

Krafthand-Technik

Praxishandbuch Pkw-Bremsen



Technik, Service, Regelsysteme

Jens Sternbeck

Krafthand Medien GmbH

ISBN 978-3-87441-130-1

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-130-1

1. Auflage, August 2015

Autor: Jens Sternbeck

Realisierung/Lektorat: Georg Blenk

Titelgestaltung/Layout: Stefanie Schmaus, Martin Dörfler

Titelbild: Georg Blenk

Bilder/Grafiken: Audi, Blenk Georg, Bosch, Brembo, Caramba, Continental/ATE,
Hazet, Heka, Hella Pagid, Knott, KS Tools, Kunzer, Maha, Mareis Thomas, März Johann,
Meyle, Müller-Werkzeug, Sonic Equipment, Springer Vieweg, SW-Stahl, TMD Friction,
TRW, Volkswagen.

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Konrad Triltsch GmbH, Ochsenfurt-Hohestadt
Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Medien GmbH

Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen

Telefon (08247) 3007-0 · Telefax (08247) 3007-70

info@krafthand.de · www.krafthand.de · www.krafthand-medien.de

Geschäftsleitung: Gottfried Karpstein, Andreas Hohenleitner, Steffen Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen –, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Jens Sternbeck beziehungsweise der Sternbeck-Akademie © zuzuordnen.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Vorwort | 9 |
| 1. Ein kurzer historischer Rückblick | 11 |
| 2. Was bedeutet eigentlich ‚Bremsen‘ | 13 |
| 3. Der Aufbau von Pkw-Bremsanlagen | 17 |
| 3.1 Unterschiedliche Bremstypen | 17 |
| 3.1.1 Die Betriebsbremsanlage (BBA) | 17 |
| 3.1.2 Die Hilfsbremsanlage (HBA) | 17 |
| 3.1.3 Dauerbremsanlage (DBA)..... | 17 |
| 3.2 Unabhängige Bremskreise | 18 |
| 4. Die Hauptkomponenten der Bremsanlage | 21 |
| 4.1 Der Bremskraftverstärker | 21 |
| 4.1.1 Der Vakuum-Bremskraftverstärker | 21 |
| 4.1.2 Der aktive Bremskraftverstärker | 23 |
| 4.2 Prüfmöglichkeiten beim Bremskraftverstärker | 24 |
| 4.3 Die mechanische Vakuumpumpe | 24 |
| 4.4 Die elektrische Vakuumpumpe | 25 |
| 4.4.1 Die Funktion der elektrischen Unterdruckpumpe | 26 |
| 4.5 Der mechanische Bremsassistent | 29 |
| 4.5.1 Prüfmöglichkeit des mechanischen Bremsassistenten | 29 |
| 4.6 Der Hauptbremszylinder | 29 |
| 4.6.1 Der Schnüffeloch-Tandem-Hauptbremszylinder..... | 30 |
| 4.6.2 Zentralventil-Tandem-Hauptbremszylinder | 31 |
| 4.6.3 Plunger-Tandem-Hauptbremszylinder..... | 32 |
| 4.7 Prüfmöglichkeiten des Rückschlagventils, des Hauptbremszylinders | 33 |
| 4.7.1 Die Prüfung des Rückschlagventils | 33 |
| 4.7.2 Die Prüfung des Hauptbremszylinders | 34 |
| 4.7.3 Die Niederdruck-Prüfung | 34 |
| 4.7.4 Die Hochdruck-Prüfung | 36 |
| 4.8 Der Ausgleichsbehälter | 36 |
| 4.9 Bremsleitungen und -schläuche | 37 |
| 4.9.1 Die Bremsleitungen..... | 37 |
| 4.9.2 Die Bremsschläuche | 37 |
| 4.9.3 Stabilisierte Bremsschläuche (Stahlflex-Schläuche) | 38 |
| 4.9.4 Die Reparatur von Bremsleitungen/-schläuchen..... | 39 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.9.4.1 | Beurteilung der Bördelqualität | 41 |
| 4.10 | Radbremsysteme | 42 |
| 4.10.1 | Die Trommelbremse | 42 |
| 4.10.1.1 | Die Simplex-Trommelbremse | 42 |
| 4.10.1.2 | Die Duplex-Trommelbremse | 43 |
| 4.10.1.3 | Die Duo-Servo-Trommelbremse | 43 |
| 4.10.1.4 | Die Renaissance der Trommelbremse (von Johann März) | 43 |
| 4.10.2 | Scheibenbremsen | 47 |
| 4.10.2.1 | Festsattel | 48 |
| 4.10.2.2 | Faustsattel/Schwimmsattel | 49 |
| 4.10.2.3 | Sonderbauform: Faustsattel FNC | 50 |
| 4.10.3 | Schirmung der Brems Scheibe | 51 |
| 4.10.4 | Bremsbeläge | 51 |
| 4.10.4.1 | Aufbau der Bremsbeläge | 52 |
| 4.10.4.2 | Semimetallische Bremsbeläge | 53 |
| 4.10.4.3 | Low-Steel-Reibmaterialien | 54 |
| 4.10.4.4 | NAO-Bremsbeläge (organische Bremsbeläge) | 55 |
| 4.10.4.5 | Bremsbeläge für keramische Scheiben | 55 |
| 4.10.4.6 | Haftung zwischen Bremsbelag und Trägerplatte | 57 |
| 5. | Schadenbeurteilung in der Werkstattpraxis | 59 |
| 5.1.1 | Abgelöste Bremsbeläge | 59 |
| 5.1.2 | Bruch des Bremsbelags | 60 |
| 5.1.3 | Korrosion | 60 |
| 5.1.4 | Falsche Einbaulage | 60 |
| 5.1.5 | Belag verträgt sich nicht mit Brems Scheibe | 62 |
| 6. | Oldtimer: Die professionelle Aufbereitung von Bremssätteln | 63 |
| 7. | Feststellbremsen | 71 |
| 7.1 | Die elektrische Parkbremse | 71 |
| 7.1.1 | Die Funktionen der EPB | 72 |
| 7.1.2 | Die Notriegelung der EPB | 73 |
| 7.1.3 | Der TÜV-Modus | 74 |
| 7.1.4 | Die Berganfahrhilfe | 74 |
| 7.1.5 | Elektrische Parkbremse (EPB) für Pkw mit Trommelbremse | 75 |
| 7.2 | Fehlerdiagnose an Feststellbremsen | 75 |
| 8. | Die Bremskraftverteilung | 79 |
| 8.1 | Die mechanisch-hydraulische Bremsdruckverteilung | 79 |
| 8.1.1 | Druckbegrenzer mit fester Kennlinie | 80 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 8.1.2 | Lastabhängige Bremskraftregler | 80 |
| 8.2 | Elektro-hydraulische Bremsdruckverteilung | 80 |
| 9. | Die Bremsflüssigkeit | 81 |
| 9.1 | Mischen von Bremsflüssigkeiten | 83 |
| 9.2 | Befüllung und Entlüftung von Bremssystemen | 84 |
| 10. | Was uns in der Praxis beschäftigt | 87 |
| 10.1 | Fading | 87 |
| 10.2 | Rubbeln | 87 |
| 10.3 | Hot-Spots | 88 |
| 10.4 | Lüftspiel | 89 |
| 10.4.1 | Statisches und dynamisches Lüftspiel | 89 |
| 10.4.2 | Schrägverschleiß/Differenzverschleiß | 90 |
| 10.5 | Seitenschlag | 90 |
| 10.5.1 | Messung des Radnabenseitenschlags | 91 |
| 10.5.2 | DTV – was ist das? | 93 |
| 10.5.3 | Die Messung der DTV | 93 |
| 10.5.4 | Die Messung des Bremsscheibenseitenschlags | 93 |
| 10.6 | Vibrationen, Geräusche | 94 |
| 10.6.1 | Vibrationen | 95 |
| 10.6.2 | Geräusche | 95 |
| 10.7 | Die (De-)Montage von Bremsscheiben/Belägen in der Praxis | 96 |
| 10.7.1 | Das Einbremsen | 99 |
| 10.8 | Besondere Bremsscheibenkonstruktionen | 100 |
| 10.9 | Bremsprüfung von Allradfahrzeugen | 102 |
| 10.9.1 | Rollenprüfstand | 102 |
| 10.9.2 | Prüfung von Allradfahrzeugen mit Haldex-Kupplung | 105 |
| 10.9.3 | Plattenprüfstände | 106 |
| 11. | Nachgefragt: Interview mit Tobias Stephan, Continental | 109 |
| 12. | Sonderfunktionen moderner Bremssysteme | 113 |
| 12.1 | Erzeugung der Bremskraft durch Reibung | 113 |
| 12.2 | Das Schleppmoment | 113 |
| 12.3 | Der Starter-Generator | 114 |
| 13. | Das Anti-Blockier-System (ABS) | 115 |
| 13.1 | Grenzen des ABS | 115 |
| 13.2 | Regelbereich des ABS | 115 |
| 13.3 | Die drei Regel-Phasen | 116 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 13.4 | Die ABS-Hydraulik-Regeleinheit | 119 |
| 13.5 | Das elektronische Steuergerät | 120 |
| 13.6 | Die elektronische Bremskraftverteilung (EBV) | 120 |
| 13.7 | ABS-plus | 121 |
| 13.8 | Eigendiagnose und Notlauf der Hydroaggregate | 121 |
| 14. | Die Funktion der Bremsanlage bei Fahrerassistenzsystemen | 123 |
| 14.1 | Das erweiterte Hydraulikaggregat bei ESP und ASR | 124 |
| 14.2 | Grundfunktion des ESP-Systems | 126 |
| | 20 Jahre ESP: Giergeschwindigkeitsmesser als Kernelement | 128 |
| 14.3 | Der Bremssschlupf-, der ABS-Regler | 130 |
| 14.4 | ASR (Antriebs-Schlupfregelung) | 130 |
| 14.5 | Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) | 130 |
| 14.6 | Bremsassistent (BA) | 131 |
| 14.7 | Die aktive Gespann-Stabilisierung..... | 132 |
| 15. | Die SBC-Bremse | 135 |
| 15.1 | Sonderfunktionen der SBC-Bremse | 136 |
| 15.2 | Die Betätigungseinheit der SBC-Bremse | 137 |
| 15.3 | Die SBC-Hydraulikeinheit | 137 |
| 15.4 | Die Drucksensoren (SBC) | 138 |
| 15.5 | Das SBC-Steuergerät | 138 |
| 15.6 | Der Bremslichtschalter | 139 |
| 16. | Adaptive Brake | 141 |
| 17. | Sensoren für elektronische Brems-Regelsysteme | 143 |
| 17.1 | Raddrehzahlsensoren | 143 |
| 17.2 | Passive Drehzahlsensoren | 143 |
| 17.3 | Aktive Drehzahlsensoren (Hall-Sensoren) | 145 |
| 17.4 | Beschleunigungssensoren | 148 |
| 17.5 | Drehratensensoren | 149 |
| 17.6 | Der Wegesensor | 149 |
| 17.7 | Der Lenkwinkelsensor | 150 |
| 17.8 | Drucksensoren | 150 |
| 17.9 | Die Abstandsmessung – Nahbereichssensoren | 151 |
| | Der Autor | 153 |
| | Stichwortverzeichnis | 155 |

Vorwort

Neben dem Beschleunigen ist das Bremsen die zweite dynamisch anspruchsvolle Aufgabe, die ein Fahrzeug zu bewältigen hat. So gilt es Bewegungsenergie in Verzögerungsenergie (Reibung) und infolge in Wärmeenergie umzuwandeln und diese Wärmeenergie bestmöglich abzuführen, ehe die Komponenten der Bremsanlage beschädigt werden.

Von einfach zu komplex

Die erste Langstreckenfahrt in der Geschichte des Automobils unternahm Bertha Benz im Jahr 1888. Auf einer einhundert Kilometer langen Strecke mussten früher mehrfach die Beläge des Bremssystems getauscht werden. Heutige Bremsen halten viel länger durch, obwohl sie einiges mehr zu verkräften haben. Dabei werden sie von unterschiedlichen Sensoren, Steuergeräten, elektromechanischen oder hydraulischen Verstärkern unterstützt – ein komplexes System, das zuverlässig funktionieren muss.

Fundiertes Wissen

Wer an solch wichtigen Kfz-Komponenten arbeitet, sollte mehr kennen als nur die Schraube, die festgezogen werden muss. Ein fundiertes Wissen über die einzelnen Bestandteile einer modernen Bremsanlage und deren Zusammenwirken hilft Feh-

ler zu finden – und zu vermeiden. Egal ob Kunde oder Technik, beide werden wenn man so will immer ‚sensibler‘. Was das Thema Bremsen angeht muss man heute viel genauer hinschauen.

Das Ziel dieses Buches ist es, einen systematischen Überblick über moderne Bremssysteme zu liefern und für die hinsichtlich der Mechanik immer empfindlicheren Systeme zu sensibilisieren.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und Erkenntnisgewinn bei der Lektüre!



Jens Sternbeck, im Juni 2015

4. Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

4.1 Der Bremskraftverstärker

Bei modernen Fahrzeugen mit wesentlich höherem Fahrzeuggewicht und weitaus höherer Maximalgeschwindigkeit als zu den Anfängen des Automobils, reicht die Fußkraft als Bremskraft allein nicht mehr aus. Die im Allgemeinen als Hilfskraft bezeichnete Kraft, die nötig ist um eine moderne Bremsanlage zuverlässig zu bedienen, kann mit unterschiedlichen Mitteln erzeugt werden. Die Hilfskraft addiert sich zu der Fußkraft, und so ist eine wesentlich höhere Bremskraft möglich. Im modernen Kfz finden im Wesentlichen zwei Hilfskraft-Arten Anwendung:

- Die hydraulische Hilfskraftherzeugung,
- die Hilfskraftherzeugung über ein Vakuum.

4.1.1 Der Vakuum-Bremskraftverstärker

In den meisten Praxisfällen findet der Kfz-Service-Profi einen Vakuum-Bremskraftverstärker vor. Das liegt vor allem daran, dass das Vakuum häufig ohne zusätzlichen Bauaufwand zur Verfügung steht (Ansaugbereich) und außerdem die Herstellung solcher Bremskraftverstärker günstiger ist, als die hydraulische Variante.

Da Dieselfahrzeuge oder moderne benzingetriebene Pkw (Direkteinspritzer) in vielen Betriebssituationen kaum oder nur wenig Vakuumdruck zur Verfügung stellen können, kommen meist separate Vakuumpumpen zum Einsatz.



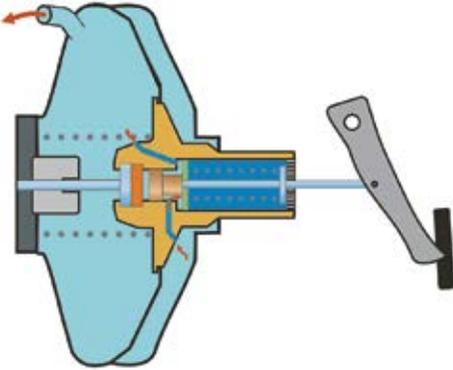
4.0 Bremsgerät: Hauptbremszylinder und Bremskraftverstärker. Bild: FTE Automotive

Arbeitsweise

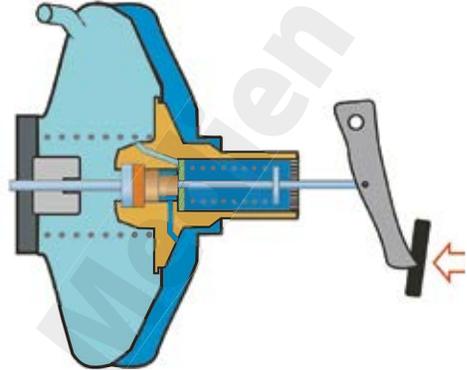
Der Bremskraftverstärker arbeitet über drei Grundfunktionen. Für das richtige Verständnis bei der Reparatur beziehungsweise der Diagnose in der Werkstattpraxis ist es wichtig, die grundlegenden Vorgänge zu verstehen. Deshalb wird nachfolgend auf diese drei Grundfunktionen eingegangen.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

Grundfunktion 1: Die Ruheposition



4.1 *Bremskraftverstärker-Stellung 1: Die Ruheposition.*



4.2 *Bremskraftverstärker-Stellung 2: Die Teil-Bremsstellung.*

In der Ruheposition bei unbetätigtem Pedal steht an beiden Seiten der Membrane des Bremskraftverstärkers (BKV) ein identischer Unterdruck an. Die eingebaute Feder drückt den Membranteller gegen den auf das Steuergehäuse wirkenden atmosphärischen Druck in die Grundstellung.

Grundfunktion 2: Die Teil-Bremsstellung

Während einer Teil-Bremsstellung wird durch Betätigen der Kolbenstange das Tellerventil betätigt. Damit schließt sich die Verbindung zur pedalseitigen Arbeitskammer. Wird das Bremspedal weiter betätigt, öffnet sich die Verbindung zur Außenluft. In der Folge drückt der atmosphärische Druck nun auf die eine Seite der Membrane. Durch den nun vorhandenen Druckunterschied an beiden Membranseiten wird die Membrane und somit auch der Mem-

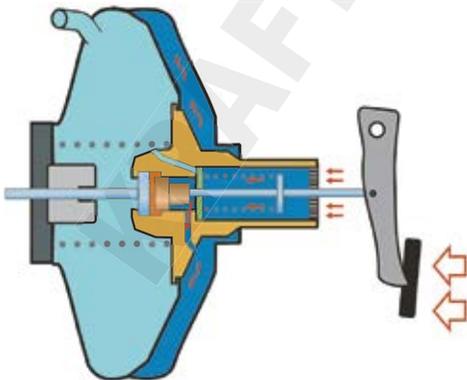
branteller in die Richtung des Hauptbremszylinders gedrückt und bildet somit die Hilfskraft. Während die Fußkraft und die Hilfskraft Druck auf den Hauptzylinder ausüben, kommt die Vorwärtsbewegung je nachdem, wie stark das Fußpedal betätigt wird, an einem Punkt zum Stehen, wenn die Fußkraft plus Hilfskraft dem Gegenruck im Hauptbremszylinder gleicht. Durch die Einwirkung der Reaktionsscheibe schließt der Ventilkolben das Tellerventil und somit ist die Zufuhr des atmosphärischen Druckes unterbrochen. Nun ist eine Position erreicht, bei dem jede Änderung der Fußkraft eine Folgereaktion in die eine oder andere Richtung (Bremsdruckerhöhung oder Bremsdruckverminderung) erzeugt.

**Grundfunktion 3:
Die Voll-Bremsstellung**

In der ‚Voll-Bremsstellung‘ ist einerseits die Verbindung der beiden Druckkammern zueinander geschlossen und gleichzeitig die Zufuhr des atmosphärischen Drucks ständig geöffnet. Damit wirkt nun die höchste Hilfskraft, die konstruktionsbedingt möglich ist. Da in der Voll-Bremsstellung logischerweise auch die Fußkraft das Maximum erreicht hat, addieren sich die beiden Kräfte zu der höchstmöglichen Bremskraft, die mit dem verbauten System möglich ist. Eine weitere Steigerung der Bremskraft ist nur mit Hilfe der Fußkraft möglich. Eine weitere Steigerung der Hilfskraft ist nicht mehr möglich.

Rückführung in Grundstellung

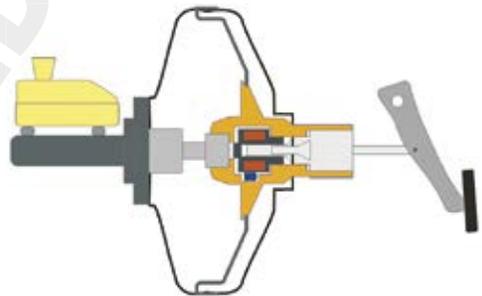
Wird das Bremspedal gelöst, baut sich in beiden Kammern identischer Unterdruck auf, sodass die Feder den Membranteller wieder in die Grundstellung zurückdrückt.



**4.3 Bremskraftverstärker-Stellung 3:
Die Voll-Bremsstellung.**

**4.1.2 Der aktive
Bremskraftverstärker**

In modernen Fahrzeugen reicht die Funktion des einfachen Bremskraftverstärkers nicht mehr aus, da verschiedene Sonderfunktionen der Fahrassistenzsysteme einen eigenen Eingriff am Bremskraftverstärker erfordern. Für diese Fahrzeuge wird ein aktiver Bremskraftverstärker eingesetzt. Ein aktiver Bremskraftverstärker ist zusätzlich zur Pedalkraft des Fahrers elektrisch ansteuerbar.



4.4 Aktiver Bremskraftverstärker: Grundstellung.

Zum Einsatz kommt in den meisten Fällen ein Magnetschalter. Damit ist es möglich, das Tellerventil zu betätigen und somit die Teilbremsstellung oder (durch Erhöhung des Ansteuerstromes) auch die Vollbremsstellung zu aktivieren. Zusätzlich findet sich bei aktiven Bremskraftverstärkern auch ein sogenannter Löseschalter, der den Fahrerwunsch ‚Brems Lösen‘ elektronisch dem Steuergerät mitteilt.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

Tipp

Der Magnetschalter und eventuell verbaute Positionsschalter oder Drucksensoren sind bei der Fehlerdiagnose unbedingt mit zu berücksichtigen!

4.2 Prüfmöglichkeiten beim Bremskraftverstärker

Vor der Prüfung eines Bremskraftverstärkers ist unbedingt sicher zu stellen, dass das Unterdruck-Versorgungs-System fehlerfrei arbeitet. Ist dies der Fall gehen Sie folgendermaßen vor:

- Den Motor abstellen.
- Das Bremspedal zunächst mehrmals betätigen, bis sich der Unterdruck abgebaut hat.
- Jetzt das Bremspedal leicht treten und in einer Teil-Bremsstellung die Position halten.
- Den Motor wieder starten.
- Nun muss sich das Bremspedal durch den sich aufbauenden Unterdruck merklich absenken.

Fehlt die **Bremskraftunterstützung**, kann auch eine Undichtigkeit in der Vakuum-Versorgung oder ein Fehler des Rückschlagventils vorliegen. Dies ist bei Bedarf zu prüfen.

Eine aufwendigere Prüfung liefert exakte Ergebnisse. Die Hersteller-Sollwerte sollten dabei bekannt sein. Es handelt sich bei der Prüfung um einen Druckkraftver-

gleich. Bei laufendem Motor wird bei einem definierten Pedaldruck und 0,8 bar Saugrohrunterdruck, welcher über ein Manometer einzustellen ist, der entsprechende Druck im Hydrauliksystem geprüft. Bei einem gängigen Verstärkungsverhältnis von circa 1:7 müssten bei einem Pedaldruck von 100 Newton (Pedalkraftmesser erforderlich) im Hydrauliksystem rund 70 bar Druck messbar sein. Bei 200 N wären das circa 110 bar. Die konkreten Werte sind bei modernen Fahrzeugen häufig in Form einer Tabelle in den Reparaturdaten zu finden. Diese Drücke müssen bei intaktem Hauptbremszylinder auch in beiden Hydraulikkreislagen identisch sein, sofern alle anderen Komponenten dicht sind.

4.3 Die mechanische Vakuumpumpe

Bei Motoren mit unzureichender Unterdruckversorgung ist oft eine mechanische



4.5 Druckaufbau: Mechanische Unterdruckpumpe (EVO II) zur Verbesserung der Bremskraft. Bild: Bosch

Unterdruckpumpe eingebaut, die in der Regel am Zylinderkopf sitzt und von der Nockenwelle des Motors angetrieben wird. Ein Defekt dieser Vakuumpumpe kann zu einer verschlechterten Bremsleistung oder sogar fast zum Ausfall der Bremshilfskraft führen.

4.4 Die elektrische Vakuumpumpe

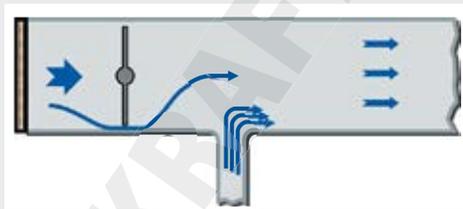
In modernen Fahrzeugen wird auch teilweise eine elektrische Vakuumpumpe eingesetzt. Bei Fahrzeugen der Euro-4-Kate-

gorie, welche mit Automatikgetriebe und Benzinmotor ausgestattet sind, findet man die elektrische Unterdruckpumpe zum Beispiel bei Fahrzeugen der VAG-Gruppe. Der Grund für die Verwendung ist die geringe Druckdifferenz im Ansaugbereich durch eine sehr weit geöffnete Drosselklappe bei folgenden Fahrsituationen:

- Leerlauf, Fahrstufe nicht ‚N‘ und Bremse getreten
- Kaltstart

Druckverhältnisse an der Drosselklappe

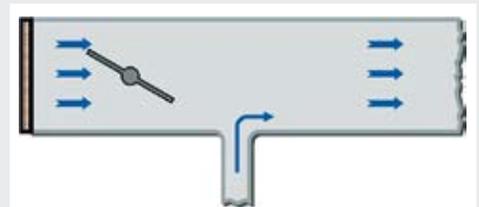
Bei Euro-4-Fahrzeugen macht die Drosselklappe bei Kaltstarts zunächst weit auf, weil ein Aufheizen des Katalysators nach dem Kaltstart notwendig ist und im Falle des stillstehenden Fahrzeugs die hydrodynamischen Widerstände im Wandler ausgeglichen werden müssen.



4.6 Drosselklappen-Ausgang: Hoher Unterdruck.

Durch den geringen Durchgangsquerschnitt liegt bei knapp geöffneter Drosselklappe eine hohe Druckdifferenz zwischen

den Bereichen, vor und nach der Drosselklappe, an. Dadurch herrscht ebenfalls ein hoher Unterdruck am Unterdruckanschluss an. Je weiter die Drosselklappe jedoch geöffnet ist, desto weniger Druckdifferenz und somit weniger Unterdruck ist im Ansaugbereich bei niedriger Drehzahl messbar. Dies hat eine geringe Unterstützung des Bremskraftverstärkers zur Folge. Eine elektrische Vakuumpumpe unterstützt den Bremskraftverstärker und gleicht das Phänomen des mangelnden Unterdrucks beim Kaltstart aus.



4.7 Drosselklappen-Ausgang: Niedriger Unterdruck.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

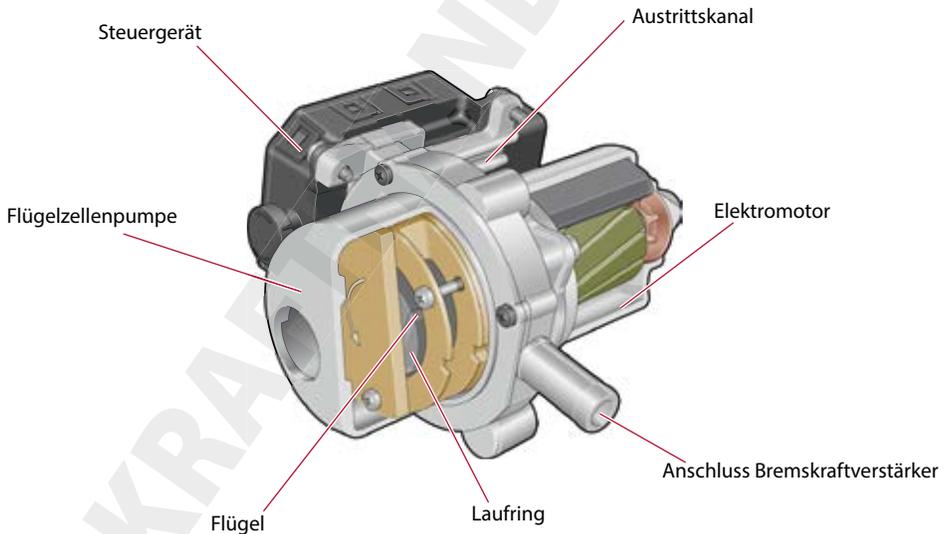
4.4.1 Die Funktion der elektrischen Unterdruckpumpe

Bei der elektrischen Unterdruckpumpe treibt ein Elektromotor eine Flügelzellenpumpe an. Bei der gesteuerten Ausführung ist am Pumpengehäuse direkt das Steuergerät angebracht, bei der geregelten Variante misst ein Drucksensor den Umgebungsdruck.

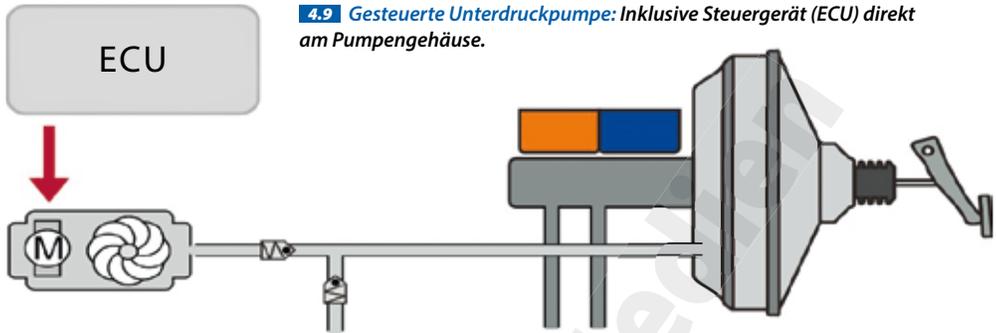
Die gesteuerte (elektrische) Unterdruckpumpe

Von ‚Steuern‘ sprechen wir, wenn kein Vergleichswert zwischen den Aus- und Eingangsgrößen eines Systems herangezogen wird. Das heißt, dass zum Beispiel die reale Pumpendrehzahl nicht als Information an das Steuergerät zurückgemeldet wird, um eventuell die Ansteuerung anzupassen.

Aufbau und Funktion der elektrischen Unterdruckpumpe



4.8 Elektrische Flügelzellenpumpe: Mit und ohne Steuergerät an der Pumpe selbst. Bild: Volkswagen AG, SSP 257



Aus den folgenden Eingangsgrößen wird bei einer gesteuerten Unterdruckpumpe der Unterdruck im Bremskraftverstärker errechnet:

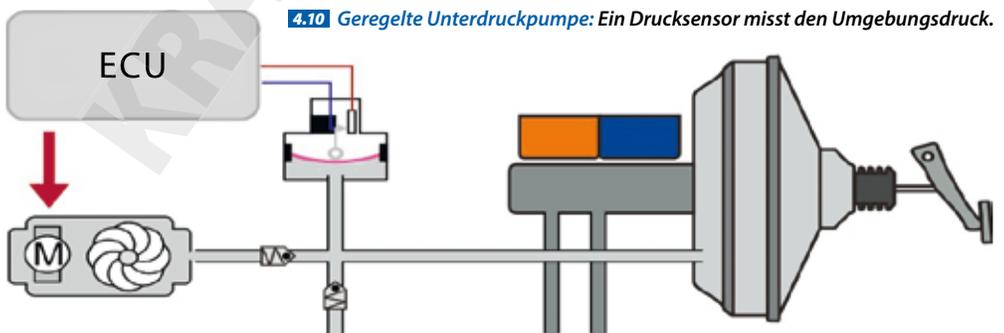
- Der Drehzahl,
- dem Verstellwinkel der Drosselklappe,
- dem Betätigungszustand des Bremslichtschalters,
- der Motorlast.

Der errechnete Druck wird mit einem Kennfeld im Steuergerät verglichen. Es

folgt eine Auswertung, ob die Pumpe ein- oder ausgeschaltet wird. Aktiviert wird die Unterdruckpumpe meist über eine Massekontaktung, wenn der errechnete Saugrohrunterdruck einen jeweils im Kennfeld vorhandenen Wert für den jeweiligen Betriebszustand überschreitet.

Die geregelte (elektrische) Unterdruckpumpe

Bei der geregelten Unterdruckpumpe wird für die Auswertung der Druckverhältnisse über einen Höhensensor auch der Umge-



4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

bungsdruck herangezogen. Zum Einsatz kommt diese Variante beispielsweise bei Fahrzeugen wie dem VW-Passat oder dem Audi A4/A6 ab Baujahr 2001.

Der Begriff ‚Regeln‘ findet Verwendung, wenn ein Aktor angesteuert wird (zum Beispiel der Pumpenmotor), die Drehzahl oder die derzeitige Pumpleistung erfasst wird (über Sensoren) und diese Information zum Steuergerät zurückgemeldet wird, um Abweichungen vom Soll-Zustand zu registrieren. Dadurch können entsprechende Abweichungen ausgeglichen werden.

Tipp

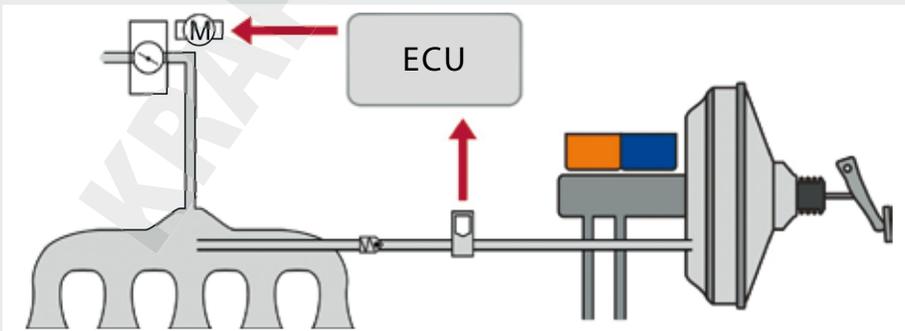
Ein Hinweis auf einen Defekt an der geregelten Unterdruckpumpe kann auch ein abgeschalteter Klima-Kompressor sein. Die Abschaltung führt dazu, dass durch die reduzierte Motorlast die Drosselklappe etwas weiter schließt.

Durch die Regelung erreicht man eine präzise Einhaltung der Druck- beziehungsweise Unterdruckverhältnisse im

Unterdruckversorgung bei Erdgasfahrzeugen

Die Unterdruckversorgung bei Erdgasfahrzeugen wird mithilfe einer präzise gesteuerten Drosselklappe realisiert. In diesem Fall kommt ein weiterer Unterdrucksensor zum Einsatz.

Die Prüfung des Systems kann über die Eigendiagnose, eine Stellgliedprüfung und/oder ergänzende messtechnische Prüfungen der Drucksensoren sowie der Spannungsversorgung durchgeführt werden.



4.11 Erdgasfahrzeug: Hier wird der Unterdruck durch eine Drosselklappe geregelt.

Ansaugtrakt. Auch bei der geregelten Variante ist der entscheidende Faktor zum Aktivieren der Pumpe die Druckdifferenz zwischen dem Bremskraftverstärker und dem Umgebungsdruck. Im Falle eines Defektes ermittelt das Steuergerät Ersatzwerte. Diese Werte werden auch häufig über den Diagnosetester angezeigt. Dies führt in der Praxis dazu, dass defekte Sensoren nicht gleich vom Werkstatttechniker erkannt werden. Die Sensoren sollten also im Zweifel auch einzeln geprüft werden.

Es gibt bei einigen Unterdrucksystemen mit elektrischer Pumpe auch die Möglichkeit der Fehlerdiagnose mithilfe einer Grundeinstellungs-Routine. Dabei wird im Grundeinstellungs-Modus der Bremskraftverstärker evakuiert. Die Evakuier-Zeit wird gemessen und darf dabei einen gewissen Wert nicht überschreiten. Eine solche Routine eignet sich ebenfalls als Hilfe zur Einkreisung eines etwaigen Fehlers.

4.5 Der mechanische Bremsassistent

Der mechanische Bremsassistent ist über eine mechanische Besonderheit im Bremskraftverstärker realisiert. Im Wesentlichen führt eine Notbremsung dazu, dass das Tellerventil die ansonsten normale Öffnungsposition überschreitet und bei leichter Fußpedaldruck-Verringerung das Ventil geöffnet bleibt. Das Vakuum und damit Bremsunterstützung bleiben erhalten.

4.5.1 Prüfmöglichkeit des mechanischen Bremsassistenten

Zur Prüfung des mechanischen Bremsassistenten läuft der Motor bei ansonsten stehendem Fahrzeug. Nun drückt der Kfz-Profi das Bremspedal langsam voll durch. Oberhalb der Auslöseschwelle, also bei voll durchgetretenem Bremspedal, wird der Bremsassistent ausgelöst. Es sollte in diesem Moment ein leichtes Klicken im Bremskraftverstärker hörbar sein (eventuell ein Stethoskop zur Hilfe nehmen). Anschließend muss sich das Bremspedal merklich leichter lösen und treten lassen. Nach vollständigem Lösen des Bremspedals entriegelt der Bremsassistent wieder, und beide Kammern werden belüftet.

4.6 Der Hauptbremszylinder

Der Hauptbremszylinder hat die Aufgabe, die Kraft der Bremsbetätigung (Fußpedalkraft/Hilfskraft) in die Hydraulikanlage weiterzuleiten. Aus Sicherheitsgründen bestehen fast alle modernen Hauptbremszylinder aus zwei voneinander unabhängig arbeitenden Hydraulikkreisen. Aus diesem Grund werden sie auch als Tandem-Hauptbremszylinder (THBZ) bezeichnet.

Neben der Hauptfunktion, den Hydraulikdruck aufzubauen, muss der THBZ noch weitere Funktionen erfüllen. Bei Erwärmung oder Abkühlung ändert sich das Volumen der Bremsflüssigkeit in der

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

hydraulischen Anlage. Diese Volumenänderung wird durch entsprechende Ausgleichsbohrungen (in der Grundposition) abgefangen.

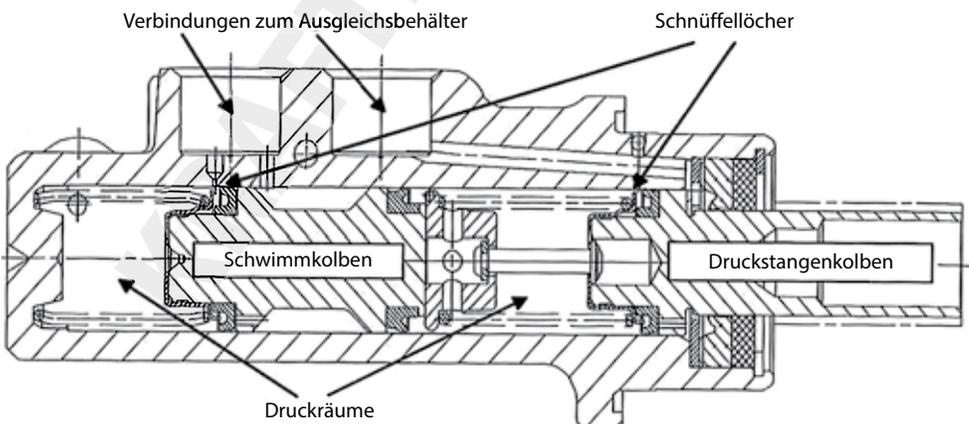
Die beiden hydraulischen Kammern sind durch einen Trennkolben voneinander abgeschirmt und versorgen den sogenannten Primär- und Sekundärkreis des Bremssystems. Als Primärkreis wird der Kreis bezeichnet, der direkt von der Druckstange mit Druck beaufschlagt ist. Fällt ein Bremskreis aus, führt dies zu einem verlängerten Pedalweg. Der Bremsvorgang kann jedoch mithilfe des intakten Bremskreises, wenn auch vermindert, vollzogen werden.

Grundsätzlich werden drei Typen von Hauptbremszylindern unterschieden:

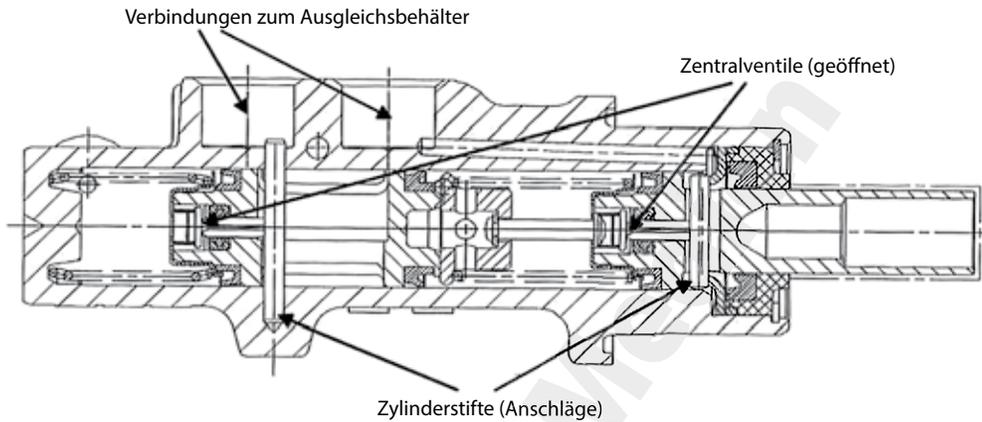
- Der Schnüffelloch-Tandem-Hauptbremszylinder,
- der Zentralventil-Tandem-Hauptbremszylinder,
- der Plunger-Tandem-Hauptbremszylinder.

4.6.1 Der Schnüffelloch-Tandem-Hauptbremszylinder

Der Schnüffelloch-Hauptbremszylinder trägt seinen Namen wegen zweier kleiner Bohrungen, durch die die Hydraulikzylinder jeweils mit dem Ausgleichsbehälter verbunden sind. Wird nun die Bremse betätigt, bewegen sich die Gummimanschetten zunächst im drucklosen Zustand an den Bohrungen vorbei, wodurch die Verbindung



4.12 Schnüffelloch-Hauptbremszylinder: Prinzip. Bild: Springer Vieweg



4.13 Zentralventil-Tandem-Hauptbremszylinder: Prinzip. Bild: Springer Vieweg

zwischen den Hydraulikzylindern und dem Ausgleichsbehälter unterbrochen wird. In der Folge führt das bei weiterer Betätigung zum Druckaufbau in den Zylindern. Beim Lösen der Bremse werden die Kolben wieder in die Ausgangsposition zurückgefahren.

4.6.2 Zentralventil-Tandem-Hauptbremszylinder

Würde der zuvor beschriebene Hauptbremszylinder bei Fahrzeugen zum Einsatz kommen, die elektronische Fahrassistenzsysteme oder aktive Bremssysteme integriert haben, wäre die Folge, dass die Kolben bis hinten in die Löseposition zurückgefahren werden. Dies würde bei sehr hohem Druck geschehen. Wenn in dieser Situation die Manschetten über die Ausgleichsbohrungen (Schnüffellöcher) gefahren wer-

den, wäre eine Zerstörung der Manschetten vorprogrammiert. Aus diesem Grund müssen bei Fahrzeugen mit entsprechenden Helferlein andere Hauptbremszylinder verwendet werden: Man verzichtet auf die Schnüffellöcher und setzt sogenannte Zentralventile in den Hydraulikzylindern ein. (Alternativ können auch Plunger-Hauptbremszylinder verbaut werden, die nachfolgend beschrieben werden.)

Die Zentralventile befinden sich innerhalb der Druckkolben und haben eine Verbindung zum Ausgleichsbehälter. Es handelt sich dabei um Metallventile, welche sehr druckfest sind und eine sehr schnelle Schaltfrequenz ermöglichen, also sehr oft in kurzer Zeit öffnen beziehungsweise schließen können, ohne dabei Schaden zu nehmen.

Die Ventile werden in der Ruheposition, im offenen Zustand, durch spezielle Me-

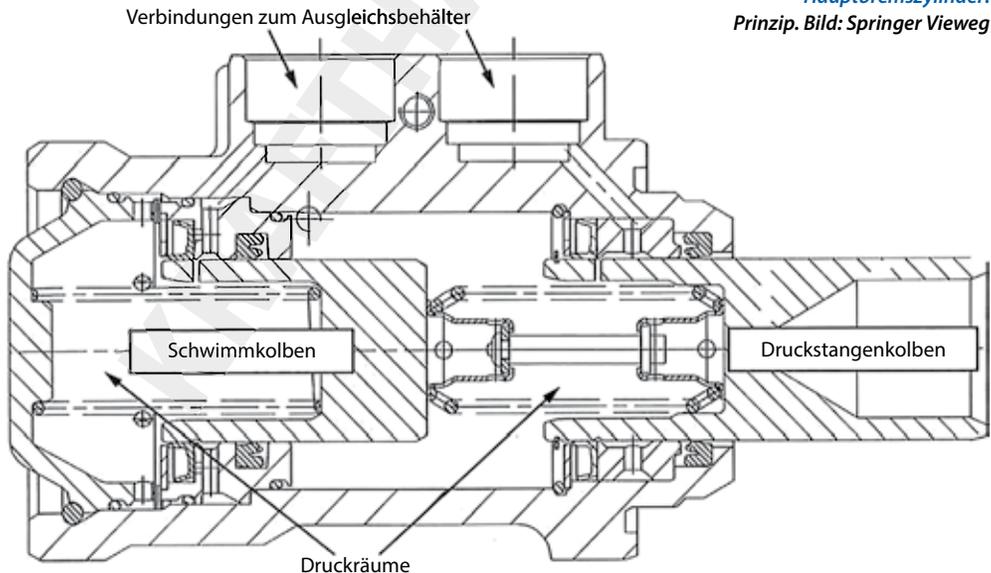
4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

tallstifte gehalten. Damit diese Konstruktion funktioniert, müssen der Druckstangenkolben und der sogenannte Schwimmkolben (normal nur hydraulisch angetrieben) mit einer Feder verbunden sein. Damit ist gewährleistet, dass sich bei der Betätigung der Bremse und dem Vorfahren des Druckstangenkolbens (im noch drucklosen Zustand!) auch sofort der Schwimmkolben in Bewegung setzt. Dies wiederum stellt sicher, dass beide Zentralventile gleichzeitig in die Schließposition gelangen.

4.6.3 Plunger-Tandem-Hauptbremszylinder

In zahlreichen Fahrzeugen fehlt der Platz im Motorraum. Moderne Abgasnachbehandlungssysteme und andere Baugruppen nehmen viel Platz ein. Aus diesem Grund sind Hauptbremszylinder gefordert, die ein geringes Bauvolumen aufweisen. Durch die speziellen Konstruktionen der inneren Bauteile eines sogenannten Plunger-Tandem-Hauptbremszylinders ist es gelungen, diese kleinere Bauform zu realisieren.

Ein weiterer Vorteil des Plunger-Hauptbremszylinders sind die feststehenden



4.14 Plunger-Tandem-Hauptbremszylinder: Prinzip. Bild: Springer Vieweg

4.15 Prüfung des Rückschlagventils:
Das Messgerät wird mithilfe eines T-Stücks zwischengeschlossen.



Dichtungen und Plungerkolben. Dies führt zu einer hohen möglichen Fließrate der Bremsflüssigkeit, und somit zu schnellerem Ansprechverhalten auch bei niedrigen Temperaturen.

4.7 Prüfmöglichkeiten des Rückschlagventils, des Hauptbremszylinders

Bevor der Hauptbremszylinder selbst getauscht wird, sollte man die Peripherie eingehend prüfen. Als erstes geht es um die Kraft- beziehungsweise die Hilfskraftversorgung. Bei pneumatisch unterstützten Systemen sind es häufig Undichtigkeiten an Schläuchen oder Verbindungsteilen. Bei hydraulischen Komponenten verhält es sich ähnlich. Bei elektrisch unterstützten Systemen ist zunächst einmal die Versor-

gungsspannung zu prüfen. Nachfolgend ist eine Messung der Signalspannungen oder eine Stellglied-Diagnose sinnvoll.

4.7.1 Die Prüfung des Rückschlagventils

Eine häufige Fehlerursache stellt das Rückschlagventil zwischen Ansaugbrücke und Bremskraftverstärker dar. Eine Überprüfung des Ventils ist mithilfe eines Unterdruck-Messgerätes möglich. Dazu wird der Anschluss vom Ventil zum Bremskraftverstärker abgezogen und ein Adapter mit einem Prüfanschluss für das Messgerät angeschlossen.

Läuft der Motor, so wird sich ein Saugrohrunterdruck entsprechend der Motor-konstruktion einstellen. Dieser darf nach Abstellen des Motors innerhalb von 30 Se-

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

kunden nicht mehr als um 0,2 bar absinken. Sollte ein zu starkes Absinken des Unterdrucks festgestellt werden, ist das Rückschlagventil zu tauschen. Bestehen Zweifel darin, ob der Druckabfall wirklich vom Rückschlagventil verursacht wird, kann ein weiteres Einkreisen des Fehlers durch Verschließen der Unterdruckleitung zum Bremskraftverstärker unmittelbar vor dem Abstellen des Motors erfolgen.

4.7.2 Die Prüfung des Hauptbremszylinders

Möchte der Kfz-Profi den Hauptbremszylinder überprüfen, betätigt er bei abgestelltem Motor das Bremspedal so lange, bis sich die Unterstützungskraft abgebaut hat. Nun sollte sich bei leichter Betätigung des Bremspedals das Pedal in dieser Stellung stabilisieren, also nicht weiter nachgeben – dann ist der Hauptbremszylinder in Ordnung. Sinkt das Pedal weiter ab, ist er defekt.

Tipp

Selbst wenn Druck über das Bremspedal aufgebaut werden kann, heißt dies noch lange nicht, dass der Hauptbremszylinder in Ordnung ist. Gerissene Manschetten können sich immer wieder unter Druck selbst verschließen und damit eine Dichtwirkung aufbauen!

4.7.3 Die Niederdruck-Prüfung

Um die Manschetten im Hauptbremszylinder präzise zu prüfen, ist eine Niederdruck-Prüfung mit einem Druckprüfgerät notwendig. Das Prüfgerät wird mit je einem Manometer an einen Bremskreis angeschlossen.



4.16 Druckprüfung: ATE-Kombi-Prüfgerät.



4.17 Detailansicht: Anschlussadapter für das Prüfgerät.



4.18 Prüfaufbau: Niederdruck-Prüfung.

Das Druckprüfgerät hat zwei Druckanschlüsse, um je einen Bremskreis über eine Entlüftungsbohrung mit einem Manometer zu verbinden. Aufgebaut sieht das aus wie im Bild 4.18.

Zunächst muss das Bremssystem entlüftet werden. Im Nachgang werden durch Betätigen des Bremspedals mehrmals circa 20 bar Druck auf das Bremssystem gegeben, damit sich die Manschetten korrekt an die Zylinderwand anpassen können. Nun wird nach vorherigem, vollständigem Lösen der Bremse mit einem Pedalfeststeller das Bremspedal so fixiert, dass im System rund 4 – 5 bar Druck anstehen.



4.19 Detailansicht: Pedalfeststeller.



4.20 Mindestens 4 – 5 bar: Niederdruck-Prüfung am Fahrzeug.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

Ab jetzt darf das Fahrzeug sowie die angeschlossenen Komponenten nicht mehr bewegt werden, da dies zu ungenauen Messergebnissen führen würde. Der Druckwert sollte sich nun über eine Zeit von mindestens fünf Minuten **nicht** verändern. Fällt der Druck ab, sind die gesamte Anlage, **insbesondere alle Gummiteile** zu prüfen. Lässt sich keine anderweitige Undichtigkeit feststellen, ist eine Manschette im Hauptbremszylinder undicht.

4.7.4 Die Hochdruck-Prüfung

Die Hochdruck-Prüfung wird auf gleiche Art und Weise durchgeführt wie die Niederdruck-Prüfung, nur mit einem Druck von circa 100–120 bar, wobei hier der eingestellte Druck über eine Zeit von 10 Minuten höchstens um 10 Prozent abfallen darf.



4.21 100 – 120 bar: Hochdruck-Prüfung am Fahrzeug.

Bei der Hochdruck-Prüfung geht es im Gegensatz zur Niederdruck-Prüfung um die Dichtigkeit der Gesamtanlage (also auch um die Dichtigkeit aller Metall- beziehungsweise Kunststoffleitungen oder deren Verbinder), während die Niederdruck-Prüfung ausschließlich zur Prüfung der Gummimanschetten in den Zylindern gedacht ist. Der Grund: Bei sehr hohem Druck (Hochdruck-Prüfung) würden sich auch schon leicht undichte Gummimanschetten so stark an die Dichtfläche drücken, dass sie in dem Moment der Prüfung dicht abschließen, obwohl dies bei niedrigem Druck nicht gewährleistet wäre.

4.8 Der Ausgleichsbehälter

Der Ausgleichsbehälter – oder besser dessen Inhalt, die Bremsflüssigkeit – hat verschiedene sehr wichtige Funktionen. Während des Fahrbetriebs ändern sich die Temperaturen im Hydrauliksystem, wodurch sich eine Volumenveränderung ergibt. Eine weitere Volumenveränderung ergibt sich durch den Verschleiß der Bremsbeläge und damit verbundene Positionsänderungen der Arbeitskolben. Ferner wird durch die Position des Ausgleichsbehälters und durch das relativ große Ausgleichsvolumen ein mögliches Aufschäumen der Bremsflüssigkeit in extremen Fahrsituationen verhindert. Besonders zur Vermeidung dieses Aufschäumeffektes sollte der Bremsflüssigkeitsstand niemals auch nur minimal unter dem Minimalstand gehalten werden.

Besonders bei modernen Fahrzeugen kommen noch weitere Funktionen dazu, beispielsweise die gemeinsam genutzte Hydraulikflüssigkeit für das hydraulische Kupplungssystem. Darüber hinaus ist das Reserve-Volumen des Ausgleichsbehälters wichtig für den aktiven Eingriff der Vorladepumpe im Bereich der ESP-Funktionen des Bremssystems.

4.9 Bremsleitungen und -schläuche

Alle Komponenten eines Bremssystems funktionieren nur, wenn sie miteinander verbunden sind. Das hydraulische System ist angewiesen auf einwandfreie, druckfeste und temperaturbeständige Verbindungselemente. Nachfolgend wird kurz auf die wichtigsten Materialien beziehungsweise Bauformen eingegangen.

Sichtprüfung

In der Praxis werden Bremsleitungen und -schläuche meist sichtbar geprüft. Schäden im

Bremsschlauch-Inneren können häufig durch eine Dauerdruck-Prüfung (Pedalfeststeller) und einer parallel verlaufender Sichtprüfung zuverlässiger gecheckt werden.

4.9.1 Die Bremsleitungen

Fest verlegte Bremsleitungen aus Metall oder Kunststoff verbinden die Komponenten des Bremssystems an den Stellen, an denen keine Bewegung während des Fahrbetriebs zu erwarten ist. Sie bestehen aus Stahl- oder kupferlegierten Rohren. Wenn Bremsleitungen selbst neu ‚gebaut‘ werden, ist unbedingt darauf zu achten, dass:

- die Bremsleitung mindestens alle 50 cm mit der Karosserie verbunden ist,
- sie nicht an der Karosserie oder anderen Komponenten scheuern können,
- sie niemals in Schlingen oder Schleifen (etwa zur Längenkorrektur) verlegt werden,
- die Bremsleitungen nicht nahe an Wärmequellen verlegt werden. (Achtung Siedepunkt der Bremsflüssigkeit!)

4.9.2 Die Bremsschläuche

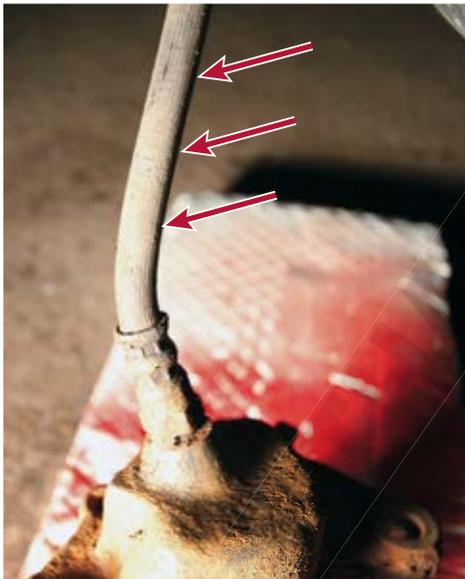
Bremsschläuche werden überall dort eingesetzt, wo zwischen zwei Verbindungsstellen sporadisch oder ständig mit Bewegungen zu rechnen ist. Sie müssen hier die Übertragung des Mediums Bremsflüssigkeit unter allen möglichen Betriebsbedin-



Bei hohem Alter quellen Bremsschläuche häufig von innen auf und verschließen den Rückfluss bei Nachlassen des Bremsdrucks. Das führt dazu, dass einzelne Räder nicht mehr freigängig sind, da immer ein Restdruck am betreffenden Bremskolben ansteht.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

gungen sicherstellen. Sie bestehen in der Regel aus einem inneren Schlauch, als Zwischenschicht meist einer Synthetik-Netzschicht und als Außenlage einer Gummischicht. Die Bremsschläuche werden häufig in der Praxis bei der Prüfung unterschätzt. So zeigen sich oftmals Schäden an gefährlichen Stellen. In der Praxis wird hier oft nicht exakt genug geprüft!



4.22 *Vorsicht! Mehrere Risse in der Außenhaut des Bremsschlauchs. Bild: Blenk*

4.9.3 Stabilisierte Bremsschläuche (Stahlflex-Schläuche)

Jeder Schlauch weist eine gewisse Dehnung auf, wenn er mit Druck beaufschlagt wird. Diese Dehnung kann einerseits Pul-



4.23 *Alterungs- und druckbeständig: Stahlflex-Bremsschläuche inklusive eloxierten Anschlüssen. Bild: Probrake*

sationen und Vibrationen abfangen, sodass diese am Bremspedal nicht oder zumindest nur minimal spürbar sind. Andererseits führt diese Dehnung zu einem weichen Ansprechverhalten der Bremsanlage. In speziellen Fällen kann es Sinn machen, die Dehnung zu minimieren, um ein besseres oder besser direktes Ansprechverhalten zu erreichen. Hierzu werden stabilisierte Bremsschläuche verwendet. Sie besitzen meist eine zusätzliche Stahlgeflecht-Schicht (Stahlflex) an der Außenseite. Dieses Geflecht soll die Dehnung stark vermindern. Des Weiteren sind diese Bremsschläuche auch besser gegen äußere mechanische Beschädigung geschützt. Als Nachteil gilt die verminderte Flexibilität, sodass sie nicht in Bereichen eingesetzt werden sollten, in denen die Bremsschläuche extremen Bewegungsveränderungen ausgesetzt sind.

4.9.4 Die Reparatur von Bremsleitungen/-schläuchen

Sind die Bremsleitungen durch unterschiedlichste Ursachen defekt, müssen sie ersetzt werden. Dies wird in der Regel durch Original-Ersatzteile oder den Kauf fertig vorkonfektionierter Fertigteile erledigt. Oft ist allerdings die Länge, die es zu installieren gilt, nicht als Fertigware erhältlich, oder andere besondere Gründe sprechen für eine passgenaue Einzelfertigung. Diese Arbeit sollte allerdings nur von **geübten Fachleuten** durchgeführt werden. Nachfolgend wird die Herstellung einer neuen Bremsleitung Schritt für Schritt beschrieben.

Step by Step

Zunächst wird die alte Bremsleitung ausgebaut. Danach ist die Gesamtlänge der

Leitung zu ermitteln, ohne die Form der alten zu verändern! Dazu eignet sich gut ein dünnes Seil, mit dem man den Lauf der Leitung abfährt, sodass nachher die exakte Länge messbar wird. Ist die Gesamtlänge ermittelt, wird die neue Leitung auf die Länge plus 1–2 cm zugeschnitten. Zusätzlich benötigt der Kfz-Profi die passenden Verschraubungen. Hier ist auf den exakten Durchmesser der Leitung zu achten!

Bremsleitung bördeln

Zum eigentlichen Bördeln wird ein Rohrschneider und ein Bördelgerät (Grundkörper, Handspindel und Feststellschraube, Spannklötze siehe Bild 4.24) benötigt. Das Angebot an Bördelsätzen ist groß. Da aber die Qualität der Arbeit über die Dichtigkeit der Leitung entscheidet, sollte man an dieser Stelle nicht sparen und ein Qualitätsprodukt erwerben.

4.24 Bördelsatz: Einzelkomponenten wie verschiedene Bördeldorne, Spannklötze, eine Handspindel, eine Feststellschraube mit ein Grundkörper, ein Rohrabschneider sowie ein Entgrater.



4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage



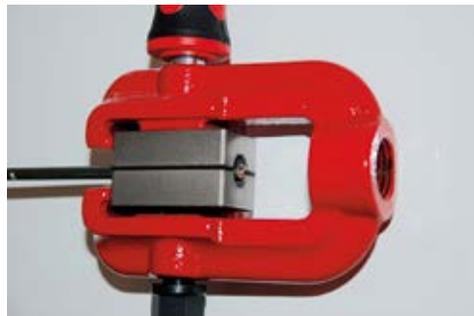
4.25 Anwendungs-video: Bördeln einer Bremsleitung.
Bilder: Blenk



Jetzt schneidet der Kfz-Profi die neue Bremsleitung mittels Rohrschneider exakt auf Maß. Dabei ist darauf zu achten, dass durch den Rohrschneider das Material zur Mitte hin nicht aufgequetscht wird. Wichtig ist ein gerader Schnitt ohne Aufbiegungen

am Leitungsende! Nach dem Zuschnitt wird die Leitung innen wie außen entgratet.

Nun wählt man den passenden Klotz-durchmesser, der zum entsprechenden Bremsleitungsdurchmesser passt, aus. Die Leitung wird in die beiden Spannklötze eingelegt und vorne bündig vorgespannt.



4.26 a+b Bördelung, Schritt 1: Die Leitung wird zwischen die beiden Spannklötze mithilfe des Grundkörpers und dem Feststeller eingespannt. Hier: vorne bündig zu den Spannklötzen (siehe Bild rechts).



Immer entsprechend der jeweiligen Anleitung des Geräts vorgehen! Hier gibt es Unterschiede in der Bauart der Geräte und der Vorgehensweise!

Jetzt wählt der Kfz-Profi den richtigen Bördeldorn aus (Geräteanleitung) und setzt ihn in den Druckkolben ein. Ein wenig Fett am Bördeldorn erleichtert dabei den Bördelvorgang. Nun wird der Druckkolben eingefahren und die Bördelung durchgeführt.



4.27 Bördelung Schritt 2: Der Bördeldorn ist exakt positioniert und der Druckkolben sauber angesetzt.

Wenn ein merklich erhöhter Druck beim Zustellen des Druckkolbens spürbar ist, kann der Bördeldorn zurückgefahren werden. Nun wird die Bremsleitung aus dem Gerät entfernt – der Bördelvorgang ist abgeschlossen (siehe Bild 4.28).



4.28 Bördelung Schritt 3: Die Bördelung ist erfolgreich abgeschlossen. Der Bördel ist homogen ausgeführt.

4.9.4.1 Beurteilung der Bördelqualität

Wichtig bei einem erstellten Bördel ist die gleichmäßig umlaufende Bördelung. Die häufigsten Fehler in der Praxis sind seitlich verschobene Bördel, nicht korrekt ausgeformte Bördel durch eine falsche Einspannlänge der Leitung oder aufge-



4.29 Bördelung Schritt 4: Nach sauber ausgeführter Arbeit kann die Verschraubung eingesetzt werden.

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

stauchtes Material vor oder hinter dem Bördel. Natürlich ist – unabhängig von der (optischen) Qualität des Bördel – nach jedem Eingriff in die Bremsanlage zum Schluss eine Dichtigkeitsprüfung unter Hochdruck unerlässlich!

Tipp

Bei der Montage der fertigen Leitungen ist darauf zu achten, dass die Schrauben beziehungsweise die Überwurfmutter nicht zu fest angezogen werden, da sie sich verformen können und damit keine vollständige Abdichtung mehr gewährleistet werden kann.

!

Eine Reparatur eines Bremschlauchs kommt in keinem Fall infrage! Bei Beschädigung bleibt einzig und alleine der Ersatz!

4.10 Radbremssysteme

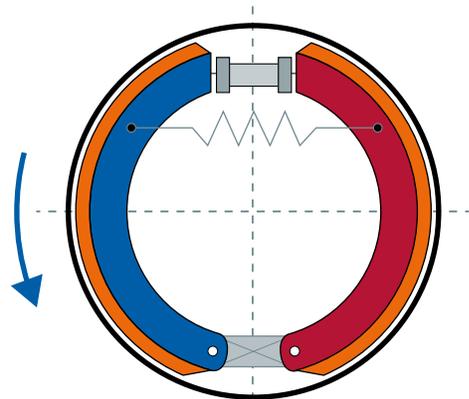
4.10.1 Die Trommelbremse

Trommelbremsen arbeiten grundsätzlich über das Abbremsen der Bremstrommel. Die Bremstrommel ist quasi die als Topf ausgeführte Rad-Halterung. Sie ist also mit

dem Rad direkt verbunden. Das Abbremsen geschieht durch das Andrücken von Bremsbelägen an der Innenseite der Trommel. Diese sogenannten Bremsbacken sind zur Achse hin mechanisch fixiert, und gleichzeitig in vorbestimmtem Maße beweglich. Sie werden über Hydraulikzylinder auseinander gedrückt und über ein Feder-System nach dem Bremsvorgang wieder in die Ausgangslage zurückgeführt. Konstruktionsbedingt gibt es bei der Trommelbremse einen Selbstverstärkungseffekt. Dieser macht die Trommelbremse zu einem kostengünstigen effektivem Bremsystem. Auch in modernen Fahrzeugen finden sich weiterhin Trommelbremsen.

4.10.1.1 Die Simplex-Trommelbremse

Die Simplex-Trommelbremse wird häufig an der Hinterachse bei Pkw eingesetzt. Sie erzielt eine recht gleichmäßige Bremswir-



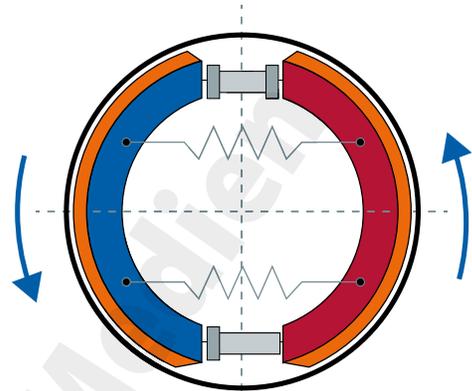
4.30 Prinzip: Simplex-Trommelbremse.

kung, da die Konstruktion kaum von Reibungsschwankungen durch äußere Einflüsse abhängig ist.

Die Bremsbacke, die in Fahrtrichtung sitzt, baut circa 60–70 Prozent der Bremswirkung auf, während der Rest von der hinteren Backe erledigt wird. Damit sich die Bremsanlage nun über die Lebensdauer gleichmäßig abnutzt, ist die vordere Backe oft mit einer dickeren Belagschicht versehen. Charakteristisch für die Simplex-Bremse ist ein einziger mechanischer fester Punkt zur Abstützung für beide Bremsbacken.

4.10.1.2 Die Duplex-Trommelbremse

Bei der Duplex-Trommelbremse handelt es sich um ein System, bei dem beide Bremsbacken identisch ausgeführt sind. Weiterhin werden hier im Gegensatz zur Simplex-Bremse beide Bremsbacken jeweils mit einem eigenen Stützpunkt versehen, um die Bremskräfte aufzunehmen. Jede Backe wird mit einem einfach-wirkenden Hydraulikzylinder gegen die Trommel gedrückt. Dadurch erreicht man, dass beide Bremsbacken als Primärbacken funktionieren und somit beide eine Selbstverstärkung während des Bremsvorganges erzielen. Dadurch erhöht sich die maximal erzielbare Bremskraft. Die Duplex-Trommelbremse ist jedoch in heutigen Fahrzeugen kaum noch anzutreffen.



4.31 Prinzip: Duo-Servo-Trommelbremse mit beweglichem Stützlager.

4.10.1.3 Die Duo-Servo-Trommelbremse

Die Duo-Servo-Trommelbremse bietet noch einmal eine Verstärkung der Bremskraft durch eine konstruktiv bedingte, noch höhere Selbstverstärkung. Sie ist relativ aufwendig im Aufbau und deshalb meist nur im Transporter oder Lkw-Bereich zu finden. Die Bremse enthält einen mechanisch umgesetzten, automatischen Verschleißausgleich. In der Praxis wird die Duo-Servo-Trommelbremse in der Regel mit einer Scheibenbremse in Kombination eingesetzt.

4.10.1.4 Die Renaissance der Trommelbremse (von Johann März)

Schon vor wenigen Jahren der Trend zur Scheibenbremse an der Hinterachse un-

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage



4.32 Erneut im Rennen: Insbesondere bei Kleinwagen setzen die Automobilhersteller wieder vermehrt auf die Trommelbremse. Technisch ausgereift und mit gesetzlich vorgeschriebenen Fahrdynamikprogrammen kompatibel, ist die Trommelbremse an der Hinterachse eine wartungsfreundliche Alternative zur Scheibenbremse. Bild: März

aufhaltsam, so hat sich das Blatt mittlerweile gewendet. Die Trommelbremse, damals geradezu totgeredet, wird Angaben des Bremsenherstellers TRW zufolge aktuell in 45 Prozent der Neufahrzeuge verbaut. Besonders Kleinwagen, Pick-ups und leichte Nutzfahrzeuge rollen mit Trommelbremsen vom Band.

Pluspunkte der Trommelbremse

Die Gründe, weshalb die Trommelbremse insbesondere bei Kleinwagen eine Renais-

sance erlebt, sind vielschichtig. Einerseits stellt sie eine wirtschaftliche Lösung dar. Andererseits ist sie aufgrund des technischen Fortschritts eine Alternative zur Scheibenbremse. So hat beispielsweise Continental die elektrische Parkbremse für die Trommelbremse entwickelt (siehe auch Kapitel 7.1.1.5). Das gibt den Fahrzeugentwicklern aufgrund des entfallenden Handbremshebels mehr Freiraum für die Gestaltung der Mittelkonsole. Außerdem lassen sich damit auch in Kleinwagen Assistenzsysteme wie eine Berganfahrhilfe integrieren. Weiterhin spricht für die Trommelbremse: Sie punktet mit hoher Laufleistung, geringer Anfälligkeit durch Umwelteinflüsse sowie einfachem Aufbau.



4.33 Klassiker mit Potenzial: Für eine Vielzahl von Fahrzeugen sind Trommelbremsen im Vergleich zu Scheibenbremsen die günstigere Lösung an der Hinterachse. Zudem ist die Integration der Handbremse relativ einfach. Bild: Continental

Die Bedeutung für die Fahrstabilität

Nicht zuletzt weil die Trommelbremse an der Hinterachse wieder an Bedeutung gewinnt, gehört der Service nicht zu den aussterbenden Arbeiten in der Kfz-Werkstatt. Zumal die Bedeutung der Hinterachs-bremse unterschätzt wird. Dazu muss man wissen: Im normalen Fahrbetrieb kommen laut TRW rund 80 Prozent der Bremsleistung von der Vorderachse. Doch gerade in kritischen Bremssituationen leistet die Bremse der Hinterachse einen wichtigen Beitrag für maximale Bremsleistung und Fahrstabilität. Deshalb können mangelnde Wartung oder verschlissene Bauteile an der Trommelbremse während einer Notbremsung entscheidende Meter Bremsweg kosten.

Infolgedessen ist besonders in fahrdynamischen Grenzsituationen das einwandfreie Zusammenspiel der hydraulisch betätigten Bremskomponenten mit den verschiedenen Funktionen des Regelsystems wichtig. Funktionen wie die elektronische Bremskraftverteilung, eine dynamische Traktionskontrolle, der hydraulische Bremsassistent oder ein elektronisches Stabilitätsprogramm steuern unter verschiedenen Bedingungen die Bremskraft an den einzelnen Rädern. Je nach Fahrsituation trägt so die Hinterachse sogar mit einer höheren Bremsleistung entscheidend zur Fahrstabilität bei.

Superkit und Thermoclip

Steht ein Bremsenservice an der Trommelbremse an, stellen vormontierte Bremsen-kits die wohl effizienteste Lösung dar. Bei-

spielweise sparen die sogenannten Superkits laut TRW etwa die Hälfte an Einbauzeit. Darüber hinaus werden die Reparaturkalkulation und die Teilebestellung vereinfacht. Zudem sind Montagefehler weitestgehend ausgeschlossen. Superkits enthalten alle relevanten Teile wie Nachstellereinheit (Druckstange), Bremsbacken, Radbremszylinder mit sämtlichen Befestigungsteilen und Montagefett.

Die im Superkit enthaltene Nachstellereinheit setzt sich im Wesentlichen aus Druckstange, Hülse, Nachstellritzel und sogenanntem Thermoclip zusammen. Wie die Bezeichnung der letztgenannten Komponente vermuten lässt, wird mithilfe eines Bimetalls die Wärmeausdehnung von Bremstrommel und Bremsbacken kompensiert. Das Blockieren einer heißgefahrenen Bremse nach der Abkühlphase wird damit verhindert. Nachsteller mit Thermoclip halten somit automatisch den korrekten Abstand zwischen Bremsbacke und Bremstrommel. Zwischen Druckhülse und Nachstellritzel reguliert der Thermoclip den Abstand zwischen Bremsbelag und Reibfläche der Bremstrommel. Ohne diesen technischen Kniff würde das Nachstellen des heißen Bremssystems dazu führen, dass nach dem Abkühlen der Bremstrommel die Bremse blockiert und übermäßig erhitzt.

Check nach Laufleistung

Bremsbelaghersteller Textar empfiehlt Werkstattprofis, Trommelbremsbeläge alle 20.000 km zu überprüfen. Dabei gilt die Grundregel: „Je höher die Gesamtlaufl-

4 Die Hauptkomponenten der Bremsanlage

Spezialwerkzeuge für die Instandsetzung von Trommelbremsen*



4.34 Bremsseil-Federzange,150.2118': für die De- und Montage von Handbremsseilen
KS Tools, Heusenstamm,
Tel. 0 61 04 / 49 74-0,
www.kstools.com. Bild: KS Tools



4.35 Leitungsverschluss-Stopfen, 7LVS04': Der Satz beinhaltet Klemmen für die Leitungsgrößen 5/16-, 3/8- sowie 1/2-Zoll sowie Banjo-Verschraubungen, Kunzer, Forstinning,
Tel. 0 81 21 / 2 20-0, www.kunzer.de. Bild: Kunzer



4.36 Service-Kit für Trommelbremsen ,812.005': 15-teiliger Satz, Sonic, Kirchheim,
Tel. 0 70 21 / 86 68-3 18,
www.sonic-equipment.com. Bild: Sonic



4.37 Federtellerzange ,01476L': Geeignet für Federteller von 7 bis 30 mm, SW-Stahl, Remscheid,
Tel. 0 21 91 / 4 64 38-0, www.swstahl.de.
Bild: SW-Stahl

* Kein Anspruch auf Vollständigkeit. Es gibt auf dem Markt zahlreiche andere Werkzeuge, von anderen Anbietern, in verschiedenen Qualitäten, zur Reparatur und Wartung von Trommelbremsen.



4.38 *Nicht zweckentfremden: Spezialwerkzeuge ersetzen die früher verwendeten Schraubendreher und Kombizangen – etwa, um ein Beschädigen der Bremskomponenten, insbesondere das Überdehnen der Rückzugfedern, zu verhindern. Bild: SW-Stahl*

tung eines Fahrzeugs, umso aufwendiger der Bremsen-Check'. Das bedeutet: immer beide Bremstrommeln demontieren, eine Sichtprüfung aller Beläge auf Verschleiß und Zustand sowie eine Kontrolle beider Radbremszylinder durchführen. Darüber hinaus gilt es, sämtliche Federn, Druckstangen sowie beide Handbremsseile auf ihre Funktion beziehungsweise ihre Leichtgängigkeit hin zu kontrollieren. Aufgenietete Beläge müssen erneuert werden, bevor der Bremsbelag bis zur Nietkopfebene abgetragen ist. Bei geklebten Belägen ist die Verschleißgrenze erreicht, wenn nur noch 2 mm Restbelag vorhanden sind.

Für fachgerechtes Arbeiten an der Trommelbremse sollte der Werkstattprofi möglichst keine Schraubendreher, Seitenschneider oder Ähnliches verwenden,

sondern dafür entwickelte Spezialwerkzeuge (siehe Kasten Seite 46) einsetzen. Damit wird nicht nur das Verletzungsrisiko minimiert, sondern auch Beschädigungen an Radbremszylinder und Bremsbacken sowie das Überspannen einzelner Rückzugfedern vermieden. So sollten in jeder Werkstatt zumindest eine Grundausstattung an Bremstrommelwerkzeugen bestehend aus Bürsten, Montagehaken und Federnzangen vorhanden sein.

4.10.2 Scheibenbremsen

Die Scheibenbremse ist heute die am weitesten verbreitete Bremsenart bei Pkw. Die Vorteile zeigen sich hauptsächlich im guten Ansprechverhalten, der gleichmäßigen Bremswirkung und der hohen Temperaturbeständigkeit.



4.39 *Motorsport: Bremsanlage mit Scheibe und Mehrkolben-Festsattel. Bild: Blenk*

Praxishandbuch Pkw-Bremsen Technik, Service, Regelsysteme

Jens Sternbeck bildet im Praxishandbuch Pkw-Bremsen den aktuellen Stand zum Thema Bremsentechnik und Service ab. Zu Beginn beschreibt der Autor den Aufbau einer modernen Bremsanlage. Vom Bremskraftverstärker über die Vakuumpumpe, vom Hauptbremszylinder bis zu den Bremsleitungen erklärt er Funktion, Ausführung sowie Prüfmöglichkeiten. Über die Bremskraftverteilung leitet Sternbeck zu den einzelnen Radbremsystemen über. Er bespricht die Trommel- sowie die Scheibenbremse sowie im Nachgang Bremsbeläge sowie Feststellbremsen. Nachfolgend schildert er Fehlfunktionen, Ursachen und Verschleißsymptome, die Fehlersuche selbst sowie an Praxisbeispielen die Instandhaltung und Wartung von Bremssystemen und Komponenten. Komplettiert wird das Fachbuch durch Beschreibungen von Regelsystemen wie dem ABS, die EBV, die ASR sowie diverse Bremsassistenten. Kapitel zu SBC-Bremsen, zum Bremsencheck bei Allradfahrzeugen sowie zu Sensoren runden das Werk ab.

Das Fachbuch richtet sich an Fachingenieure, Kfz-Meister, Kfz-Mechatroniker, an Auszubildende und Ausbilder sowie an alle, die sich in das Thema Pkw-Bremsen einarbeiten möchten.



Jens Sternbeck

„Das vorliegende Buch unterscheidet sich durch die praktischen Erfahrungen des Autors als Kfz-Meister und Schulungsleiter von der ansonsten trockenen Fachliteratur. Es liefert anschaulich alle wichtigen Informationen rund um moderne Bremssysteme und den Bremsenservice. Ich kann es nur weiterempfehlen.“

Josef Bobinger

Geschäftsführer bei Automobile Bobinger, Königsbrunn

„Das Praxishandbuch Pkw-Bremsen ist ein informativer und gut aufbereiteter Begleiter für jeden Kfz-Profí.“

Tobias Stephan

Head of Training bei der Continental Aftermarket GmbH