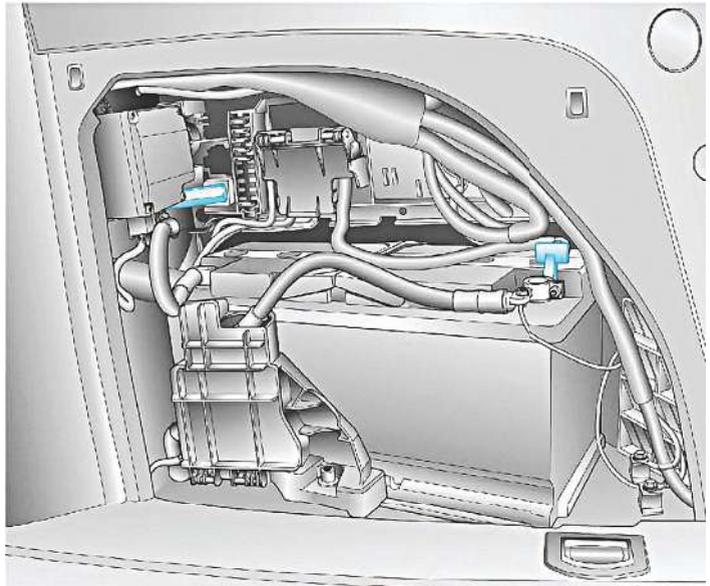
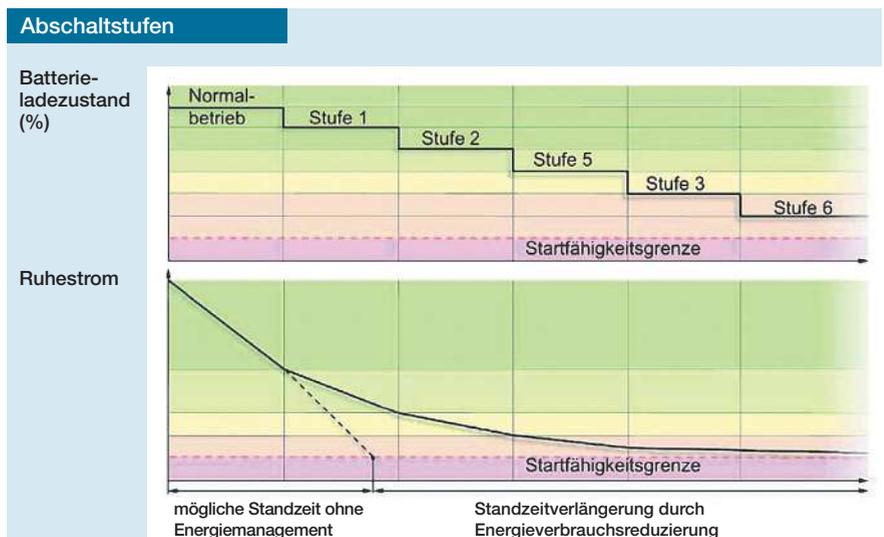


Bild 7.2f
Abschaltstufen des
Energiemanagements
im Auto
[Quelle: Audi AG]



7.1.1 Vorbereitungsarbeiten und Wieder-Inbetriebnahme

Nachfolgend sind die wichtigsten Schritte einer Karosserie-Instandsetzung, deren Auswirkungen und die erforderlichen Nacharbeiten (Reprogrammierung) dargestellt. Um dafür einen zusammenhängenden Ablauf beschreiben zu können, sind die Arbeiten am Fabrikat Audi erläutert. Voraussetzung: Die Batterie war abgeklemmt und muss nun wieder angeklemmt werden.

Batterie abklemmen/Umgang mit dem Airbagsystem

- Grundsätzlich sind die Sicherheitsvorschriften laut Hersteller zu beachten; diese werden nach Bedarf angepasst.
- Bei allen Tätigkeiten am Airbagsystem ist die Batterie abzuklemmen.

Bei Fahrzeugen mit elektronischem Zündschloss ist bei Arbeiten am Airbag die Batterie bei eingeschalteter Zündung abzuklemmen.

Batterie anklemmen

Nach dem Anklemmen der Batterie sind die fahrzeugspezifischen Tätigkeiten gemäß Reparaturleitfaden vorzunehmen:

- Fensterheber anlernen,
- Zweitschlüssel synchronisieren,
- je nach Modell und Ausstattung auch noch andere Arbeiten.

Wurde die Reparatur des Airbagsystems beendet, ist laut Reparaturleitfaden nach dem Anklemmen der Batterie und „Zündung ein“ kein Fehlereintrag im Fehlerspeicher vorhanden.

Beispiel Airbag- und Gurtstraffer-Sensoren bei der Unfall-Instandsetzung am Opel Astra-J
Damit es hierbei zu keinen Missverständnissen bezüglich der Arbeiten „Batterie abklemmen“, „Sensor aus-/umbauen“ und „Wiederinbetriebnahme“ kommt, muss die richtige Handhabung, entsprechend dem jeweils betroffenen Opel-Modell, im TIS (Technisches Informationssystem) nachgelesen werden. Generell gelten folgende Grundregeln:

- Es ist zu prüfen, ob Bauteile des Airbag-Systems und deren Sensoren ausgelöst haben bzw. beschädigt wurden (*Supplemental Inflatable Restraint-System, SIR*, deutsch: unterstützendes aufblasbares Rückhaltesystem).
- Die Lage der SIR-Bauteile ist in einer speziellen Grafik im TIS dargestellt.
- Ist eines der SIR-Bauteile betroffen oder wird in dessen Nähe repariert, muss vor allen weiteren Arbeiten das Minuskabel der Batterie abgeklemmt werden (Zündung vorher ausschalten!).
- Nach der Karosseriereparatur ist das Minuskabel der Batterie wieder anzuklemmen.
- Danach die Zündung einschalten: Die Airbag-Kontrolllampe blinkt auf und erlischt. Ist das nicht der Fall, muss eine SIR-Diagnose vorgenommen werden.

Zusatz-Hinweise:

Ist bei der Demontage oder Montage ein SIR-Bauteil aus einer Höhe von mehr als 90 cm versehentlich auf den Boden gefallen, ist dieses vorsorglich zu erneuern.

Steuergerät für Energiemanagement (Bilder 7.2d bis 7.2.f)

Das Steuergerät für das Energiemanagement hat folgende Funktionen:

- Batteriemanager – zur Überwachung des Ladezustandes der Batterie,
- Ruhestrom-Manager – zur Deaktivierung der Standverbraucher,
- dynamisches Management – zur Ladespannungsregelung und Verbrauchsreduzierung.



*Achtung: Das **S**ensor- und **D**iagnosemodul (SDM) für den Airbag besitzt einen Reserve-Energievorrat, der den Airbag auch ohne Stromzufuhr auslöst. Für Service-Arbeiten gilt, dass man nach dem Abklemmen der Batterie noch 1 Minute warten muss, bevor man mit dem Ausbau des Airbag-Moduls beginnen kann.*

Batteriemanager: Der Batteriemanager ist mit großer Sorgfalt zu behandeln, damit seine Funktionen erhalten bleiben:

- Laden der Batterie nur über die Fremdstartbolzen (= Ladebolzen für Batterieladegerät: hier sind die Klemmen des Ladegerätes anzuschließen, damit das Steuergerät für das Energiemanagement den Ladevorgang erfassen kann).
- Nach dem Tausch der Batterie ist in der „geführten Fehlersuche“ das Steuergerät für das Energiemanagement neu zu codieren.
- Bei Arbeiten mit eingeschalteter Zündung ist immer ein Ladegerät anzuschließen.

Ruhestrom-Manager: Der Ruhestrom-Manager sorgt dafür, dass immer genügend elektrischer Strom zum Starten des Verbrennungsmotors vorhanden ist. Um dies zu gewährleisten, müssen bei ausgeschaltetem Motor u.U. Verbraucher abgeschaltet werden, die sonst der Batterie zu viel Strom entziehen würden. Das kann dazu führen, dass bei abgestelltem Motor plötzlich einige Funktionen nicht mehr möglich sind. Bevor man mit einer umfangreichen Fehlersuche startet, sollte ein Ladegerät angeschlossen werden, damit der Generator genügend Strom in das Bordnetz einspeist. Nachfolgend die wichtigsten Funktionen und Reaktionen des Ruhestrom-Managers in Stichworten:

- Der Ruhestrom-Manager ist immer bei „Motor AUS“ aktiv;
- er fordert bei Bedarf die Steuergeräte zur Abschaltung der Verbraucher auf;
- welche Verbraucher ein Steuergerät abschalten muss, ist hierarchisch in Abschaltstufen festgelegt;
- die Ursache von Funktionseinschränkungen kann eine aktivierte Abschaltstufe sein;
- eine eventuell aktive Abschaltstufe ist in der „geführten Fehlersuche“ ersichtlich.

Dynamisches Management

In Ergänzung zum Ruhestrom-Manager arbeitet das „dynamische Management“ bei laufendem Motor. Aufgrund der vielzähligen Stromverbraucher im Fahrzeug kann es passieren, dass die Leerlaufdrehzahl des Motors nicht ausreicht, um alle eingeschalteten Systeme über den Generator mit Strom zu versorgen. In derartigen Fällen kommt es, wie beim Ruhestrom-Manager, zum Abschalten oder zumindest zur Leistungsbegrenzung bestimmter Systeme. Die wichtigsten Funktionen und Reaktionen des „dynamischen Managements“ sind:

- Es ist immer bei laufendem Motor aktiv;
- bei einer vollen Auslastung des Generators und einem Absinken der Batterieladungsspannung unterhalb der Sollwerte werden Leistungen der Heizsysteme reduziert oder ganz abgeschaltet.

Steuergeräte mit Komponentenschutz

Je nach Fahrzeugtyp können mehr als 20 Steuergeräte mit Komponentenschutz ausgestattet sein. Bei einem neuen Steuergerät muss mit dem Diagnosetester eine Onlineverbindung zur zentralen Datenbank aufgebaut werden.

Codieren der Steuergeräte

Es gibt verschiedene Codiervarianten, die nachfolgend am Beispiel des Airbagsteuergerätes erläutert werden:

- Codierung nach Ausstattung,
- Codierung nach Softwarestand mit anschließender Anpassung der Ausstattung.

Codierung nach Ausstattung

Das Airbagsteuergerät erhält über die Codierung die Fahrzeugausstattung mitgeteilt. Dies geschieht durch die Bestätigungen beim Abfragen während der geführten Fehlersuche. Hierbei werden die jeweilige Codierung ermittelt und der Codierprozess automatisch durchgeführt:

- mit / ohne Kopfairbag?
- mit / ohne Seitenairbag hinten?
- mit / ohne Schlüssel-Schlossschalter zur Deaktivierung des Beifahrer-Airbags?

Codierung nach Softwarestand

Auch hierbei erhält das Airbag-Steuergerät über die Codierung den Softwarestand bestätigt.

- Die Codierung wird in der geführten Fehlersuche steuergerätespezifisch erstellt;
- durch ein Hochzählen der Software ändert sich die Codierung zum „alten“ Steuergerät;
- Anpassung der Ausstattung über die Anpasskanäle.

Anpassen der Steuergeräte

Zum Anlernen der Anpasskanäle können diese aus dem „alten“ Steuergerät ausgelesen, im Tester zwischengespeichert und dem neuen Steuergerät übergeben werden.

Beim Audi A6 Modelljahr 2005 z.B. sind im Avant 25 Anpassungen vorzunehmen, u.a.

- Kilometer,
- Sprache,
- Tankgeberkennlinie,
- Wartungsintervalldaten usw.

Fahrzeuge mit Wegfahrsperre

Die Freischaltung der Wegfahrsperre bleibt dem Fahrzeughersteller vorbehalten. Dies trifft auch nach der neu gefassten Kfz-GVO zu, da hiermit dem Fahrzeug-Diebstahl vorgebeugt werden soll. Daher gilt:

- Bei Fahrzeugen mit neuer Wegfahrsperre sind die betroffenen Steuergeräte über eine Online-Anbindung freizuschalten.

Werkstatt-Tester, z.B. VAS 5052

Die vorher beschriebenen Diagnosen und Einstellungen lassen sich vollständig und ohne lange Fahrzeug- und Systemidentifikationen mit dem Fahrzeugmarken-bezogenen Werkstatt-Tester VAS 5052 (Volkswagen) durchführen. (Anmerkung: Der Tester VAS 5052 wurde seit Erscheinen durch weiterentwickelte Modelle ersetzt). Die Funktionsumfänge des Testers sind:

- Fahrzeug-Eigendiagnose,
- geführte Funktionen,
- geführte Fehlersuche,
- Online-Anbindung,
- OBD (On-Board-Diagnose),
- Abgasuntersuchung,
- Reparaturleitfaden „Elsa“,
- Multimedia-Training.