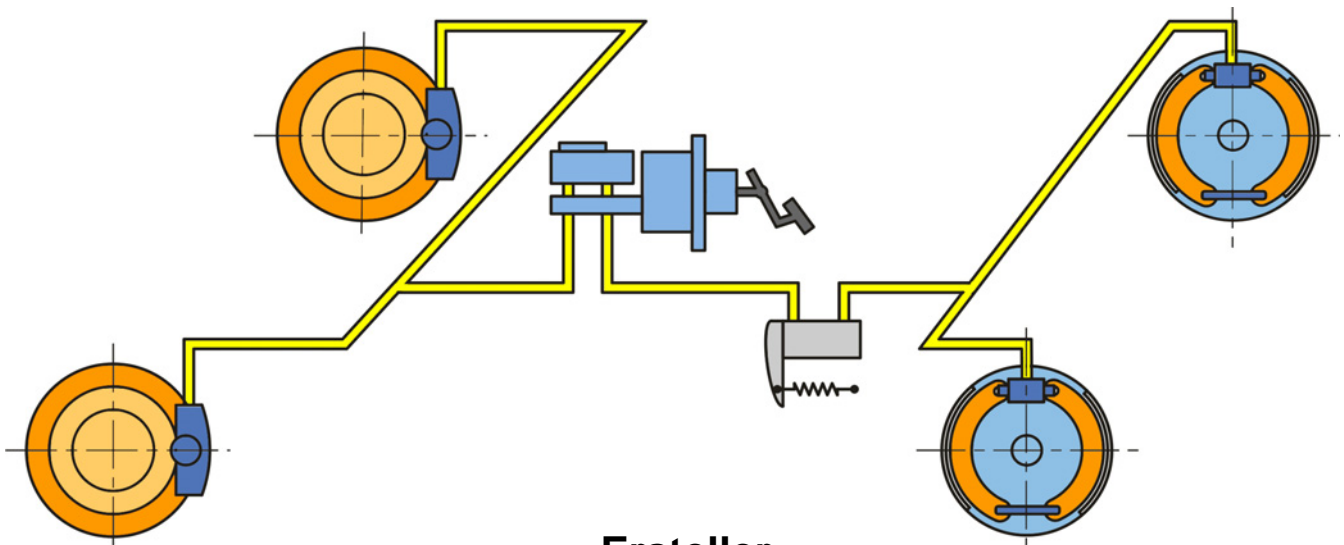


Erstellung einer Internetseite über Bremsanlagen

Hochschule Konstanz
Technik, Wirtschaft und Gestaltung

-
Konstruktionsübung WS 06/07



Ersteller:

Jochen Weiß, MKE 5
Christian Hogg, MKE 5
Michael Ludescher, MKE 5

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Kuchar

Auftraggeber:

Autoland Brunn
Brunn GmbH & Co. KG
Justus-von-Liebig-Straße 24
D-53121 Bonn

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Aufbau von Bremsanlagen	1
1.1 Bestandteile einer Bremsanlage	1
1.1.1 Energieversorgung	2
1.1.2 Betätigungseinrichtung	2
1.1.3 Übertragungseinrichtung	2
1.1.4 Bremse/ Betriebsbremse	3
1.1.5 Zusatzeinrichtungen des Zugfahrzeuges für Anhängerfahrzeuge	3
1.2 Einteilung nach der Energieversorgung	4
1.2.1 Muskelkraftbremse	4
1.2.2 Hilfskraftbremsanlage	4
1.2.3 Fremdkraftbremsanlage	4
1.2.4 Auflaufbremsanlage	4
1.2.5 Hydraulische Bremse	5
1.2.6 Elektrisch betätigte Pkw-Bremssysteme	6
1.3 Bremsanlagen in Kfz/ Motorräder/ Anhänger	7
1.3.1 Betriebsbremsanlage (BBA)	7
1.3.2 Hilfsbremsanlage (HBA)	7
1.3.3 Feststellbremsanlage (FBA)	8
1.3.4 Selbsttätige Bremsanlage	8
1.4 Bremsarten bei Kfz/ Motorräder/ Anhänger	9
1.4.1 Prinzip	9
1.4.2 Anforderungen	10
1.4.3 Scheibenbremse	11
1.4.3.1 Funktion, Aufbau	11
1.4.3.2 Hauptbestandteile/ Einzelteile Scheibenbremse	13
1.4.4 Trommelbremse	24
1.4.4.1 Einteilung nach Art der Betätigung und Abstützung	25
1.4.4.2 Hauptbestandteile/ Einzelteile Trommelbremse	28
1.4.4.3 Trommelbremsen im Vergleich	31
1.4.5 Scheiben- und Trommelbremse im Vergleich	32
1.4.6 Auflaufbremsen / Anhänger - Besonderheiten	33
1.4.7 Motorrad – Besonderheiten	35
2 Elektronische Regelsysteme	37
2.1 Physikalische Grundlagen	37
2.1.1 Kräfte am Reifen	37
2.1.2 Schlupf	38

2.1.3	Kräfte am Reifen in Abhängigkeit vom Schlupf	38
2.1.4	Giermoment	39
2.1.5	Dynamische Achslastverteilung	40
2.1.6	Unter- und Übersteuern	40
2.2	ABS (Antiblockiersystem)	40
2.2.1	Allgemein	40
2.2.2	Aufbau und Wirkungsweise	41
2.3	Motorrad-ABS	41
2.4	ABS-Erweiterungen	42
2.4.1	Elektronische Bremskraftverteilung (EBV).....	42
2.4.2	Antischlupfregelung (ASR)	42
2.4.3	Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP).....	43
2.5	Bremsassistent	44
3	Bremsanlagen-Komponenten	44
3.1	Unterdruck-Bremskraftverstärker	44
3.1.1	Allgemein	44
3.1.2	Aufbau und Wirkungsweise	44
3.2	Mechanischer Bremskraftverteiler	46
3.2.1	Allgemein	46
3.2.2	Aufbau und Wirkungsweise	47
3.3	Hauptzylinder	48
3.3.1	Allgemein	48
3.3.2	Aufbau und Wirkungsweise	48
3.3.3	Zentralventil	49
3.3.4	Gestufter Tandem-Hauptzylinder.....	50
3.4	Bremsflüssigkeit	50
4	Zweikreis-Bremsanlage.....	50
5	Bremskreisaufteilung.....	51
5.1	„Vorderachs-Hinterachs“-Aufteilung (Kurzzeichen TT)	52
5.2	„Diagonal“-Aufteilung (Kurzzeichen X).....	53
5.3	„Dreieck“-Aufteilung (Kurzzeichen LL)	54
5.4	„Vier-Zwei“-Aufteilung (Kurzzeichen HT)	54
5.5	„Vier-Vier“-Aufteilung (Kurzzeichen HH)	54
6	Montagetipps.....	55
6.1	Scheibenbremsbeläge wechseln	55
6.2	Bremsscheibe wechseln	65
6.3	Trommelbremsbeläge wechseln	78

6.4	Bremsanlage entlüften	90
6.5	Bremsflüssigkeit auffüllen	95
7	Wartungstipps	98
7.1	Was muss gewartet werden und in welchem Abstand	98
7.2	Bremsflüssigkeit kontrollieren	98
7.3	Belagstärke prüfen	98
7.4	Sichtprüfung auf Leckage	99
7.5	Pedalweg	99
8	Merkmale einer defekten Bremse:	100
8.1	Merkmale – Ursachen	100
8.2	Schadensbilder	102
9	Impressum	104
10	Haftungshinweise	104
11	Quellenverzeichnis	105
12	Links	106
13	Abbildungsverzeichnis	107

1 Aufbau von Bremsanlagen

1.1 Bestandteile einer Bremsanlage

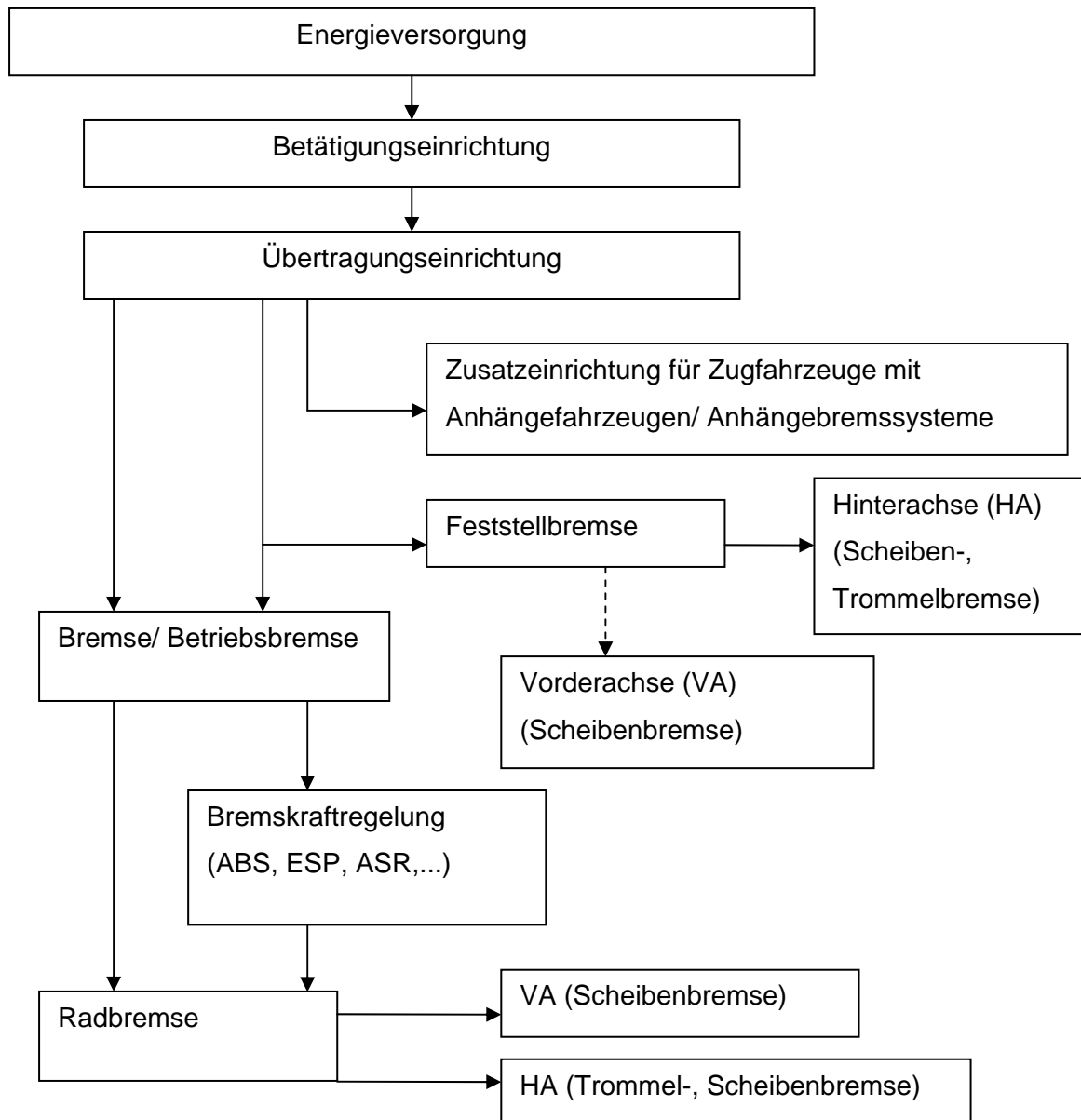


Abbildung 1: Schema Bremsanlagen

1.1.1 Energieversorgung

beinhaltet die Bauteile der Bremsanlage, welche die zum Bremsen notwendige Energie durch

- reine Muskelkraft
- pneumatische Kraft
- hydraulische Kraft

liefern, regeln und evtl. aufbereiten.

1.1.2 Betätigungseinrichtung

beinhaltet die Bauteile einer Bremsanlage, welche die Bremswirkung einleiten und steuern:

- Bremspedal – Hauptzylinder
- Bremspedal – Bremskraftverstärker – Hauptzylinder
- Bremspedal – elektronisches Potentiometer
- Motorbremsbetätigung
- Hebel für Feststellbremsanlage

Das Steuersignal wird mechanisch, pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch übertragen.

Hier ist auch die Verwendung von Hilfs- oder Fremdenergie möglich.

1.1.3 Übertragungseinrichtung

beinhaltet die Bauteile/ Medien zur Übertragung der von der Betätigungseinrichtung gesteuerten Energie:

- Übertragungsmedien (hydraulisch, mechanisch, pneumatisch, elektrisch oder kombiniert z.B. elektro-pneumatisch, elektro-hydraulisch)
- Bremsschläuche
- Bremsleitungen
- Ventile (Relaisventil, Überlastschutzventil, Magnetventil)

1.1.4 Bremse/ Betriebsbremse

beinhaltet die Bauteile einer Bremsanlage, welche die der Bewegung oder Bewegungstendenz entgegen wirkenden Kräfte erzeugen:

- Verschiedene Typen von Reibungs-, Rad-, Trommel-, Scheibenbremsen.

1.1.5 Zusatzeinrichtungen des Zugfahrzeuges für Anhängfahrzeuge

Bauteile der Bremsanlage eines Zugfahrzeuges, welche die Energieversorgung und Steuerung der Bremsanlage des Anhängers verwirklichen:

- Teile zwischen Energieversorgung des Zugfahrzeuges und dem Kupplungskopf der Vorratsleitung des Anhängerbremssystems
- Teile zwischen Übertragungseinrichtung des Zugfahrzeuges und dem Kupplungskopf der Bremsleitung des Anhängerbremssystems

1.2 Einteilung nach der Energieversorgung

1.2.1 Muskelkraftbremse

Die zur Erzeugung der Bremskraft benötigte Energie wird allein durch die Hand-/ Fußkraft des Fahrzeugführers erzeugt. Wenn diese nicht ausreichend ist, da die größte Bremskraft der Gesamtgewichtskraft des Fahrzeuges entsprechen muss, wird die physische Kraft meistens durch mechanische oder hydraulische Übersetzung vergrößert.

1.2.2 Hilfskraftbremsanlage

Die zur Erzeugung der Bremskraft erforderliche Energie wird durch die physische Kraft des Fahrzeugführers und einer oder mehreren Energieversorgungseinrichtungen erzeugt (z.B. pneumatische Bremskraftverstärker).

1.2.3 Fremdkraftbremsanlage

Die zur Erzeugung der Bremskraft benötigte Energie wird von einer oder mehreren Energieversorgungseinrichtungen, jedoch nicht von der physischen Kraft des Fahrzeugführers, erzeugt.

1.2.4 Auflaufbremsanlage

Die zur Erzeugung der Bremskraft erforderliche Energie entsteht durch Annäherung des Anhängers an das Zugfahrzeug.

1.2.5 Hydraulische Bremse

Hydraulische Bremsanlagen bestehen aus dem Bremspedal, dem Tandem- Hauptzylinder für das Zweikreissystem mit Bremskraftverstärker, dem Leitungssystem evtl. mit Bremskraftverteiler und den Radbremsen mit den Bremszylindern.

Mittels Bremspedal wird die Kraft und somit der Flüssigkeitsdruck in den Leitungen bzw. dem Übertragungsmedium erzeugt, der dann auf den Kolben im Hauptzylinder wirkt. Über die Bremsleitungen werden die Anpresskräfte zu den Zylindern und somit auf die Bremsbeläge geführt, welche auf der Bremsscheibe die Reibkräfte erzeugen.

Da sich Bremsflüssigkeit kaum komprimieren lässt und die Lüftspiele klein sind, werden nur geringe Flüssigkeitsmengen bewegt. Der Druck (120 bar, kurzzeitig bis 180 bar) steigt rasch an, folglich spricht die Bremse schnell an.

Hydraulische Bremsen sind über einen längeren Zeitraum wartungsfrei.

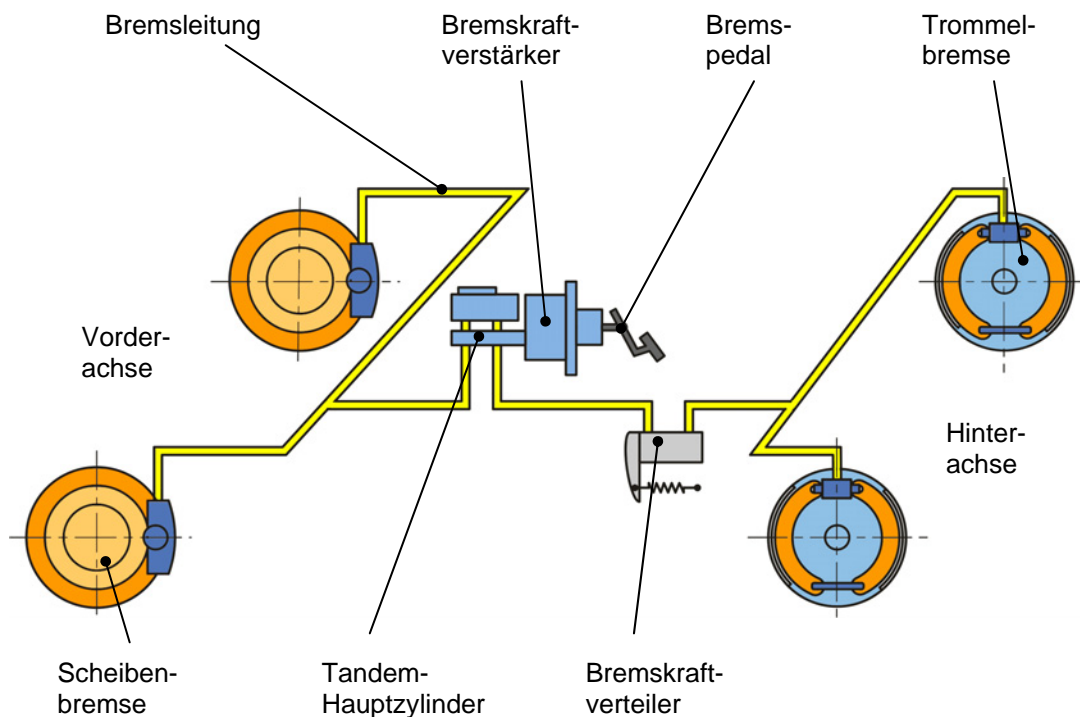


Abbildung 2: Hydraulische Bremsanlage

1.2.6 Elektrisch betätigte Pkw-Bremssysteme

Die Betätigung erfolgt bei diesen Bremssystemen auch über ein Bremspedal, wobei hier nur noch ein elektrisches Signal weitergegeben wird. Sie ist also mechanisch bzw. hydraulisch von der Bremsanlage entkoppelt.

Aus Gründen der Sicherheit ist bei Ausfall der elektrischen Versorgung eine Bremsung über ein Ersatzsystem mit energetischer Kopplung der Betätigung dennoch möglich.

Elektrohydraulisch betätigte Bremssysteme (EHB) bestehen aus den Hauptkomponenten eines elektrohydraulischen Wandlers, einem Getriebe und den Radbremsen. Weitere wichtige Bestandteile sind eine passende Sensorik sowie rechnergesteuerte Einheiten zur Daten- und Signalauswertung.

Mittels elektrischen Signals wird durch den Wandler die hydraulische Energieversorgung (Fremdkraftbremse) und der Bremsdruck geregelt.

Das Getriebe sorgt für die Kraftübertragung an die Radbremsen.

Elektromechanisch betätigte Bremssysteme (EMB) bestehen aus den Hauptkomponenten eines elektromechanischen Wandlers, einem Getriebe und den Radbremsen. Weitere wichtige Bestandteile sind eine passende Sensorik sowie rechnergesteuerte Einheiten zur Daten- und Signalauswertung.

Das elektrische Signal der Pedalbetätigung wird vom Wandler (translatorisches oder rotatorisches Prinzip) in ein mechanisches umgewandelt und an ein geeignetes Getriebe weitergeleitet. Das Getriebe ist an das Funktionsprinzip des Wandlers gekoppelt, da an der Bremse eine translatorische Bewegung notwendig ist, um die Beläge gegen die Scheibe zu drücken. Es stellt somit die mechanische Kompatibilität zwischen Wandler und Radbremse dar.

1.3 Bremsanlagen in Kfz/ Motorräder/ Anhänger

1.3.1 Betriebsbremsanlage (BBA)

Der Fahrzeugführer kann mit der BBA die Geschwindigkeit des Fahrzeugs in abgestufter Wirkung verringern, ggf. bis zum Stillstand, oder das Fahrzeug im Stillstand halten.

Bei Betätigung mittels Fuß- oder Handkraft soll das Fahrzeug seine Spur halten.

Die BBA beinhaltet die Radbremsen (Trommel-, Scheibenbremsen), sowie die Betätigungseinrichtungen und Komponenten der Bremskraftregelung (ABS, ASR,...).

Die Radbremsen, welche auf alle Räder wirken, können über verschiedene Kreislaufsysteme gekoppelt sein.

1.3.2 Hilfsbremsanlage (HBA)

Die HBA ermöglicht dem Fahrzeugführer bei einer Störung in der BBA, deren Zweck u. U. mit verringerter Wirkung zu erfüllen.

Dies kann durch eine unabhängige dritte Bremse, über Einrichtungen der BBA (z.B. der intakte Kreis einer zweikreisigen BBA) oder eine abstufbare Feststellbremse verwirklicht werden.

1.3.3 Feststellbremsanlage (FBA)

Die FBA ermöglicht dem Fahrzeugführer, insbesondere in seiner Abwesenheit, das Fahrzeug (Anhänger) gegen Wegrollen zu sichern oder ein abgestelltes oder haltendes Fahrzeug bei geneigter Fahrbahn mit mechanischen Mitteln im Stillstand zu halten. Aus Sicherheitsgründen müssen die Bauteile über eine mechanische Verbindung (Gestänge, Seilzug) verfügen.

Betriebs- und Feststellbremse bestehen aus voneinander unabhängigen Betätigungs- und Übertragungseinrichtungen. Die abgestufte Betätigung erfolgt über einen Handhebel (Handbremse) oder mittels Fußpedal und wirkt auf die Räder nur einer Achse.

Pkw mit Scheiben- und Trommelbremsen an Vorder- bzw. Hinterachse haben die Feststellbremse in den Trommelbremsen an der Hinterachse integriert.

Bei Pkw mit Scheibenbremsen an Vorder- und Hinterachse kann die Feststellbremse in einer der Scheibenbremsen der Hinterachse integriert sein. Diese Variante ist technisch sehr aufwändig und die Funktion ist nicht unter allen Umständen gesichert.

Wenn der Platzbedarf vorhanden ist, wird daher meistens im Scheibentopf an der HA zusätzlich eine Trommelbremse angebracht.

1.3.4 Selbsttätige Bremsanlage

Dies ist eine zusätzliche Bremsanlage, die eine Bremsung des Anhängers automatisch einleitet, wenn dieses gewollt oder ungewollt vom Zugfahrzeug getrennt wird.

1.4 Bremsarten bei Kfz/ Motorräder/ Anhänger

1.4.1 Prinzip

Radbremsen (Trommel-, Scheibenbremse) sind Reibungsbremsen, d.h. die kinetische Energie am Rad wird durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt, welche durch verschiedene Effekte (innenbelüftete Bremsscheiben, gezielte Anströmung mit Luftleitblechen, strömungsoptimierte Räder, bauartabhängige Abführung über Bauteile) abgeführt werden muss.



Abbildung 3: Scheibenbremse – Bremsscheibe, -sattel, -belag

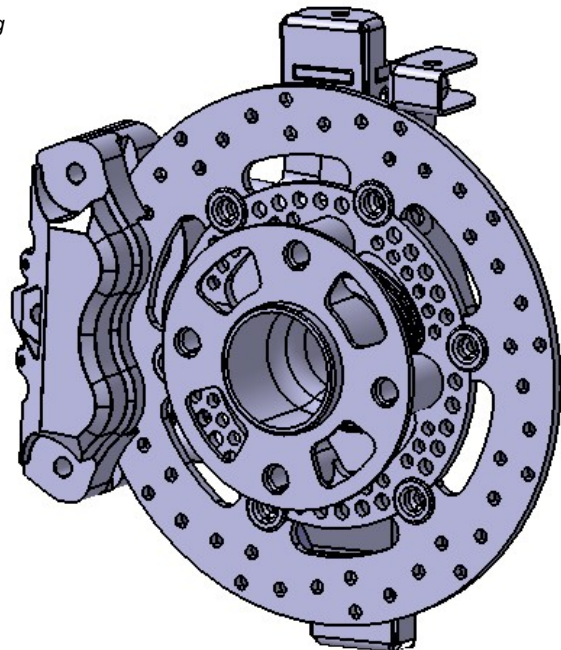


Abbildung 4: CAD-Modell Scheibenbremse

1.4.2 Anforderungen

Radbremsen müssen eine gleichmäßige Wirkung, gute Dosierbarkeit, Unempfindlichkeit gegen Schmutz und Korrosion, hohe Zuverlässigkeit, Standfestigkeit, Verschleißfestigkeit und einen geringen Wartungsaufwand haben.

Der Kennwert von Reibungsbremsen ist der C^* -Wert (Verhältnis von erzeugter Umfangskraft an Scheibe bzw. Trommel und eingeleiteter Spannkraft), welcher von Bauart, Geometrie und Bremsbelagreibwert abhängt.

Trommelbremsen übertragen bei gleicher Zugspannkraft größere Bremskräfte, d.h. sie haben einen höheren C^* -Wert als Scheibenbremsen. Was zunächst vorteilhaft aussieht wirkt sich durch die unvermeidlichen Bremsbelagsreibwertschwankungen in Folge der Wärmeeinwirkung negativ aus.

Bei Pkw werden heute Scheibenbremsen (Vorderachse/ Hinterachse) und zum Teil immer noch Trommelbremsen (Hinterachse) in jeweils verschiedenen Bauformen eingebaut.

Bei größeren bzw. schnelleren Fahrzeugen lassen sich die Forderungen nur mit Scheibenbremsen verwirklichen. Hier muss die Ausführung der Feststellbremse gesondert betrachtet werden, da diese entweder als zusätzliche Trommelbremse im Scheibentopf oder innerhalb der Scheibenbremse mit erhöhtem Aufwand eingebaut werden muss.

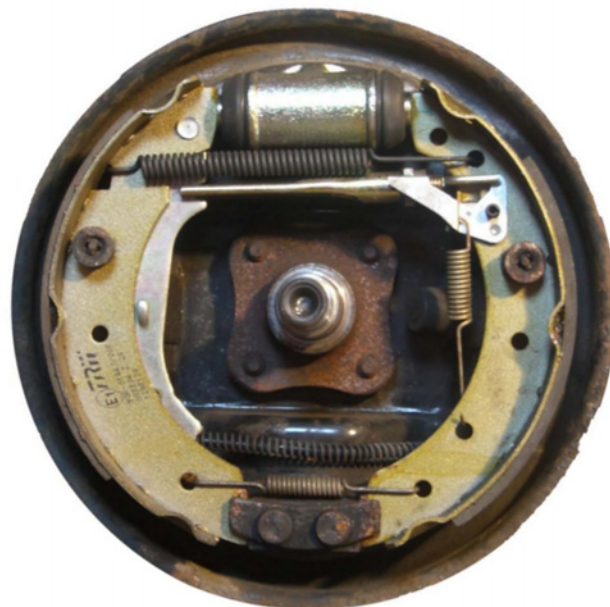


Abbildung 5: Simplex- Trommelbremse

1.4.3 Scheibenbremse

1.4.3.1 Funktion, Aufbau

Scheibenbremsen sind heute die am häufigsten verwendeten Bremsentypen bei Kfz und Motorrädern. Standardmäßig sind sie als Teilscheibenbremsen ausgeführt, bei denen jeweils ein Teil der Bremsscheibenfläche beidseitig vom Sattel umgeben und somit von den Bremsbelägen bedeckt ist.

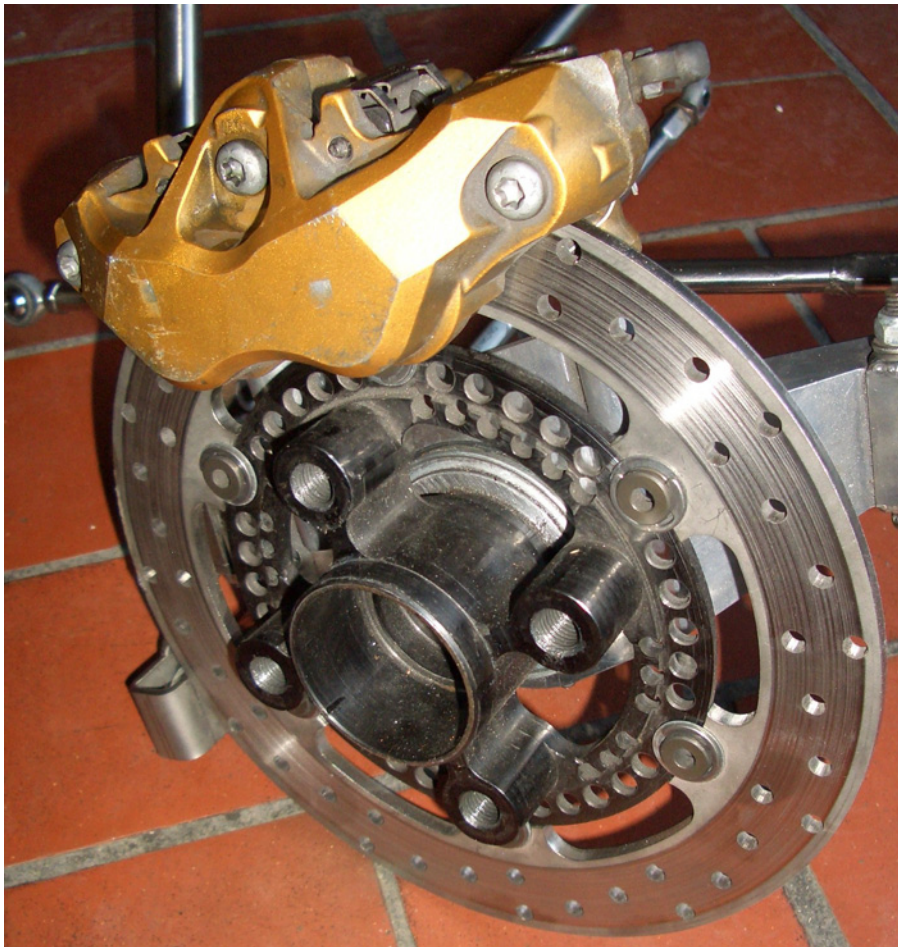


Abbildung 6: 4-Zylinder Scheibenbremse

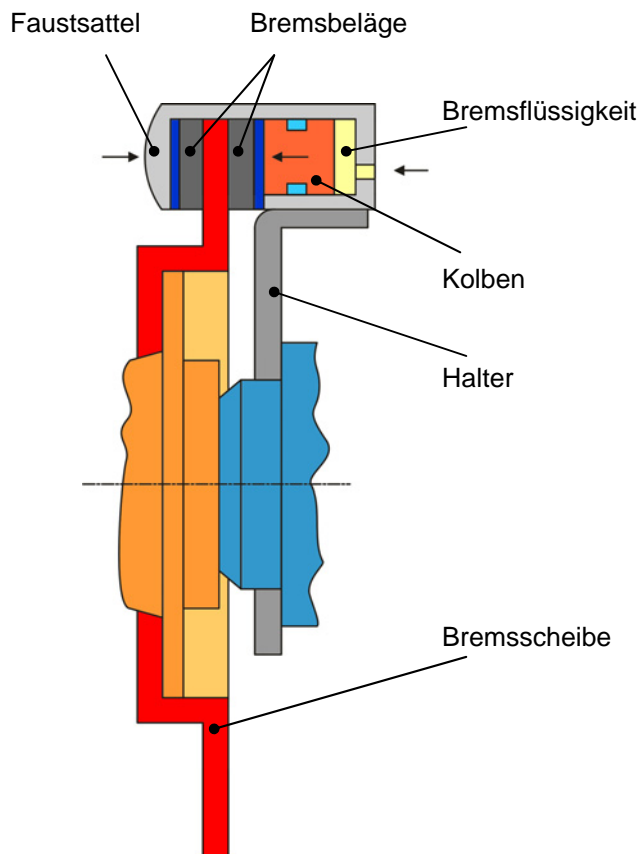


Abbildung 7: Aufbau/ Funktion Faustsattelbremse

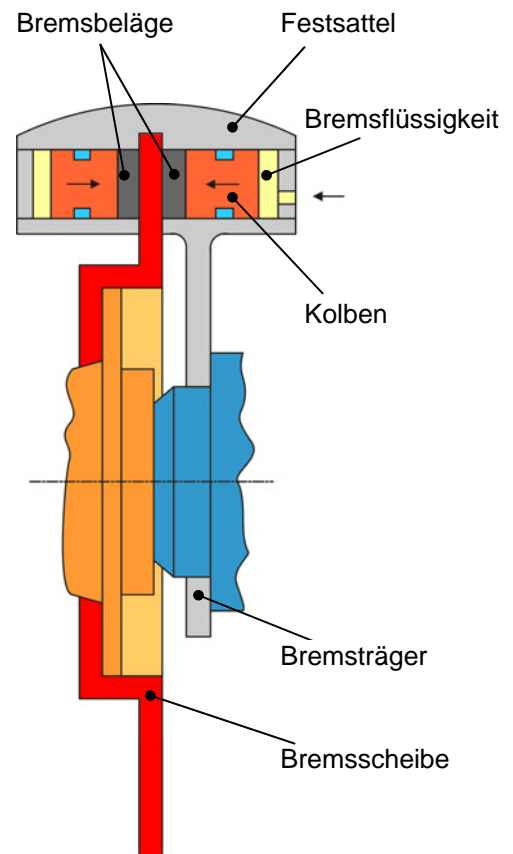


Abbildung 8: Aufbau/ Funktion Festsattelbremse

Dies wird durch die Bauform des Bremssattels erreicht (außen umgreifend, innen umgreifend). Im Bremssattel (Fest-, Schwimm- oder Faustsattel) sind die Bremszylinder mit den Bremskolben untergebracht. Diese drücken während des Bremsvorgangs die Beläge gegen die sich drehenden Scheiben.

Eine spezielle Dichtungstechnik im Zylinder sorgt dafür, dass die Beläge die Scheibe nach Wegnahme der Betätigungskraft wieder frei geben (Lüftspiel).

Spreizfedern drücken die Bremsbeläge gegen den Kolben. Hiermit wird ein Klappern der Beläge verhindert. Zugleich unterstützt sie beim Bremsdruckabbau die Rückführung der Kolben.

1.4.3.2 Hauptbestandteile/ Einzelteile Scheibenbremse

1.4.3.2.1 *Bremssattelbauarten*

Bremssättel sollen sich unter den einwirkenden Kräften so wenig wie möglich verformen, geringen Bauraum beanspruchen (geringes Gewicht), unempfindlich gegen Wärmeeinfluss sein und gleichmäßige Bremsdrücke erlauben.

Des Weiteren wird Unempfindlichkeit gegen Korrosion und eine einfache Handhabung bei Belagwechsel gefordert.

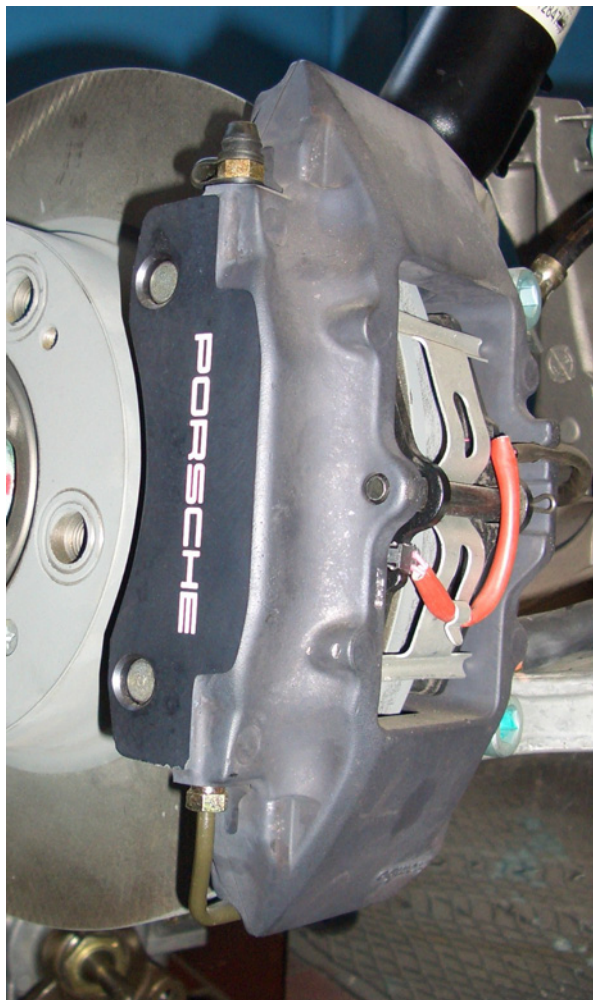


Abbildung 9: Festsattel

Festsattel

Das starre Gehäuse eines Festsattels besteht aus zwei axial miteinander verschraubten Hälften, die an der Radaufhängung befestigt sind. Diese umschließen die Bremsscheibe. Bei dieser Bauart werden die Bremsbeläge jeweils durch axial angeordnete Bremszylinder (Kolben) gegen die Bremsscheibe gedrückt.

Die Beläge sind an Anschlagführungen seitlich der Kolben tangential abgestützt. Bei Pkw kommen in der Regel Zweizylinder-Festsättel vor.

Die Kolbenrückführung wird durch spezielle Dichtungen sowie den Spreizfedern erreicht. Dadurch stellt sich das Lüftspiel wieder ein, welches garantiert, dass zwischen Belag und Bremsscheibe immer ein bestimmter Abstand eingestellt ist. Die Beläge reiben so nicht die ganze Zeit an der Scheibe.

Wenn größere Bremskräfte nötig sind werden Drei- bzw. Vierkolbensättel eingesetzt.

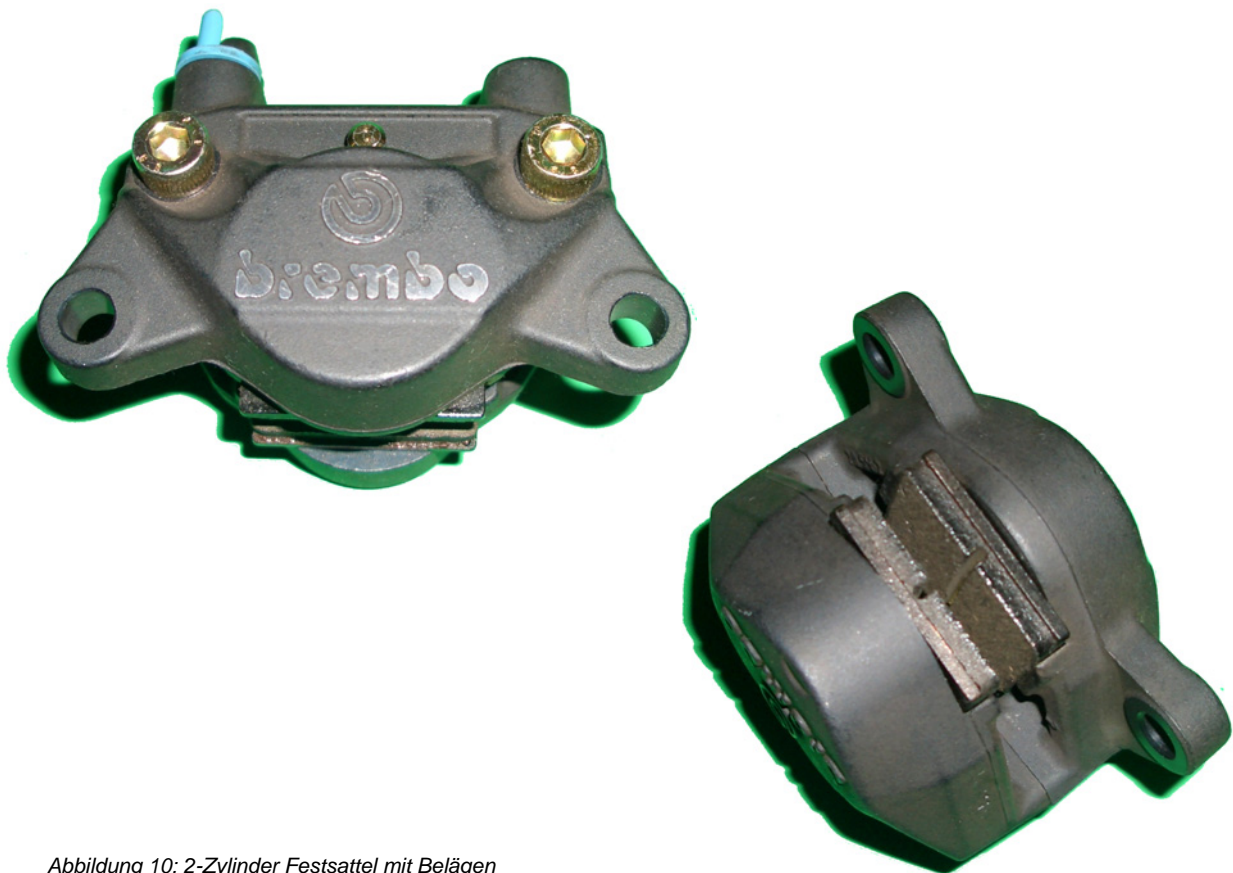


Abbildung 10: 2-Zylinder Festsattel mit Belägen

Schwimmsattel

Eine Weiterentwicklung des Festsattels ist der Schwimm-Rahmensattel. Hier wird die Bremskraft von nur einem Bremszylinder (Kolben), der an der Scheibeninnenseite ist, über den verschiebbar gelagerten Schwimmrahmen auf den felgenseitigen Belag und somit auf die Bremsscheibe übertragen.

Die tangentialen Bremskräfte der Beläge werden durch zwei Arme des Halters abgestützt. Der Halter ist mit der Radnabe bzw. dem Achsschenkel verschraubt.

Faustsattel

Die Anordnung ist ähnlich wie beim Schwimm-Rahmensattel. Der Bremszylinder (Kolben) ist auch hier auf der zur Fahrzeugmitte hin liegenden Seite angebracht, welcher direkt auf den Bremsbelag wirkt. Über das meist einteilige Gehäuse, das entweder mittels Zahn- oder Bolzenführung verschiebbar gelagert ist, wird der äußere Belag gegen die Scheibe gedrückt. In der Vergangenheit haben sich **außen umgreifende** Faustsättel durchgesetzt.

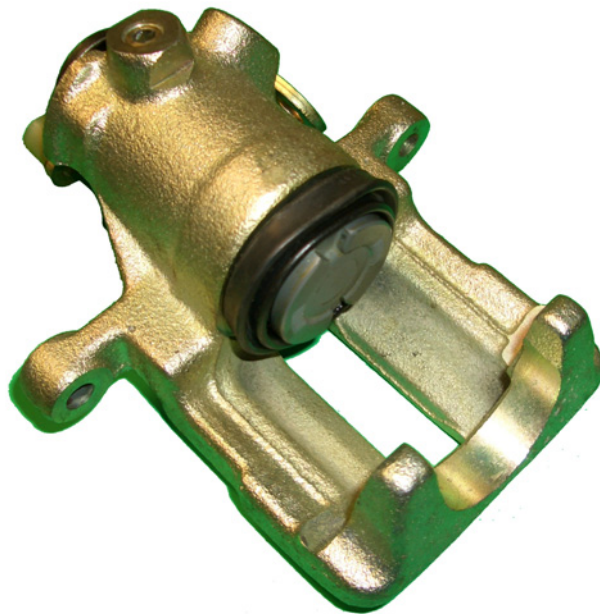


Abbildung 11: Faustsattel (außen umgreifend)

Optimierte Varianten wie **innen umgreifende** oder **kombinierte Faustsättel** (mit integrierter Feststellbremse) erfordern einen konstruktiven Mehraufwand. Sie werden nur dort eingesetzt, wo es das Bauraumangebot nicht anders zulässt.

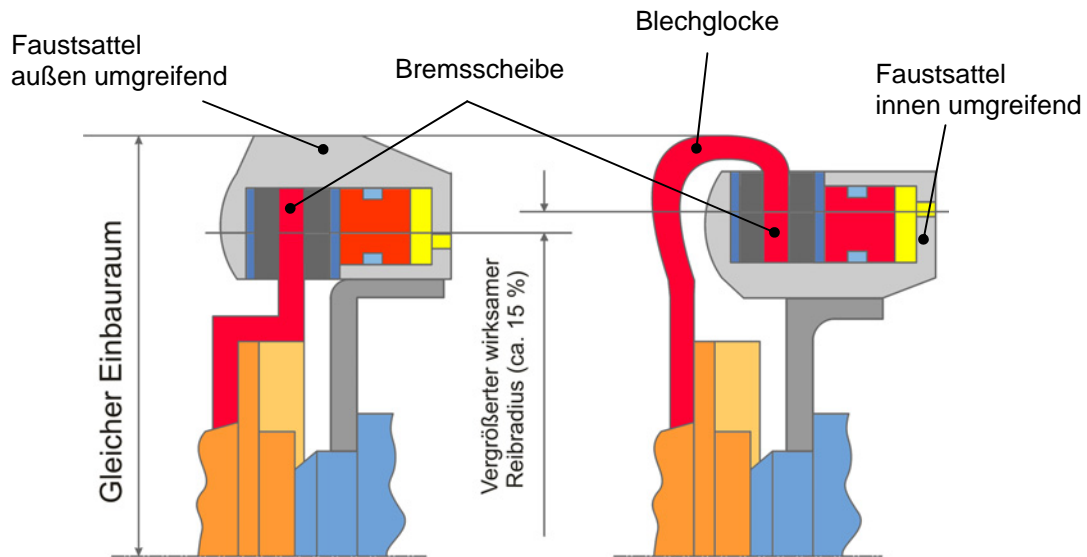


Abbildung 12: Vergleich Faustsattel außen umgreifend/ innen umgreifend

Sattelbauart	Vorteile	Nachteile
Festsattel (Zweikolbenausführung)	gleichmäßige Bremswirkung/ Abnutzung	benötigt optimierte Kühlung der Bremse - Gefahr der Dampfblasenbildung - Hydraulikleitungen im Gehäuse
	unempfindlich gegen Schmutz und Korrosion	großer Bauraum notwendig, u. U. Drei bzw. Vierkolbenausführung
		Bremsleistung abhängig von Kolbendurchmesser/ Bremsbelaggröße
		Gewicht
Schwimm- Rahmensattel	gute Belüftung/ Kühlung durch offenen Belagschacht	neigt zu Klappern, Quietschen
	geringer Platzbedarf	ungleichmäßiger Verschleiß
	größere Belagflächen	Korrosionsgefahr bei Führungselementen
Faustsattel (außen umgreifend)	einfache Demontage bei Belag- bzw. Scheibenwechsel	ungleichmäßiger Verschleiß
	gute thermische Verhältnisse - keine Hydraulikleitung oberhalb der Bremsscheibe - massives Gehäuse	Korrosionsgefahr bei Führungselementen
	geringer Einbauraum notwendig	Kolbenrückhub schwieriger
	große Belagflächen möglich	
Faustsattel (innen umgreifend)	große Bremsscheibe möglich, großer Bremsreibradius	radiale Dehnung der Bremsscheibe verhindert durch Befestigungsglocke
	gutes Wärmespeichervermögen (Befestigungsglocke der Scheiben)	konstruktiv aufwändig (teuer)
		Gewicht (weitere Bauteile nötig)
kombinierter Faustsattel	Kompakt	konstruktiv aufwändig (teuer)
	Feststellbremse und Betriebsbremse mit Scheibenbremse verwirklicht	

1.4.3.2 **Bremsscheiben**

Bremsscheiben übertragen die Bremskraft an die Radnabe bzw. an das Rad weiter. Die kinetische Energie wird beim Bremsvorgang über Reibung zwischen Bremsscheibe und Bremsbelägen in Wärme umgewandelt. Zunächst nimmt die Scheibe den größten Teil der Wärmeenergie auf, welchen sie dann an die Umgebungsluft abgibt.

Besondere Anforderungen an Bremsscheiben sind:

- gutes Wärmespeichervermögen
- schnelle Abfuhr der gespeicherten Wärme an die Umgebung
- wenig Verschleiß, aber geringer Verschleiß nötig für die Selbstreinigung
- geringe Korrosionsneigung
- formbeständig

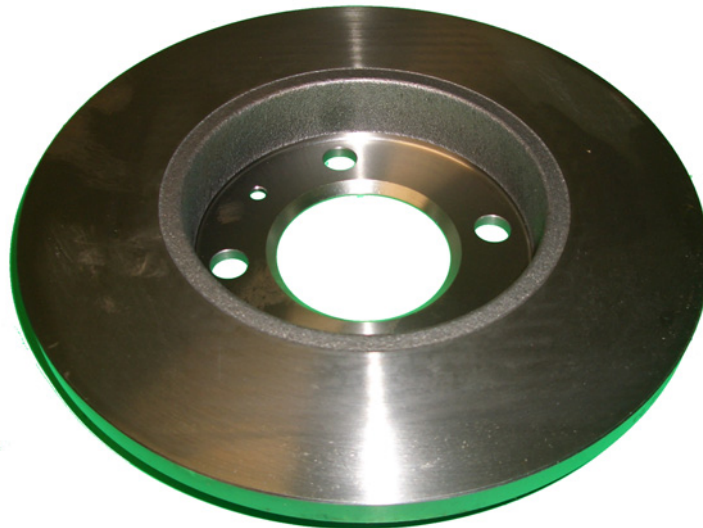


Abbildung 13: Bremsscheibe (Vollscheibe)

Die gute Wärmeabfuhr wird durch verschiedene konstruktive Maßnahmen an der Bremsscheibe und strömungstechnische Verbesserungen am Fahrzeug selbst verwirklicht. Neben Scheiben, die als Vollscheiben ausgeführt sind werden hierzu innen belüftete Scheiben oder Scheiben mit Bohrungen bzw. Nuten ausgeführt. Durch spezielle Strömungsführung der Luft zu den Bremsscheiben kann die Wärmeabfuhr zusätzlich gesteigert werden.

Innenbelüftete Scheiben, wie sie bei hohen erforderlichen Bremsleistungen eingesetzt werden, haben radial angeordnete Luftkanäle. Durch die Ventilatorwirkung kann die Wärmeabfuhr erheblich gesteigert werden.



Abbildung 14: Innen belüftete Bremsscheibe

Eine verbesserte Kühlwirkung kann auch durch Bohrungen oder Nuten in der Scheibe selbst erreicht werden. Diese erzielen zusätzlich den Effekt, dass bei Nässe oder Verschmutzung eine bessere Bremswirkung durch schnellere Schmutz- bzw. Wasserabfuhr erreicht wird. Durch diese Maßnahme kann zudem Gewicht eingespart, ein riefenfreies Verschleißbild erreicht und der Grad der Abnutzung optisch erkannt werden. (Einsatz bei Motorrädern)



Abbildung 15: Bremsscheibe mit Schlitz

In Fahrzeugen, die an der Hinterachse auch Scheibenbremsen haben, kann für die Ausführung der Feststellbremse eine zusätzliche Trommelbremse im Scheibentopf einer speziellen Bremsscheibe eingebaut werden.



Abbildung 16: Bremsscheibe mit Scheibentopf

Meistens werden Bremsscheiben aus Stahl gegossen und anschließend überdreht. Bei sehr hoher erforderlicher Bremsleistung und Verschleißfestigkeit werden auch Keramikbrems-scheiben verwendet. Bremsscheiben aus Karbon mit geringem Gewicht und Bremsscheiben, die aus Blech gestanzt werden, kommen auch noch zum Einsatz.

1.4.3.2.3 Bremsbeläge

Bremsbeläge bringen die vom Bremssattel (Zylinder) erzeugte Kraft an die Bremsscheibe. Dazu sollten die Beläge, welche an der gleichen Achse montiert sind, möglichst geringe Reibwertunterschiede besitzen. Dadurch kann eine gleichmäßige Wirkung der Bremse erreicht und somit ein Schiefziehen verhindert werden.

Bremsbeläge sind oft mit Fühlern zur automatischen Erkennung des Bremsbelagverschleißes ausgestattet.

Die speziellen Anforderungen an Bremsbeläge sind:

- große Dämpfung bei geringer Kompressibilität, Geräuscharm
- geringer Belagverschleiß
- keine chemische bzw. korrosionsbegünstigende Wechselwirkung mit Bremsscheibe
- geringer Wärmedurchgang, hohe Warmfestigkeit
- hohe mechanische Festigkeit
- gutes Reibverhalten mit Bremsscheibe
- gleich bleibende Reibungszahl (temperatur- und geschwindigkeitsunabhängig)
- unempfindlich gegen Wasser und Schmutz



Abbildung 17: Bremsbelag mit Verschleißsensor



Abbildung 18: Bremsbelag (Rückseite)

Bremsbeläge aus organischen Werkstoffen bestehen nur zu einem geringen Anteil aus Metallen (Messing, Aluminium). Früher wurden Asbestfasern eingesetzt, was aus gesundheitlichen Gründen heute vermieden wird. Hier werden Aramidfasern als Ersatzwerkstoff benutzt, welche mit Phenolharzen zusammengehalten werden. Der Belag selbst wird auf eine Rückenplatte (Belagträger) geklebt, mit welcher er im Sattel befestigt wird.

Organische Beläge haben einen relativ geringen Reibwert, eine geringe Laufleistung sowie eine lange Ansprechzeit bei Nässe.

Zu erkennen sind die organischen Beläge an einer Lackierung an der Rückseite.

Bremsbeläge aus Sinterwerkstoffen bestehen aus bis zu 10 verschiedenen Pulvern (Metall, Graphit). Die Reibwerte liegen zwischen 20 - 50 % über denen von organischen Belägen und ihre Lebensdauer ist ca. doppelt so groß. Sinterbeläge sind im Vergleich zu organischen Belägen schwerer, teurer und haben eine höhere Wärmeleitfähigkeit. Dies erfordert meistens zusätzliche Isoliermaßnahmen, damit die Bremsflüssigkeit nicht zu stark aufgeheizt wird.

Zu erkennen sind die Beläge an der verkupferten Belagrückenplatte.

1.4.3.2.4 Dichtung am Bremszylinder

Der Dichtungsring, der den Kolben abdichtet, besitzt einen kleineren Durchmesser als der Kolben selbst. Dadurch wird er beim Bremsvorgang elastisch verformt und speichert Kraft. Beim Lösen der Bremse zieht er den Kolben wieder in seine Ausgangslage zurück.

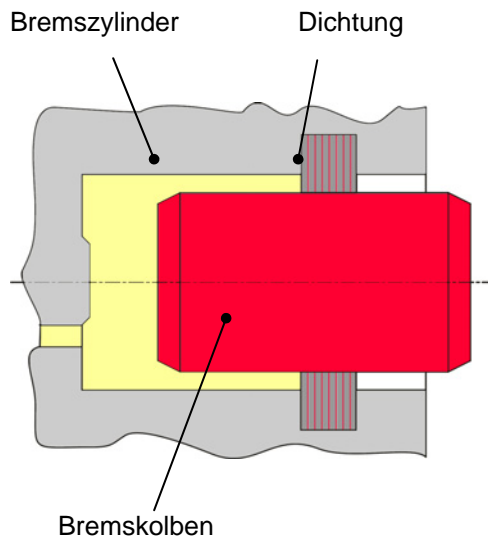


Abbildung 19: Dichtung am Bremszylinder bei unbetätigter Bremse

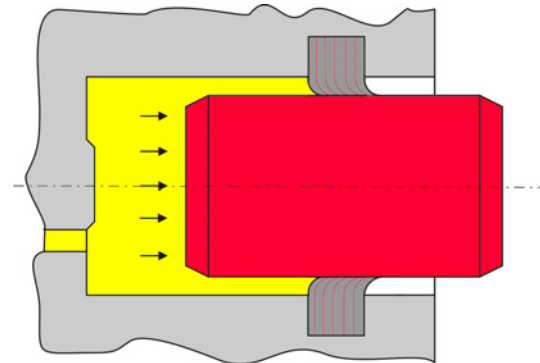


Abbildung 20: Dichtung am Bremszylinder bei betätigter Bremse

1.4.4 Trommelbremse

Trommelbremsen finden heute als Betriebsbremsen nur in kleineren Pkw an der Hinterachse bzw. in Nutzfahrzeugen Verwendung. Bei größeren Pkw sind sie meist als zusätzliche Bremse im Scheibentopf als reine Feststellbremse eingesetzt.

Radnabe und Bremstrommel sind fest miteinander verbunden und laufen um. Die Bauteile, die die Spannkraft erzeugen (Bremsbacken, Zylinder) sind am Bremsträger, welcher fest an der stillstehenden Radaufhängung montiert ist, befestigt.

Bei Betätigung drücken die Bremsbacken gegen die Reibflächen im Inneren der Bremstrommel. Die auflaufende Backe hat eine selbstverstärkende Bremswirkung. Nach Wegnahme der Betätigungskraft ziehen Federn die Bremsbacken wieder in ihre Ausgangslage (Lüftspiel).

Bei der Verwendung als Betriebsbremse wird die Kraft hydraulisch über einen Radzylinder aufgebracht. Die Feststellbremse wird über einen Spannhebel und Seilzug betätigt.

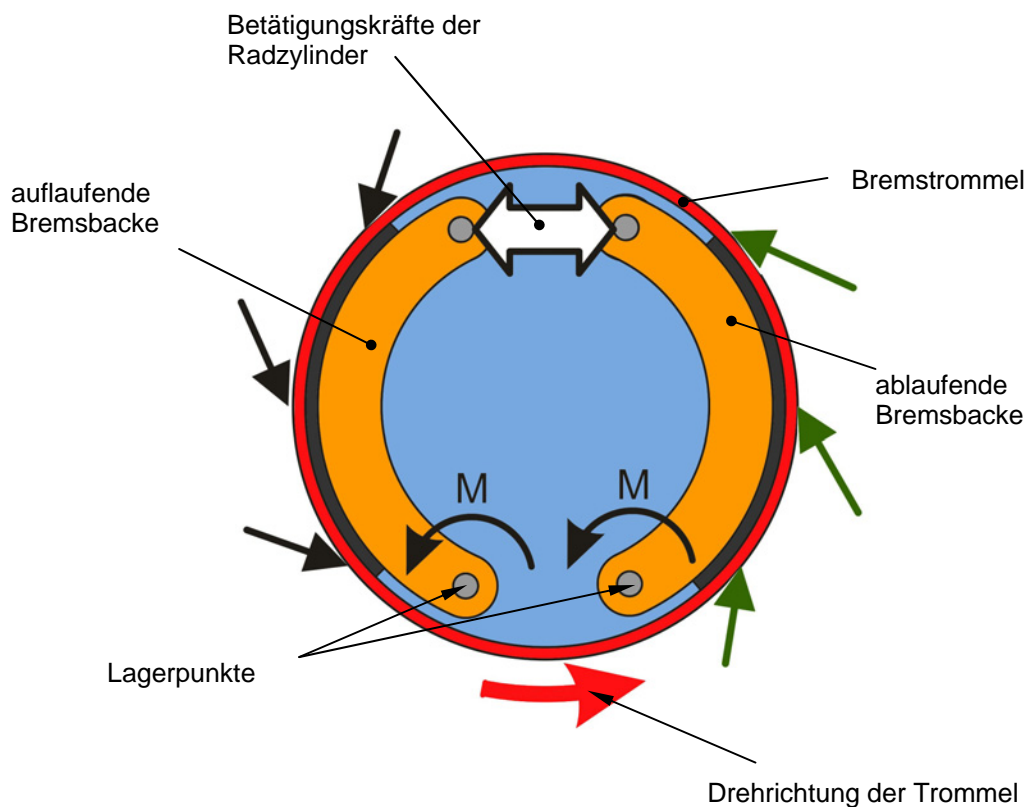


Abbildung 21: Selbstverstärkung bei Trommelbremsen

1.4.4.1 Einteilung nach Art der Betätigung und Abstützung

Simplex-Trommelbremse

Sie besteht aus je einer ablaufenden und einer auflaufenden Bremsbacke. Die Bremsbacken werden über ein gemeinsames Spannelement (doppelt wirkender Radzylinder, S-Nocken, Spreizkeil) gegen die Bremstrommel gedrückt und besitzen jeweils feste Abstützpunkte (Einfach- oder Doppeldrehpunkte).

Es ergibt sich in beide Fahrtrichtungen je eine auflaufende Bremsbacke. Die bei Vorwärtsfahrt auflaufende Bremsbacke ist wegen der höheren Abnutzung zum Teil dicker ausgeführt.

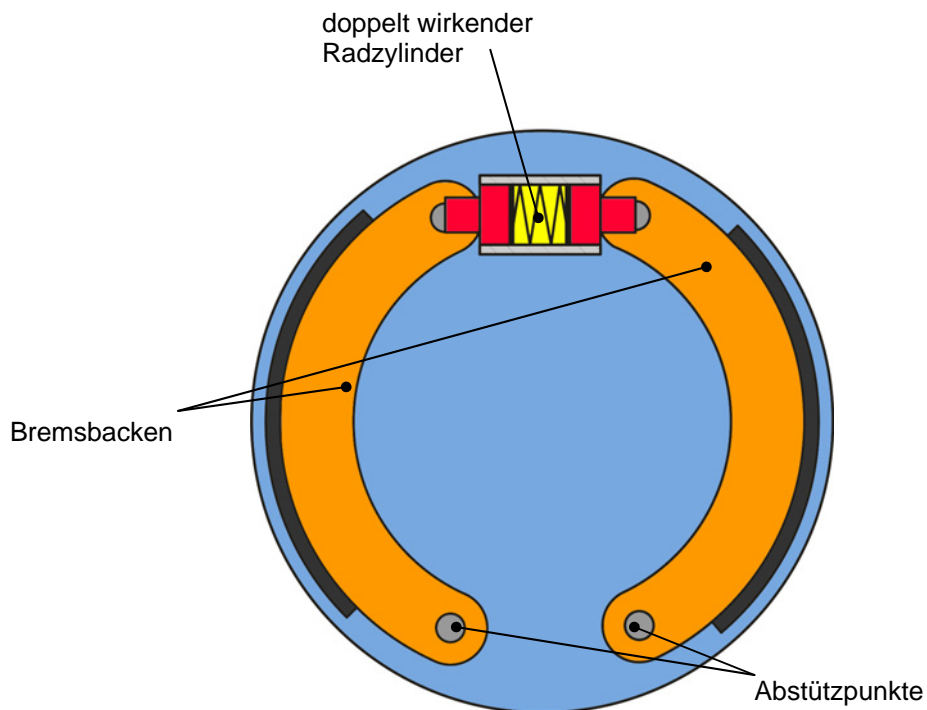


Abbildung 22: Simplex-Trommelbremse

Duplex-Trommelbremse

Beide Bremsbacken sind an einem eigenen Festpunkt (Stützlager) abgestützt, bzw. die Radzylinder sind Stützlager für die jeweils gegenüberliegende Bremsbacke. Zwei einfach wirkende Radzylinder oder zwei einseitig wirkende Nocken dienen als Spanneinrichtungen. Daher sind beide Bremsbacken bei Vorwärtsfahrt auflaufend.

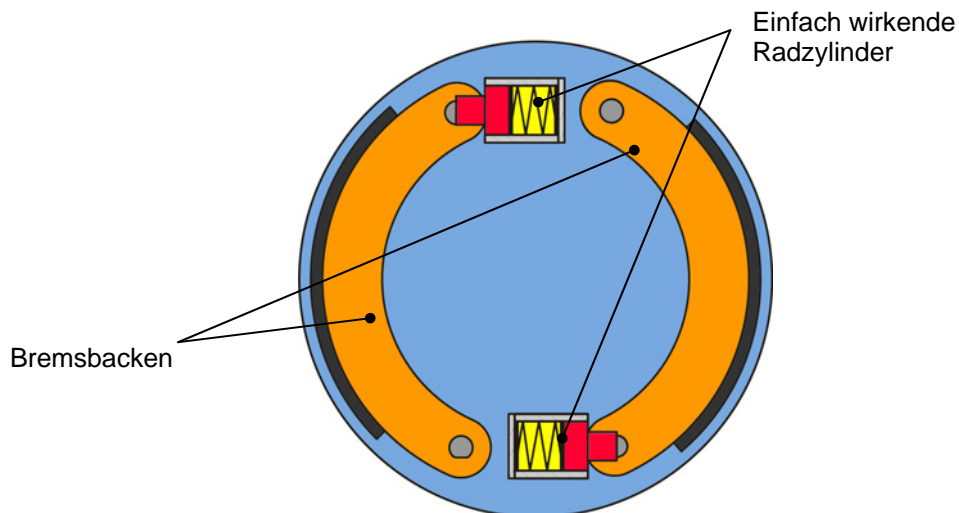


Abbildung 23: Duplex-Trommelbremse

Duo-Duplex-Trommelbremse

Diese Trommelbremse ist prinzipiell gleich aufgebaut wie die Duplex-Trommelbremse. Beide Bremsbacken werden durch zwei doppelt wirkende Radzylinder betätigt. Dadurch sind die Bremsbacken in beide Fahrrichtungen auflaufend.

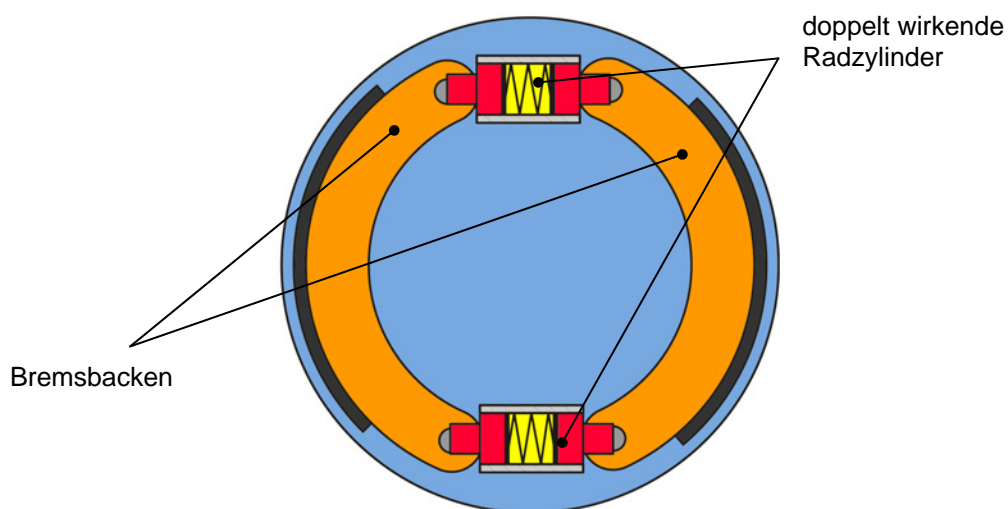


Abbildung 24: Duo-Duplex-Trommelbremse

Servo-Trommelbremse

Die Servo-Trommelbremse, welche häufig in Anhängerfahrzeugen eingebaut wird, hat nur einen Radzylinder. Die Bremsbacken sind am unteren Drehpunkt schwimmend gelagert. Die Stützkraft der auflaufenden Backe wird über einen Druckbolzen auf die ablaufende Bremsbacke übertragen.

Somit wird bei beiden Bremsbacken eine verstärkende Wirkung, allerdings nur in eine Fahrtrichtung, erzielt.

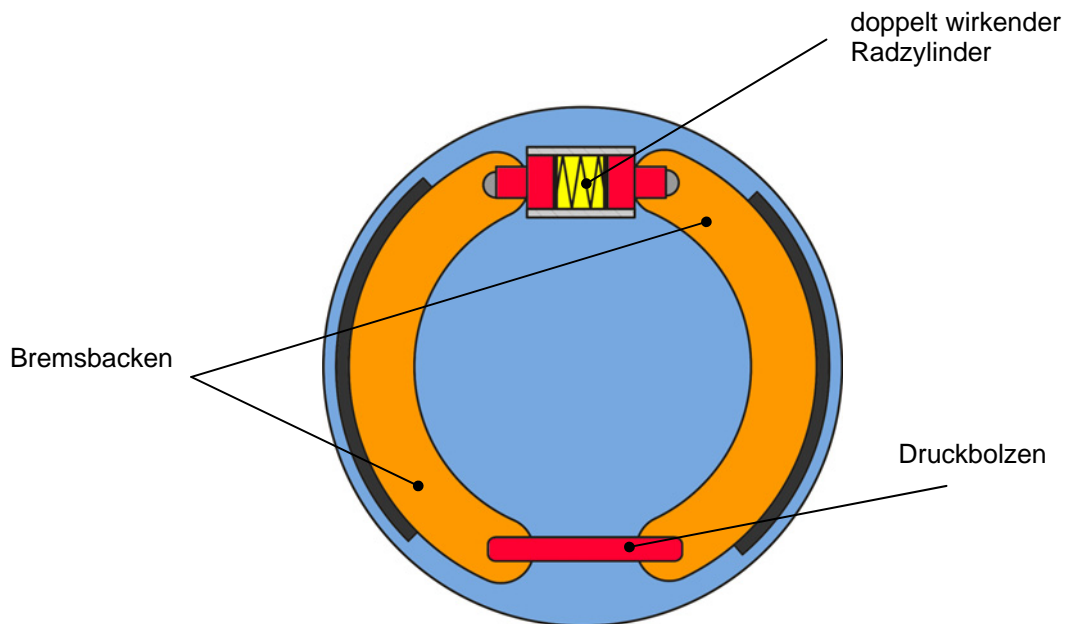


Abbildung 25: Servo-Trommelbremse

Duo-Servo-Trommelbremse

Der Grundaufbau ist wie bei der Servo-Trommelbremse. Die Spannvorrichtung und die Bremsbacken sind schwimmend gelagert. Zudem können sich die Bremsbacken jeweils an einem Festlager in beide Richtungen abstützen.

Die selbstverstärkende Wirkung beider Bremsbacken kann somit in beide Fahrtrichtungen verwirklicht werden.

1.4.4.2 Hauptbestandteile/ Einzelteile Trommelbremse

Bremstrommel

Die Bremstrommel muss eine hohe Formsteifigkeit, Verschleißfestigkeit sowie eine gute Wärmeleitung haben. Des Weiteren sollte sie zentrisch und schlagfrei laufen.

Die Bremsflächen in der Trommel sind geschliffen oder feingedreht. Sie werden meist aus Gusseisen gefertigt. Es werden aber auch Bremstrommeln aus Temperguss, Stahlguss und Verbundguss aus Leichtmetall- und Gusseisen für besondere Anwendungen hergestellt.

Bremsbacken

Die Steifigkeit erhalten Bremsbacken durch ein T-Profil, welches aus einer Leichtmetalllegierung gegossen oder aus Stahlblech geschweißt wird. Für den Druckbolzen des Radzylinders haben sie an einem Ende Anlageflächen. Je nach Bremsenausführung liegt das andere Ende gleitend am festen Stützlager oder es sitzt in einem Bolzen. Die Backen sind so befestigt, dass sie sich zentrieren können.



Abbildung 26: Bremsbacke Trommelbremse



Abbildung 27: Bremsbacken mit Zug

Spannelemente

Die Spannvorrichtung spreizt bzw. spannt die Bremsbacken und drückt diese gegen die Bremstrommel. Bei hydraulischen Bremsen verwendet man Radzylinder, welche je nach Bremsentyp einfach wirkend (mit einem Kolben) oder doppelt wirkend (mit zwei Kolben) ausgeführt sind. Die Spannkraft der Kolben wird durch den Bremsdruck, der im Hauptzylinder erzeugt wird und auf die Kolben wirkt, erzeugt.

Zur Abdichtung der Kolben dienen Gummimanschetten. Gegen das Eindringen von Schmutz werden Staubkappen eingesetzt.

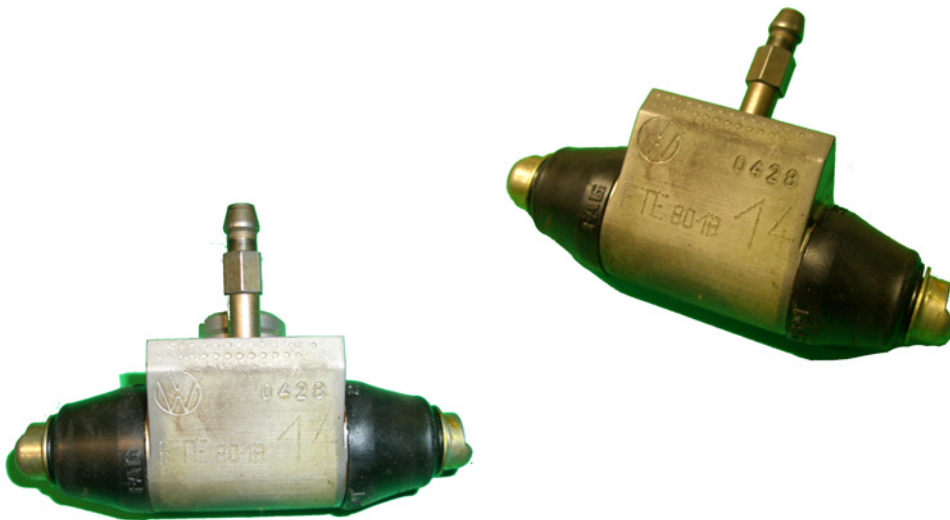


Abbildung 28: Doppelt wirkende Radzylinder

Bei Feststellbremsen werden als Spannelemente Seilzug und Spannhebel eingesetzt. Somit können die Bremsbacken unabhängig von der hydraulischen Bremsanlage gespreizt werden.

Nachstellvorrichtungen

Bremsen müssen wegen des Belagverschleißes und dem damit verbundenen größeren Lüftspiel bzw. Pedalleerweg nachgestellt werden.

Bei der Nachstellung von Hand werden die Bremsbacken entweder über einen Exzenterbolzen, Druckschrauben mit gezahnten Nachstellkappen am Radzylinder oder Nachstellritzel am Stützlager verstellt. Diese Verstelleinrichtungen können von außen durch Öffnungen im Bremsträger erreicht werden.

Zur automatischen Nachstellung werden Radzylinder mit selbsttätiger Nachstellung, Klemmscheiben, Bolzen mit Sägewinde in einer Nachstellzange oder Nachstellvorrichtungen an der Druckstange der Feststellbremse verwendet.

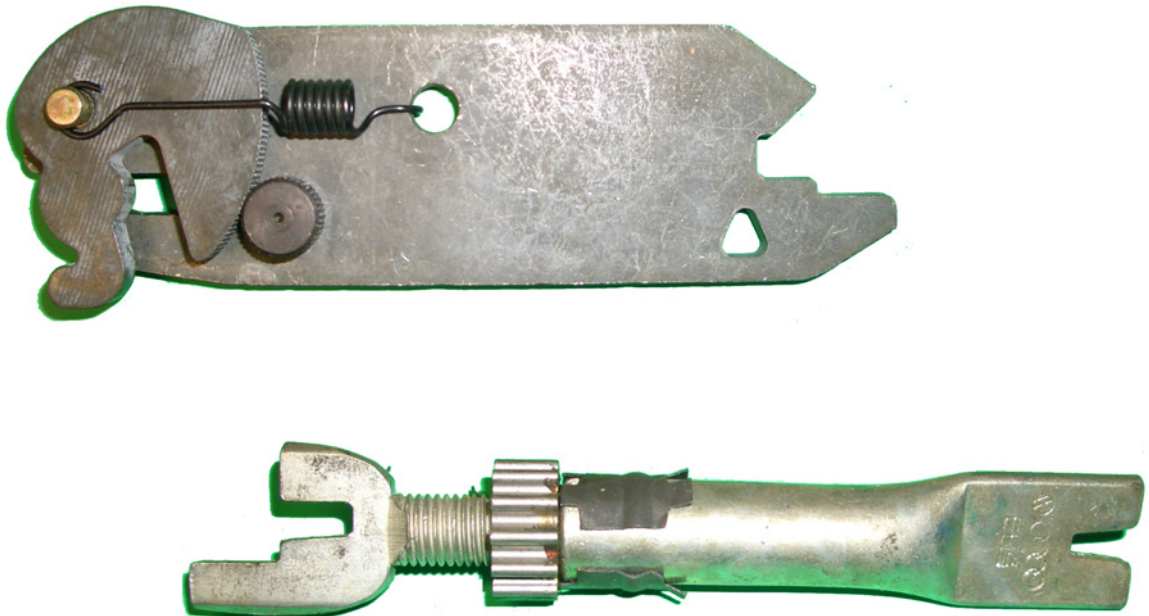


Abbildung 29: Automatische Nachstelleinrichtungen

1.4.4.3 Trommelbremsen im Vergleich

	Vorteile	Nachteile
Simplex-Trommelbremse	<ul style="list-style-type: none"> - gleiche Bremswirkung in beide Fahrrichtungen - einfache Ausführung einer Feststellbremse möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Selbstverstärkung - ungleichmäßige Abnutzung der Beläge
Duplex-Trommelbremse	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Selbstverstärkung in eine Fahrrichtung (beide Bremsbacken auflaufend) - Eignung als Bremse an Vorderachse 	<ul style="list-style-type: none"> - Bremswirkung abhängig von Fahrrichtung - Ausführung von Feststellbremse aufwändig - Dosierung der Bremskraft schwierig
Duo-Duplex-Trommelbremse	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Bremswirkung in beide Fahrrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - aufwändige Bauart
Servo-Trommelbremse	<ul style="list-style-type: none"> - Selbstverstärkung an beiden Bremsbacken - gute Eignung für Auflaufbremse in Anhängern 	<ul style="list-style-type: none"> - gute Bremswirkung nur in eine Richtung
Duo-Servo-Trommelbremse	<ul style="list-style-type: none"> - Selbstverstärkung an beiden Bremsbacken in beide Fahrrichtungen 	

1.4.5 Scheiben- und Trommelbremse im Vergleich

Scheibenbremsen	
Vorteile	Nachteile
kaum Schiefziehen bei Festsattelausführung	keine Selbstverstärkung der Bremskraft – größere Radzylinder für hohe Anpresskräfte nötig
bei richtiger Einstellung – gleichmäßige Abnutzung der Beläge	starker Belagverschleiß durch Anpresskräfte
gute Kühlung – wenig Fading höhere thermische Belastbarkeit	Neigung zu Dampfblasenbildung in Folge Wärmeleitung durch Gehäuse mit Bremsflüssigkeitskanälen
gutes Kennwertverhalten (C*-Wert)	Ausführen einer integrierten Feststellbremse aufwändig
gute Selbstreinigung durch Fliehkraft	höhere Anschaffungs- und Betriebskosten
Bremswirkung unabhängig von Fahrtrichtung und gut stufbar	Ausführungen mit Faust-, Schwimmsattel neigen zu - Klappern, „Quietschen“ - erhöhtem Verschleiß (ungenügende Rückstellung)
selbsttätige Nachstellung des Lüftspiels	
Wartung und Belagwechsel einfach	

Trommelbremsen	
Vorteile	Nachteile
Selbstverstärkung der Bremskraft	Belagwechsel und Wartung sehr aufwändig
schmutzgeschützt	Baugröße von der Radschüssel begrenzt
Feststellbremse einfach integrierbar	schlechte Wärmeabfuhr – neigt zu Fading
große Standzeit der Beläge	Bremsbelagkennwert schwankt stark – Einsatz nur bei kleineren Bremsleistungen
	Bremswirkung stark temperaturabhängig

1.4.6 Auflaufbremsen / Anhänger - Besonderheiten

Eingesetzt werden Auflaufbremsanlagen bei Pkw- Anhängern (Pferde-, Boots-, Transport- und Wohnanhänger).

Bei auflaufgebremsten Anhängersystemen gibt es immer das prinzipbedingte Problem, dass der Hänger schiebt.

Aufbau:

Die Auflaufeinrichtung besteht aus Gehäuse, Zugstange, Übersetzungshebel bzw. hydraulischem Hauptzylinder, Stoßdämpfer (gasdruckbelasteter Einrohrdämpfer) und Zugkugelkupplung bzw. Zugöse.

Die Zugstange ist verschiebbar in Buchsen gelagert. Der Stoßdämpfer befindet sich in der Zugstange (Rohr) und ist am Gehäuse befestigt. Die Aufgabe des Stoßdämpfers ist, das Ansprechverhalten der Bremse zu definieren, damit Verzögerungen durch Wegnehmen des Gases oder Gangwechsel nicht zum Bremsvorgang im Anhänger führen.

Bei mechanischen Systemen überträgt eine Anschlagscheibe an der Zugstange die Kraft über einen Umlenkhebel an die Übertragungseinrichtung. Diese leitet die Kraft an die Radbremsen weiter. Der Hauptzylinder der hydraulisch betätigten Ausführung, welcher über die Druckstange betätigt wird, ist an der Auflaufeinrichtung angebracht.

Die Radbremsen sind meist als Simplex-Trommelbremsen ausgeführt.

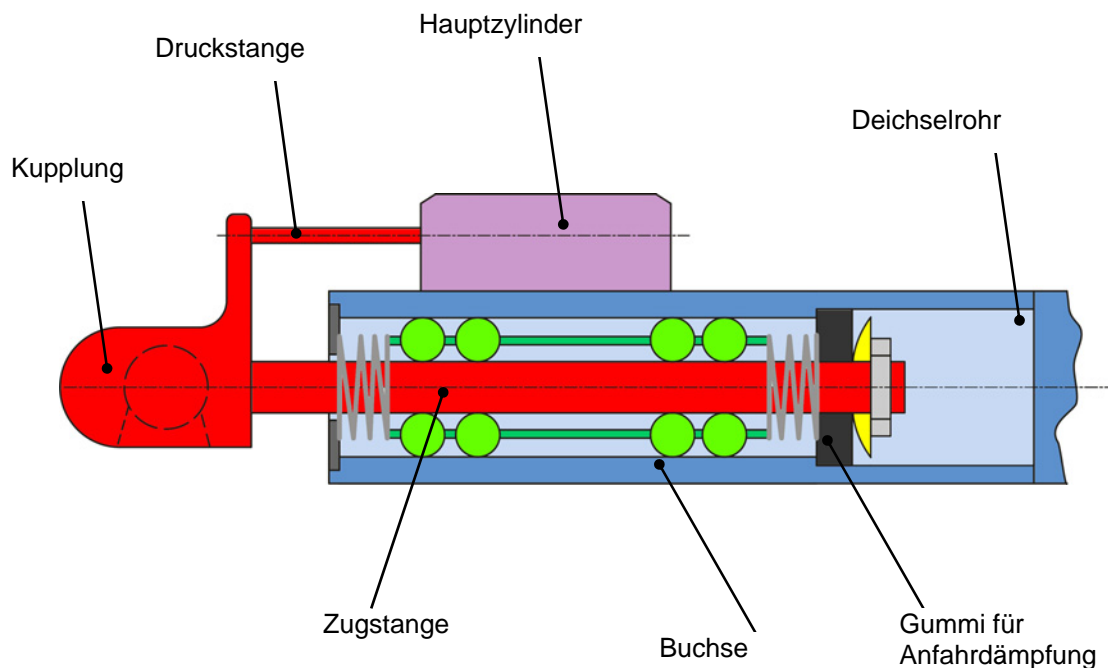


Abbildung 30: Auflaufeinrichtung bei Anhängerfahrzeugen mit hydraulischer Betätigung

Funktion:

Die Druckkraft, die der auflaufende Anhänger beim Verzögern des Zugfahrzeuges erzeugt, wird bei rein mechanischer Übertragung über ein Gestänge an eine Spreizhebelbetätigung in der Radbremse geleitet. Dadurch werden die Bremsbacken gegen die Reibfläche in der Trommel gedrückt.

Das Auslösen der Bremsung bei rein hydraulischer Übertragung wird auch durch die Druckkraft des auflaufenden Anhängers eingeleitet. Hier wird die Kraft über eine Druckstange an den Hauptzylinder und dann an die Radzylinder in den Radbremsen weitergeleitet. Hierdurch drücken die Bremsbacken gegen die Trommel.

Rückfahrautomatik

Die Auflaufeinrichtung erkennt nicht, ob das Fahrzeug bremst oder zurückstößt. Ohne sogenannte Rückfahrautomatik blockiert die Auflaufbremse bei Rückwärtsfahrt. Radbremsen für Anhänger mit Rückfahrautomatik reagieren auf den Drehrichtungswechsel der Trommel und geben so die Bremsbacken frei.

Feststellbremse

Wie bei Pkw muss auch bei Anhängern die Feststellbremse eine von der Betriebsbremse unabhängige und rein mechanische Betätigungseinrichtung besitzen.

Die Betätigung erfolgt mittels Handhebel, Bremsgestänge und Seilzug. Ein selbstständiges Lösen der Feststellbremse wird durch einen Federspeicher am Handhebel verhindert. Bei der Ausführung Handhebel als Zahnsegmenthebel muss darauf geachtet werden, dass der Handbremshebel bis zum letzten Zahn angezogen wird. Somit wird das Federspeicherpaket maximal vorgespannt.

Bei der Ausführung Handhebel als Totpunkthebel wird der Handhebel bei unbetätigter Bremse automatisch mit einer Schließ- und Rückhaltekraft beaufschlagt und somit gegen ein selbstständiges Lösen gesichert. Der Handhebel muss zum Betätigen der Bremse über den so genannten Totpunkt gezogen werden. Dadurch wird die Federkraft zur Betätigung der Bremse freigegeben.

Selbsttätige Bremse/ Abreißbremse

Ein Zugseil ist am Handbremshebel des Anhängers und an der Anhängerkupplung des Zugfahrzeuges mit einem Karabiner befestigt. Bei einer unbeabsichtigten Trennung des Anhängers vom Zugfahrzeug wird der Handbremshebel je nach Ausführung durch das Zugseil gespannt oder über den Totpunkt gezogen. Diese plötzliche Betätigung der Feststellbremse löst eine Notbremsung aus und verhindert, dass der Anhänger nach einer Trennung ungebremst weiterrollt.

1.4.7 Motorrad – Besonderheiten

Die Betätigung der Vorderradbremse erfolgt durch Handhebel am Lenker, die Hinterradbremse wird durch Fußhebel betätigt. Die Betätigungskraft wird jeweils hydraulisch verstärkt.

Ältere Systeme bei kleinen, relativ langsamen, motorisierten Zweirädern haben Felgenbremsen, die über Seilzug betätigt werden. Des Weiteren wurden auch Trommelbremsen, Campagnolo-Bremsen (Kopplung aus Scheiben- und Trommelbremse) und Scheibenbremsen an vorderem Kettenrad, welche sich wegen Problemen nicht durchgesetzt haben, eingesetzt.

Heute werden teilweise noch Trommelbremsen an Hinterrädern von langsamen, leichten Kleinmotorrädern, Scootern und „Einsteigerfahrzeugen“ eingesetzt, bei allen größeren Motorrädern werden meist Scheibenbremsen (Vorder- und Hinterrad) verwendet:

Sattelbauart	Anwendung
2-Kolben-Festsattel	Motorräder mit mittlerer Leistung Vorder-, Hinterrad
4-Kolben-Festsattel	gängigste Bauart für Vorderradbremsen
6-Kolben-Festsattel	Vorderradbremse
8-Kolben-Festsattel	Vorderradbremse (Zubehörmarkt)
1-Kolben-Schwimmsattel	Scooter, Motorräder bis 125 ccm
2-Kolben-Schwimmsattel	leichtere Motorräder, Vorder-, Hinterrad
3-Kolben-Schwimmsattel	Verbundbremse Honda Dual CBS Vorder-, Hinterrad

Je mehr Bremszylinder/ -kolben eine Bremsenausführung hat, desto besser kann der vorhandene Bremsscheibenradius ausgenutzt werden, d.h. es sind keine größeren Scheibendurchmesser notwendig.

Die Bremsscheiben sind teilweise verhältnismäßig dünn und bestehen aus Gusseisen, rostfreiem Stahl und Alu mit verschleißfester Beschichtung. Sie sind meistens mit Rillen, Bohrungen und Schlitzten ausgeführt und liegen komplett offen. Das bedeutet, dass sie den Umgebungseinflüssen schutzlos ausgeliefert sind (Korrosionsprobleme).

Die Bremsscheiben unterscheiden sich je nach Bremsenhersteller sehr stark im Bremsscheibendurchmesser. Je größer der Durchmesser, desto geringer ist die benötigte Betätigungskraft. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Temperaturentwicklung der Scheiben.

Die Scheiben können starr, direkt schwimmend, mit Rad verschraubt, lose schwimmend über Rollen verbunden oder „semi-schwimmend“ über Tellerfedern mit Scheibenträger vernietet am Motorrad angebracht sein.

Die Zentrierung kann über folgende Mechanismen erfolgen: Radnabe, über Rollen, welche mit Rad verschraubt werden, über Rollen, welche lose zwischen einem Reibring und Bremsscheibenträger sitzen.

Die Bremsklötze bestehen meist aus Sintermetall, um eine gute Reibpaarung mit den Bremsscheiben zu erreichen.

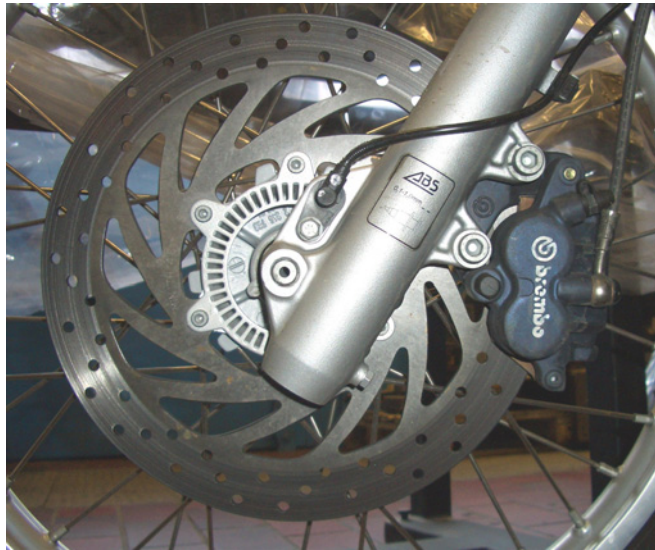


Abbildung 31: 4-Zylinder Scheibenbremse



Abbildung 32: 4-Zylinder Scheibenbremse

2 Elektronische Regelsysteme

2.1 Physikalische Grundlagen

2.1.1 Kräfte am Reifen

Wie stark man ein Fahrzeug beschleunigen oder abbremsen kann und wie es sich in der Kurve verhält hängt wesentlich von der Reibkraft ab. Die Reibkraft bildet den Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn. Über sie hinaus kann keine Kraft übertragen werden.

Die Reibkraft bildet sich aus der Normalkraft und der Reibungszahl. Die Normalkraft wirkt immer Senkrecht zur Fahrbahn. Sie hängt von der auf das jeweilige Rad wirkenden Gewichtskraft des Fahrzeuges und dem Steigungswinkel der Fahrbahn ab. Die Reibungszahl ist abhängig vom Schlupf und vom Zustand der Reibpartner Reifen (z.B. Sommer- oder Winterreifen) und Fahrbahn (Witterung).

Der Antriebs- und Bremskraft entgegen greift jeweils eine Reibungskraft im Kontaktpunkt des Reifens mit der Fahrbahn an. Die übertragbare Antriebs- oder Bremskraft wird sozusagen von der Reibkraft abgestützt.

Die Seitenkraft ist eine Reibkraft, welche das Fahrzeug bei der Geradeaus- und Kurvenfahrt stabilisiert. Sie greift quer zur Laufrichtung an und wirkt der Schrägstellung des Reifens entgegen. Die Schrägstellung erfolgt beim Motorrad durch den Fahrer und beim Pkw durch den so genannten Reifensturz.

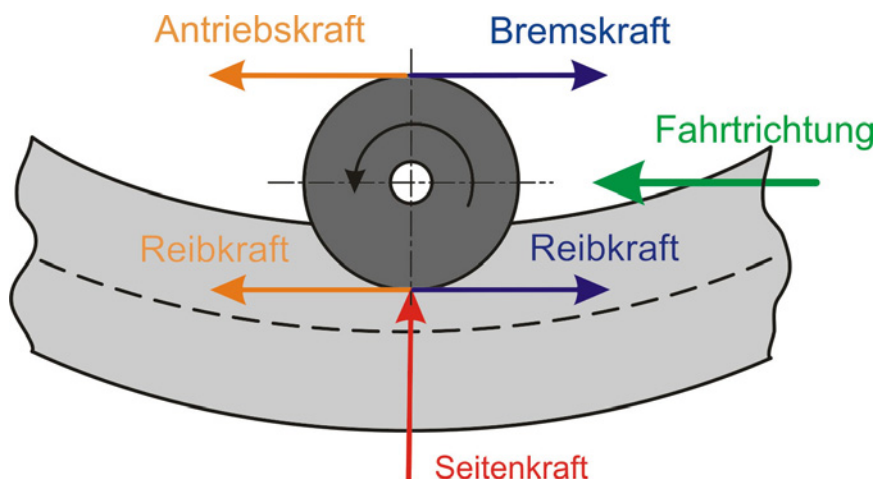


Abbildung 33: Kräfte am Reifen

2.1.2 Schlupf

Der Schlupf am Reifen beschreibt die Differenz der Umfangsgeschwindigkeit des Reifens relativ zur Fahrzeuggeschwindigkeit. Er setzt sich aus dem Formänderungs- und dem Gleitschlupf zusammen. Der Formänderungsschlupf beschreibt die elastische Verformung des Reifens beim Abrollen. Die elastische Verformung entsteht aufgrund molekularer Bindungskräfte (Adhäsionskräfte) bei Berührung des Reifens mit der Fahrbahn. Der Gleitschlupf beschreibt den bei zunehmender Brems- oder Antriebskraft mit auftretenden Gleitvorgang. Aufgrund der elastischen Verformung des Reifens (Formänderungsschlupf), ist eine Kraftübertragung ohne Schlupf nicht möglich. Der Schlupf wird durch den Vergleich des abgerollten Radumfangs zur zurückgelegten Wegstrecke auf der Fahrbahn ermittelt und für den Bereich 0%-Schlupf (frei rollend) bis 100%-Schlupf (Blockieren oder Durchdrehen) definiert. Wenn z.B. ein gebremstes Rad mit einem Abrollumfang von 1 m nur eine Wegstrecke von 0,8 m während einer Umdrehung zurücklegt beträgt die Differenz zwischen Reifenumfang und zurückgelegtem Weg 0.2 m. Dies entspricht einem Schlupf von 20%. Ein blockiertes oder durchdrehendes Rad hat einen Schlupf von 100%, da relativ zur Radumdrehung kein Weg zurückgelegt wird.

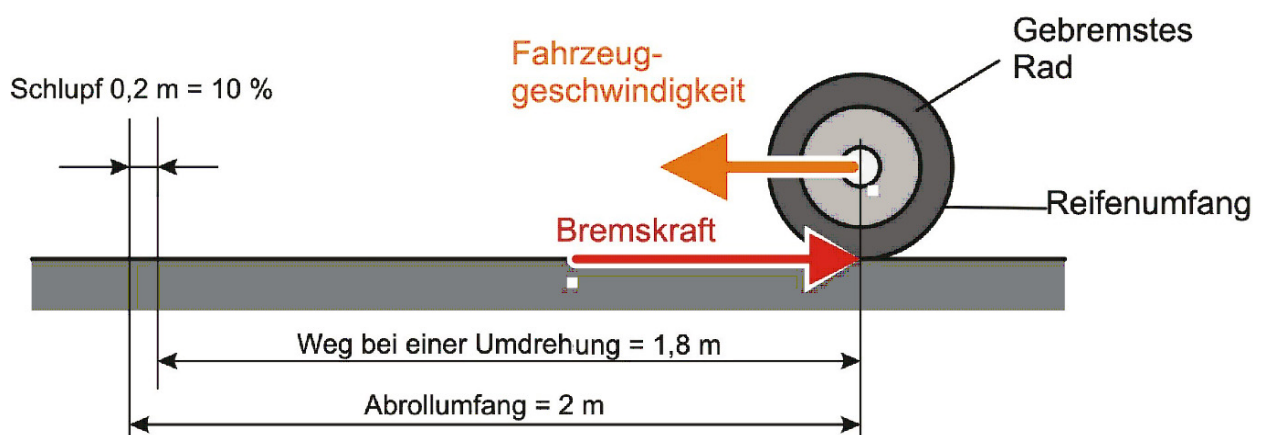


Abbildung 34: Schlupfbestimmung

2.1.3 Kräfte am Reifen in Abhängigkeit vom Schlupf

Die übertragbaren Antriebs- und Bremskräfte steigen mit zunehmenden Schlupf stark an. Die Seitenführungskraft nimmt dabei im annähernd gleichen Maß ab. Bis zum Erreichen der maximal übertragbaren Antriebs- und Bremskräfte spricht man vom stabilen Bereich, da noch ausreichend Seitenkräfte zur Fahrzeugstabilität und Lenkbarkeit beitragen. Nach dem Erreichen des Kurvenmaximums beginnt der instabile Bereich. Wird die Brems- oder

Antriebskraft in diesem Bereich nicht schnell genug reduziert steigt der Schlupf in kürzester Zeit bis auf 100%-Schlupf an, so dass das Rad blockiert oder durchdreht. Der instabile Bereich hat gefährliche Auswirkungen auf die Fahrzeugstabilität. Mit dem Abbau der übertragbaren Antriebs- oder Bremskraft am Reifen tritt ein erheblicher Verlust der übertragbaren Seitenkraft ein, was zum Stabilitäts- und Lenkverlust des Fahrzeugs führt. Elektronische Regelsysteme verhindern, dass der stabile Bereich verlassen wird und arbeiten bei Schlupfwerten von 8-30%-Schlupf, die für die Fahrstabilität und Lenkbarkeit optimal sind.

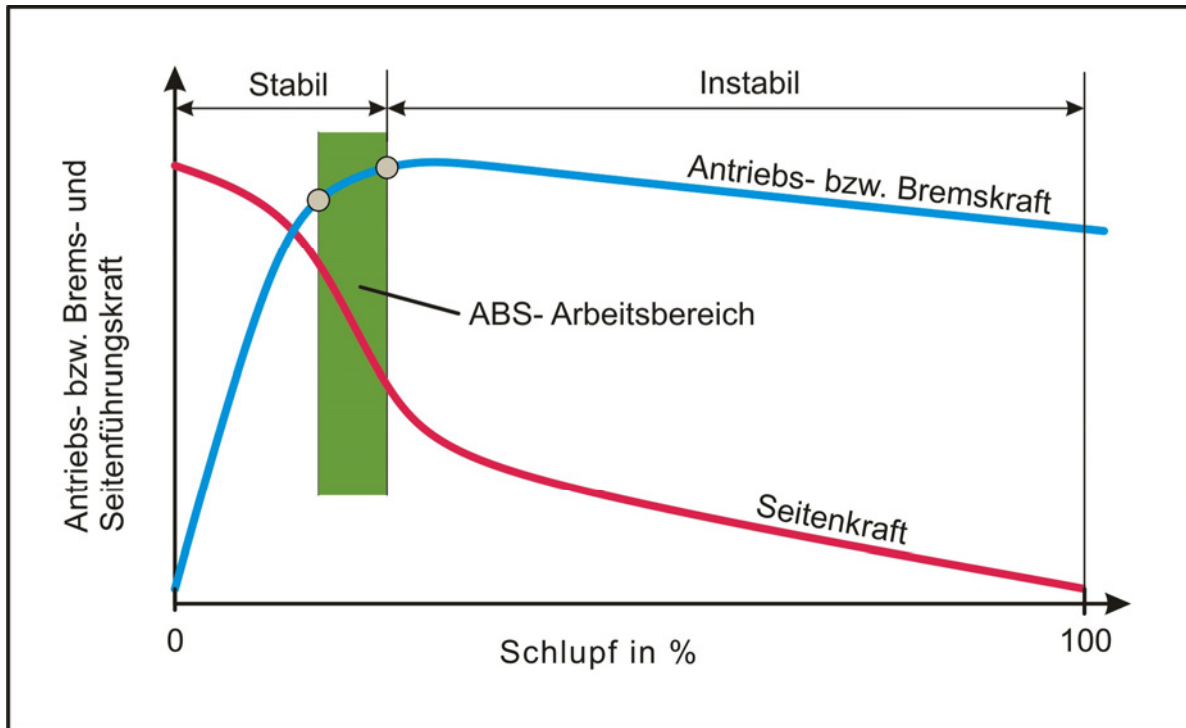


Abbildung 35: Kräfte am Reifen in Abhängigkeit vom Schlupf

2.1.4 Giermoment

Wenn ein Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibwerten fährt, würden bei einem Beschleunigungs- oder Bremsvorgang unterschiedliche Kräfte an den Reifen wirken und damit würde ein Drehmoment um die Fahrzeughochachse verursacht. Wenn die Seitenkräfte zur Stabilisierung des Fahrzeuges nicht mehr ausreichen, kommt das Fahrzeug ins Schleudern. Dieses Drehmoment wird in der Technik Giermoment genannt.

2.1.5 Dynamische Achslastverteilung

Um bei einem Bremsvorgang einen optimalen Bremsweg mit stabilen Fahrverhalten zu erhalten, ist an allen Rädern die Ausnutzung der maximal übertragbaren Bremskraft nötig. Beim Bremsen wird die Vorderachse belastet und die Hinterachse entlastet. In einer Kurve kommt hinzu, dass die Achslast ungleich auf die Räder verteilt wird. Deshalb sollte die Bremskraft proportional zu den Radlasten aufgeteilt werden.

Ohne eine Bremskraftverteilung würden die entlasteten Hinterräder zu stark abgebremst werden, so dass deren Schlupf stark ansteigt. Dadurch kann die notwendige Seitenkraft nicht aufgebaut werden. Kleine seitliche Störungen würden sich aufschaukeln und zunehmend das Giermoment verstärken, was ein Schleudern des Fahrzeugs zur Folge hat.

2.1.6 Unter- und Übersteuern

Bei sehr schnellen Lenkbewegungen kann das Fahrzeug der gewünschten Richtungsänderung nicht mehr folgen, da der Schlupf zu stark ansteigt.

Bei einem Frontgetriebenen Fahrzeug tritt dabei ein Untersteuern und bei einem Heckgetriebenen Fahrzeug ein Übersteuern auf. Beim Untersteuern verlieren die Vorderräder den Kontakt zur Fahrbahn und das Fahrzeugheck dreht sich um die Fahrzeug-Hochachse in die Kurve hinein. Beim Übersteuern verlieren die Hinterräder den Kontakt zur Fahrbahn und das Fahrzeugheck dreht sich um die Fahrzeug-Hochachse aus der Kurve heraus.

2.2 ABS (Antiblockiersystem)

2.2.1 Allgemein

Das Antiblockiersystem regelt mit der Betriebsbremsanlage den Schlupf der Räder. Die Fahrstabilität und Lenkbarkeit des Fahrzeugs soll durch die Bereitstellung ausreichender Seitenkräfte beim Bremsvorgang erhalten bleiben. Dadurch kann man einer Gefahrenzone ausweichen. Das Fahrzeug soll auch einen kürzeren Bremsweg gegenüber der Blockierbremsung aufweisen. Dies wird durch die optimale Ausnutzung des Kraftschlusses in Abhängigkeit vom Schlupf erreicht. Zudem schont es den Reifen, da die Reifenabnutzung gleichmäßig über den Umfang verteilt wird. Bei einer Blockierbremsung würde der Reifen an

einer Stelle stark abgetragen werden und dadurch ein Bremsplatten entstehen. Ein Bremsplatten hat starke Laufgeräusche und Vibrationen zur Folge.

Auf losem Untergrund wie Schotter oder Schnee kann sich aber der Bremsweg mit dem Antiblockiersystem gegenüber der Blockierbremsung verlängern. Durch das langsame Weiterdrehen des Rads bildet sich keine keilartige Materialaufbürmung, die bei einer Blockierbremsung zusätzlich bremsen würde.

2.2.2 Aufbau und Wirkungsweise

An jedem Rad sind ein auf dem elektromagnetischen Induktionsprinzip basierender Raddrehzahlsensor und eine herstellereigenspezifische Zahnscheibe montiert. Der Raddrehzahlsensor erfasst über die Zahnscheibe die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades und sendet die Messsignale an ein elektronisches Steuergerät. Das Steuergerät empfängt, filtert und verstärkt die Signale und ermittelt daraus den Bremsschlupf. Die vom Tandem-Hauptbremszylinder zu den einzelnen Radbremszylindern führenden Bremsleitungen werden im Steuergerät in je zwei Kanäle getrennt. Den Kanälen ist ein Einlass- und Auslassventil zugeordnet. Im unbetätigten Zustand ist das Einlassventil geöffnet und das Auslassventil geschlossen.

Der Bremsdruck vom Tandem-Hauptzylinder wirkt über das offene Einlassventil direkt auf die Radzylinder. Neigt ein Rad zum Blockieren, wird zunächst das Einlassventil geschlossen und der bis dahin erreichte Bremsdruck konstant gehalten. Bleibt die Blockierneigung zu hoch wird das Auslassventil geöffnet. Der freigewordene Kanal leitet die durch den Druckabbau überschüssige Bremsflüssigkeit innerhalb des Steuergeräts zu einem Zwischenspeicher. Eine elektrisch angetriebene Pumpe, die gleichzeitig mit dem Öffnen des Auslassventils betätigt wird, fördert die Bremsflüssigkeit aus dem Zwischenspeicher in den Kanal zwischen Tandem-Hauptbremszylinder und Einlassventil. Dadurch wird ein Durchsacken des Bremspedals verhindert, da der Druck gegenüber dem Hauptzylinder aufrechterhalten wird. Steigt die Raddrehzahl wieder an, wird das Einlassventil geöffnet und das Auslassventil geschlossen. Der Regelvorgang kann erneut beginnen.

2.3 Motorrad-ABS

Im Gegensatz zum Automobil muss beim Motorrad vorrangig das Blockieren des Vorderrads verhindert werden, da das Vorderrad fast allein die Fahrstabilität und Lenkbarkeit aufrechterhält. Ein blockiertes Hinterrad hingegen beeinträchtigt die Fahrstabilität nur wenig

und kann relativ leicht beherrscht werden. Trotzdem werden beim Motorrad von allen Herstellern der Bremsdruck von Vorderrad und Hinterrad geregelt.

Die allgemeine Verbreitung eines aus dem Automobilbau abgeleiteten Antiblockiersystems scheiterte bisher an dem erheblichen technischen Aufwand und nicht zuletzt an dem sehr hohen Leistungsbedarf der Pumpe. Deshalb wird der Einsatz beim derzeitigen Stand der Technik auf schwere Maschinen begrenzt.

2.4 ABS-Erweiterungen

Die Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) und die Antischlupfregelung (ASR) sind reine Softwareerweiterungen für das Antiblockiersystem (ABS) und benötigen daher keine zusätzlichen Bauteile. Das Elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) basiert auf dem ABS und dem ASR und wird mit zusätzlichen Sensoren ausgestattet.

2.4.1 Elektronische Bremskraftverteilung (EBV)

Bedingt durch die dynamische Achslastverteilung ist für einen idealen Bremsvorgang eine Bremskraftverteilung erforderlich. Bei neueren Fahrzeugen übernimmt das Antiblockiersystem die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterachse und ersetzt dadurch den mechanischen Bremskraftverteiler.

Wird ein zu hoher Schlupfunterschied zwischen Vorder- und Hinterachse über die Raddrehzahlsensoren festgestellt, regelt das Antiblockiersystem den Bremsdruck an den Hinterrädern ab.

Von Vorteil, gegenüber dem mechanischen Bremskraftverteiler, ist die Ausnützung des Kraftschlusses an beiden Achsen und bei unterschiedlicher Radlast. Bei der mechanischen Bremskraftverteilung konnte es auch vorkommen, dass die Bremsscheiben an der Hinterachse zu selten durch eine Bremsung gereinigt wurden und so Korrosion an der Oberfläche oder Schmutz die Bremswirkung reduzierte. Dieses Problem wird durch die elektronische Bremskraftverteilung beseitigt, da schon bei leichten Bremsungen die Hinterachse mitgebremst wird.

2.4.2 Antischlupfregelung (ASR)

Die Antischlupfregelung verhindert das Durchdrehen der Räder beim Beschleunigungsvorgang, was die Fahrstabilität und Lenkbarkeit aufrechterhält. Das ASR regelt durch gezielte Bremseingriffe (Bremsen-ASR (BASR)) und Drosselung der Motorleistung (Motor-ASR (MASR)) über eine Schnittstelle zur Motorelektronik. Dadurch

kann verhindert werden, dass Motor und Radbremse während eines Regelvorgangs gegeneinander arbeiten.

Da beim Beschleunigen die Vorderachse entlastet und die Hinterachse belastet wird, kann die Antischlupfregelung eine optimale Kraftübertragung und Fahrstabilität bei Front- und Heckgetriebenen Fahrzeugen erreichen.

Beim Anfahren kann die Antischlupfregelung auch die Funktion eines Sperrdifferentials übernehmen. Sperrdifferenziale dienen dazu, den Schlupf am Rad mit der geringeren Bodenhaftung zu mindern, indem sie entweder den Antriebsstrang versteifen oder das Antriebsmoment auf das Rad mit der besseren Bodenhaftung verteilen. Mit Hilfe der Raddrehzahlsensoren erkennt das BASR die Überschreitung der übertragbaren Antriebskraft und bremst das Rad ab. Da ein häufiger Einsatz des BASR zu einer Überhitzung der Radbremsen führen würde, begrenzt das Steuergerät mithilfe eines auf die Bremsanlage angepassten Temperaturmodells die Eingriffsdauer des BASR. Das BASR regelt deshalb wesentlich den Anfahrbereich. Zur Entlastung der Bremsen drosselt MASR bei niedrigen Geschwindigkeiten zusätzlich zum BASR das Motordrehmoment. Bei hohen Geschwindigkeiten wird das BASR kaum noch aktiv, da das MASR frühzeitig das Motormoment reduziert.

2.4.3 Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)

Wenn eine wesentliche Abweichung des Fahrzustandes vom Fahrerwunsch vorliegt, greift das ESP ein, um die Fahrstabilität zu sichern. Das ESP errechnet aus der Radgeschwindigkeit (Raddrehzahlsensor), dem Lenkradwinkel (Lenkwinkelsensor) und Tandem-Hauptzylinderdruck (Drucksensor) das vom Fahrer gewollte Fahrverhalten. Das tatsächliche Fahrverhalten wird aus der Bewegung um die Fahrzeughochachse ermittelt. Dabei wird die Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um seine Hochachse (Gierratensensor) und die Querschleunigung (Querschleunigungssensor) des Fahrzeugs ermittelt. Ein Übersteuern wird durch Abbremsen des kurvenäußeren Vorderrades, ein Untersteuern durch Abbremsung des kurveninneren Hinterrades korrigiert. Durch das gezielte Abbremsen bauen sich einseitig wirkende Längskräfte auf, die ein Giermoment verursachen. Einerseits erzeugt die Bremskraft auf der kurveninneren Seite ein Giermoment, das das Eindrehen unterstützt, und umgekehrt. Andererseits verliert ein gebremstes Rad an Seitenführung. Die Bremskraft an der Hinterachse unterstützt das Eindrehen, und umgekehrt. Einseitige Bremsengriffe an der Vorderachse können am Lenkrad spürbar sein. Dieser Effekt kann als Komfortminderung ausgelegt werden, deshalb lassen manche Hersteller die Vorderachse erst eingreifen, wenn die Korrektur an der Hinterachse nicht wirksam genug war.

Bei einigen Fahrsituationen kann das ESP auch störend wirken. Dazu gehört das Fahren mit Schneeketten, da ein hoher Schlupf benötigt wird und allgemein das Fahren im Grenzbereich. Hier bemerkt der Fahrer beispielsweise eine Drosselung der Motorleistung. Aus diesen Gründen ist die Aktivierungsschwelle abhängig von der Produkt- und Markenphilosophie des Herstellers.

2.5 Bremsassistent

Bei einer zu zögerlichen oder kraftlos ausgeführten Notbremsung baut der Bremsassistent selbständig den nötigen Bremsdruck auf. Ein Wegsensor erfasst den Pedalweg und die Betätigungsgeschwindigkeit. Die Signale werden von einer elektrischen Regeleinheit verarbeitet, die bei Bedarf den Bremskraftverstärker einsetzt.

3 Bremsanlagen-Komponenten

3.1 Unterdruck- Bremskraftverstärker

3.1.1 Allgemein

Der Bremskraftverstärker verringert die Betätigungskraft am Bremspedal und unterstützt damit den Fahrer die notwendige Bremskraft aufzubringen.

Da beim Ottomotor hinter der Drosselklappe im Saugrohr ein Unterdruck entsteht wird für Pkw und leichte Nutzfahrzeugen vorwiegend der Unterdruck-Bremskraftverstärker eingesetzt. Beim Dieselmotor, der keine Drosselklappe hat, wird der Unterdruck durch eine Saugpumpe erzeugt. Beim Ottomotor mit Benzindirekteinspritzung wird ebenfalls eine Saugpumpe eingesetzt, da der Unterdruck im Saugrohr nicht ausreicht.

3.1.2 Aufbau und Wirkungsweise

Der Tandem-Hauptzylinder ist an den Unterdruck-Bremskraftverstärker angeflanscht. Die Membran unterteilt das Gehäuse in Unterdruckkammer und Arbeitskammer. Die Arbeitskammer kann über das Außenventil mit der Umgebung und über das Unterdruckventil mit der Unterdruckkammer verbunden werden.

Die Unterdruckkammer ist über eine Schlauchleitung mit dem Drosselklappenstutzen oder der Saugpumpe verbunden und steht unter Unterdruck.

In der Ruhestellung ist das Außenventil geschlossen und die Arbeitskammer über das geöffnete Unterdruckventil mit der Unterdruckkammer verbunden, so dass in beiden Kammern der Unterdruck herrscht. Beim Bremsen wird in der Arbeitskammer das Außenventil geöffnet und das Unterdruckventil geschlossen. Dadurch entsteht zwischen der Unterdruck- und Arbeitskammer ein Druckunterschied, der die Membran in Richtung Tandem-Hauptzylinder drückt.

Die Ventile im Bremskraftverstärker sind so ausgelegt, dass die Hilfskraft immer proportional zur Pedalkraft wirkt und werden durch eine aufwändige Mechanik gesteuert.

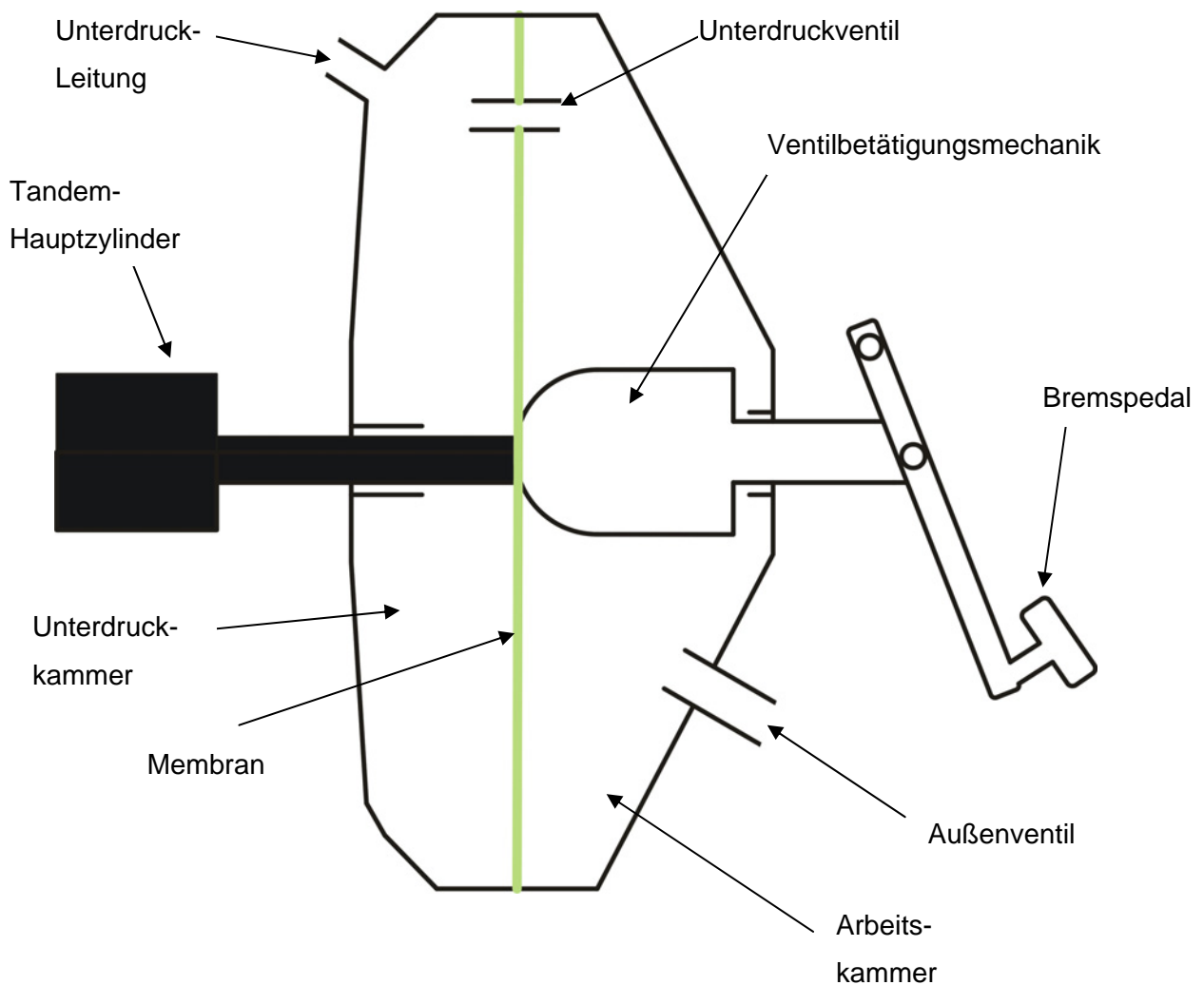


Abbildung 36: Bremskraftverstärker

3.2 Mechanischer Bremskraftverteiler

3.2.1 Allgemein

Bedingt durch die dynamische Achslastverteilung ist für einen optimalen Bremsvorgang eine Bremskraftverteilung erforderlich. Der Mechanische Bremskraftverteiler steuert den Bremsdruck an der Hinterachse in Abhängigkeit der Achslastverlagerung beim Bremsen. Die Achslast wird über den beim Einfedern des Fahrzeugs verringerten Abstand zwischen Karosserie und Hinterachse bestimmt.

Der Mechanische Bremskraftverteiler wird vorwiegend in Fahrzeugen mit hoher Zuladung verbaut und kommt auch bei Kleinwagen mit hohem Schwerpunkt und kurzem Radstand zum Einsatz.

3.2.2 Aufbau und Wirkungsweise

Ab einem bestimmten Bremsdruck (Umschaltdruck), überwindet die Druckkraft der Kreisfläche die Kraft der Regelfeder und Druckkraft der Ringfläche. Dadurch verschiebt sich der Stufenkolben gegen die Regelfeder und schließt das Ventil. Steigt der Bremsdruck weiter an, wird der Stufenkolben wieder zurückgeschoben und das Ventil wieder geöffnet. Der Steuervorgang beginnt erneut.

Wird der Bremsdruck durch Lösen der Bremse gesenkt bewegt sich der Stufenkolben gegen die Regelfeder bis sich der Druck in beiden Räumen ausgeglichen hat.

Bei sehr starkem Bremsen wird die Regelfeder durch die einfedernde Hinterachse über ein Gestänge stärker gespannt. Die Kraft auf den Stufenkolben wird dadurch größer und der Umschaltdruck erhöht.

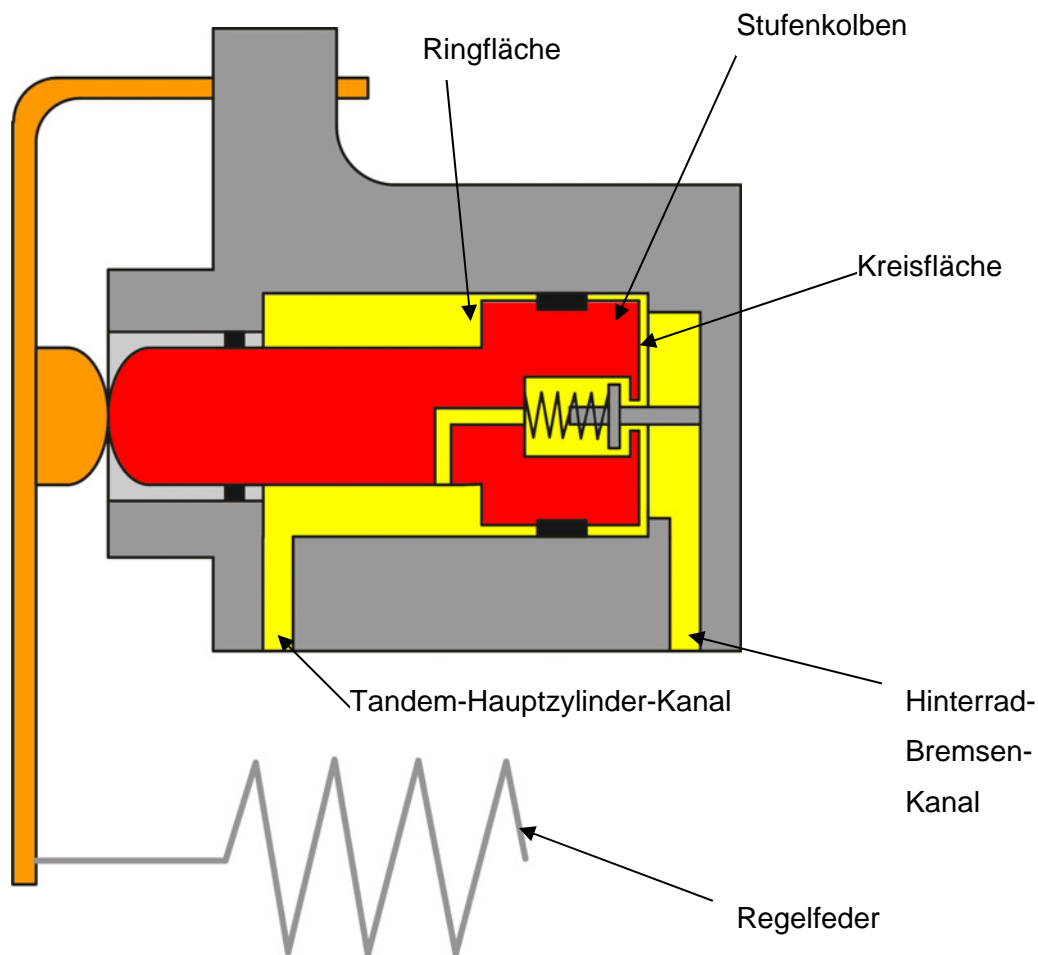


Abbildung 37: Mechanischer Bremskraftverteiler

3.3 Hauptzylinder

3.3.1 Allgemein

Ein Hauptzylinder wird vom Bremspedal über den Bremskraftverstärker betätigt.

Er sorgt für einen raschen Druckauf- und Druckabbau im Bremskreis.

Der Volumenausgleich der Bremsflüssigkeit durch Temperaturerhöhung und das Lüftspiel durch Belagabnutzung werden durch ihn kompensiert.

Bei einer Zweikreisbremsanlage wird der Tandem-Hauptzylinder verwendet. Dieser entspricht zwei hintereinander geschalteten Hauptzylindern und erfüllt damit die Zweikreisigkeit.

Beim Stufentandem-Hauptzylinder kommt hinzu, dass die Arbeitskolben verschiedene Durchmesser haben. Der Stufentandem-Hauptzylinder ist für die „Vorderachs-Hinterachs“-Aufteilung ideal aber für die diagonale Bremskreisauflteilung nicht verwendbar.

3.3.2 Aufbau und Wirkungsweise

Der Tandem-Hauptzylinder enthält einen Druckstangenkolben und den schwimmend gelagerten Zwischenkolben. Beide sind als Doppelkolben ausgeführt und hintereinander angeordnet. Sie bilden in dem Zylindergehäuse zwei getrennte Druckräume für den jeweiligen Bremskreis.

Zwischen dem vorderen und hinteren Kolbenteil des Zwischen- und Druckstangenkolbens befindet sich jeweils ein Nachlaufraum. Dieser ist über die Nachlaufbohrung stets mit Bremsflüssigkeit aus dem Bremsflüssigkeitsbehälter gefüllt.

Beide Kolben sind mit Dichtmanschetten versehen, die den jeweiligen Druckraum abdichten. In ihrer Neutralstellung drücken die Kolbenfedern die Kolben gegen ihren Anschlag. Beide Kolben geben die Ausgleichsbohrungen frei, so dass die Druckräume mit dem Ausgleichsbehälter verbunden sind. Der Volumenausgleich der Bremsflüssigkeit kann erfolgen.

Beim Bremsen überfahren die Dichtmanschetten die Ausgleichbohrungen und dichten die beiden Druckräume ab. In beiden Bremskreisen baut sich Druck auf.

Beim Lösen der Bremse drücken der Flüssigkeitsdruck und die Kolbenfedern die Kolben wieder zurück. Die Bremsflüssigkeit fließt über die umklappbaren Dichtmanschetten aus den Nachlaufräumen durch die Füllbohrungen in die sich vergrößernden Druckräume. Der Druck baut sich in beiden Druckräumen schnell ab und die Bremsen werden rasch frei.

Beim Ausfall des Bremskreises 1 wird der Druckstangenkolben bis zum Anschlag auf den Zwischenkolben aufgeschoben. Die Betätigungskraft wirkt dann direkt auf den Kolben des intakten Kreises 2 und erzeugt dort den Bremsdruck. Beim Ausfall des Bremskreises 2 wird

der Zwischenkolben durch den Flüssigkeitsdruck in Kreis 1 bis zu seinem Anschlag vorge-schoben. Er dichtet den intakten Kreis 1 zum undichten Kreis 2 hin ab. Der Druckaufbau erfolgt nun im Kreis 1.

3.3.3 Zentralventil

Für das Antiblockiersystem sind anstatt der Ausgleichsbohrungen Zentralventile notwendig. Ohne Zentralventil werden durch die auftretenden Druckspitzen bei einer ABS-Regelung die Dichtmanschetten durch Eindrücken in die Ausgleichsbohrungen beschädigt. Die Zentralventile sind in den Kolben integriert und werden durch Anschläge betätigt.

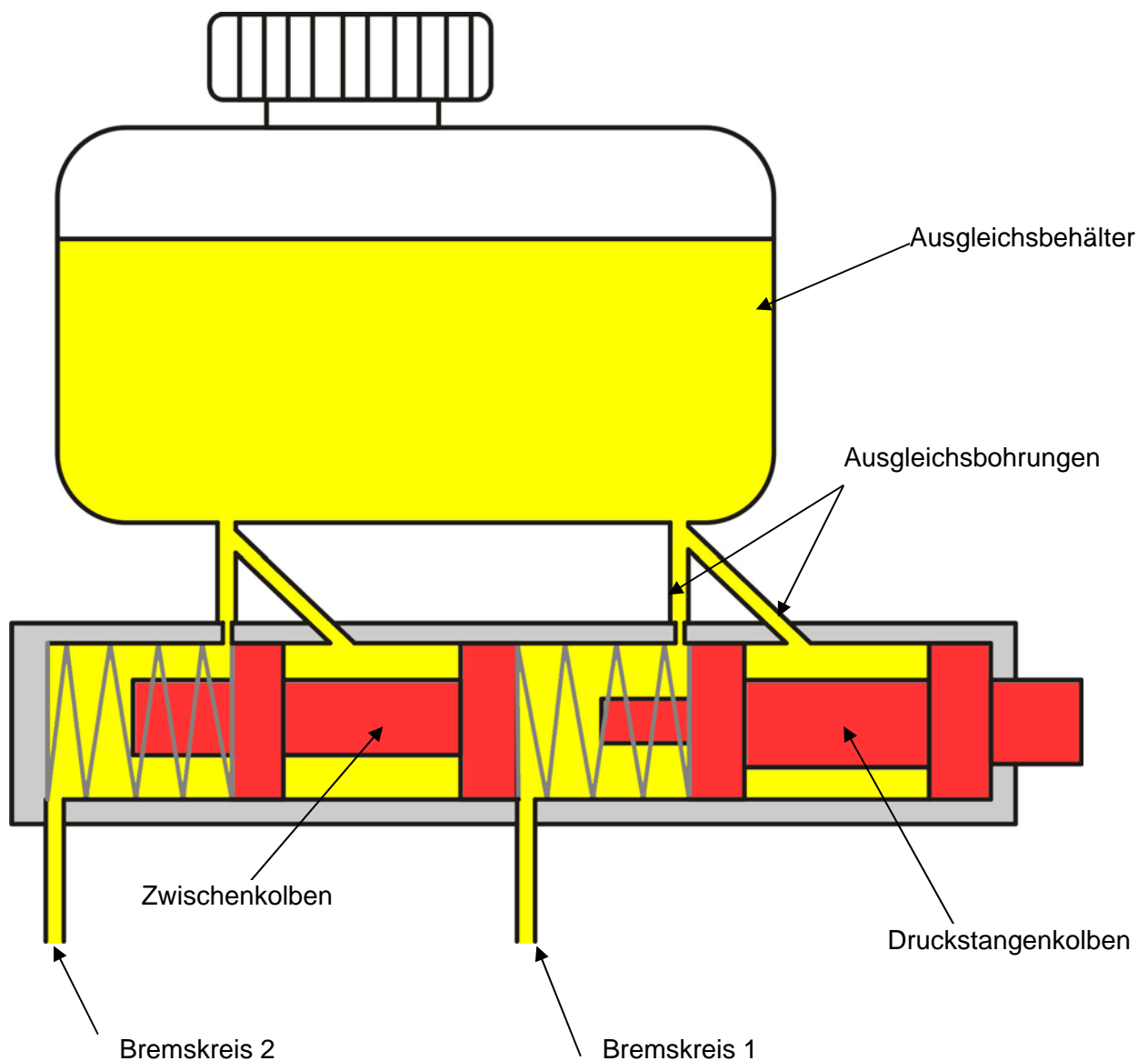


Abbildung 38: Tandem- Hauptzylinder

3.3.4 Gestufter Tandem-Hauptzylinder

Dieser Hauptzylinder wurde für Anlagen mit Vorderachs-Hinterachs-Bremskreisaufteilung entwickelt. Die Zylinderdurchmesser sind gestuft. Der Durchmesser des auf den Hinterachsbremskreis wirkenden Zwischenkolbens ist kleiner als der des Druckstangenkolbens. Bei intakten Bremskreisen herrscht beim Bremsen in beiden Kreisen der gleiche Druck. Durch den größeren Durchmesser im Vorderachsbremskreis wird beim Bremsen mehr Flüssigkeitsvolumen verschoben. Dadurch sprechen die Bremsen schneller an. Bei Ausfall des Vorderachsbremskreises wird beim Bremsen der Druckstangenkolben auf den Zwischenkolben aufgeschoben. Der Pedalweg wird verlängert und im Hinterachsbremskreis entsteht durch den kleineren Durchmesser des Zwischenkolbens ohne Pedalkrafterhöhung ein höherer Druck. Man erreicht somit bei entsprechender Auslegung der Bremszylinder eine noch ausreichende Bremswirkung mit den Hinterachsbremsen.

3.4 Bremsflüssigkeit

Die Bremsflüssigkeit überträgt den im Hauptzylinder erzeugten hydraulischen Druck auf die Radzylinder und ist dort extrem hohen Temperaturen ausgesetzt. Da beim Sieden kompressible Gasblasen entstehen, ist es für eine inkompressible Kraftübertragung sehr wichtig, dass die Bremsflüssigkeit einen hohen Siedepunkt hat.

Die Bremsflüssigkeit muss auch Wasser aufnehmen können, das durch Diffusion über die Bremsschläuche und Dichtungen eindringt.

Die Bremsflüssigkeit verschleißt aber mit zunehmender Wasseraufnahme, weil dadurch die Siedetemperatur sinkt. Dies macht eine gründliche Wartung erforderlich.

4 Zweikreis-Bremsanlage

Aus Gründen der Verkehrssicherheit werden Zweikreis-Bremsanlagen vorgeschrieben. Die Ansteuerung der Radbremsen erfolgt dabei über zwei voneinander unabhängige hydraulische Kreise.

Die Wahrscheinlichkeit eines Totalausfalls der Zweikreis-Bremsanlage ist so gering ist, dass dieser Fall ausgeschlossen werden kann. Eine Dreikreisigkeit würde statistisch wenig Sinn

machen, da mehr Teile verbaut werden müssten, die wiederum ausfallen könnten.

Einkreisbremsanlagen sind heute nur noch bedingt zulässig (Oldtimer).

Die Zweikreisigkeit gilt nur für den hydraulischen Teil. Die Betätigung und die Bremskraftverstärkung sind dabei einkreisig zugelassen. Man geht davon aus, dass die mechanischen Teile wie Bremspedal und Gestänge ausreichend dimensioniert sind, um auch bei den höchsten von einem Menschen aufzubringenden Kräften nicht zu versagen. Beim Ausfall eines Kreises kann mit Hilfe des anderen noch eine Restbremsung aufrechterhalten werden kann.

Bei einem Kreisausfall wird jedoch der Bremspedalweg zur Aktivierung des verbliebenen Kreises sehr groß, so dass das Bremspedal weiter durchgetreten werden muss.

Als Zweikreis-Bremsanlagen nach § 41 StVZO gelten hydraulische Bremsanlagen mit und ohne Bremskraftverstärker, bei der die hydraulische Übertragungseinrichtung einschließlich des Hauptbremszylinders zweikreisig ist. Sowie hydraulische und pneumatische Fremdkraft-Bremsanlagen, wenn die hydraulische oder pneumatische Übertragungseinrichtung einschließlich des Speichers für das Übertragungsmittel zweikreisig ist.

5 Bremskreisauftteilung

Da eine Bremskreisauftteilung nicht asymmetrisch aufgebaut sein darf, da bei einem Bremskreisausfall ein Giermoment auftreten würde, ergeben sich 5 Aufteilungsvarianten nach DIN 74 000.

Die „Vorderachs-Hinterachs“- und „Diagonal“-Aufteilung sind am meisten verbreitet, da sie die gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der Hilfsbremswirkung erfüllen.

Frontlastige Fahrzeuge werden mit der „Diagonal“-Aufteilung ausgerüstet. Die „Vorderachs-Hinterachs“-Aufteilung eignet sich vorzugsweise für hecklastige Fahrzeuge sowie mittlere und schwere Nutzfahrzeuge.

Bei einem Bremskreisausfall infolge thermischer Überbeanspruchung sind insbesondere die „Dreieck“- , „Vier-Zwei“- und „Vier-Vier“-Aufteilung kritisch, da ein Ausfall beider Bremskreise an einem Rad zu einem Totalausfall führen kann. Sie sind deshalb nur zu empfehlen, wenn die Bremsanlage große thermische Reserven besitzt.

5.1 „Vorderachs-Hinterachs“-Aufteilung (Kurzzeichen TT)

Auch Schwarzweißaufteilung oder einfaches Zweiräder-Bremssystem genannt. Ein Bremskreis wirkt auf die Vorderachse und ein Bremskreis auf die Hinterachse. Dieses System hat den einfachsten Aufbau und stellt an die Konstruktion der Achsen keine besonderen Anforderungen. Es können an allen Rädern Trommelbremsen oder Scheibenbremsen oder vorn Scheiben- und hinten Trommelbremsen verwendet werden. Bei Verwendung eines gestuften Tandem-Hauptzylinders erhält man bei Ausfall der Vorderachsbremsen bei kaum erhöhter Pedalkraft noch ausreichende Bremswirkung mit den Hinterachsbremsen. Deshalb wird diese Aufteilung vorwiegend für Fahrzeuge mit hohen Hinterachslasten verwendet.

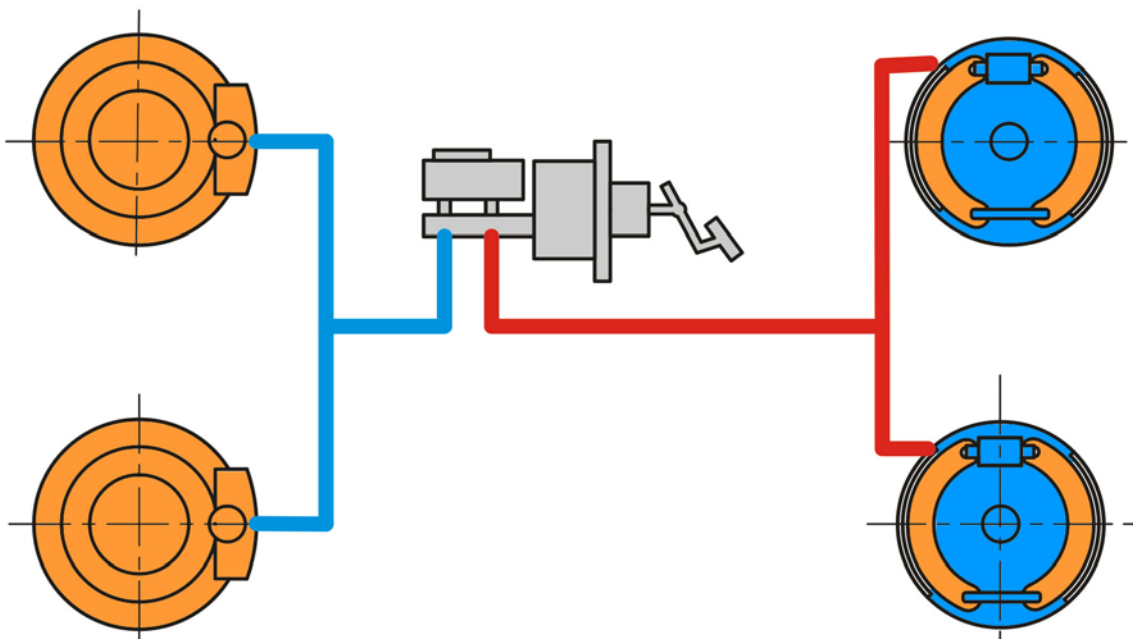


Abbildung 39: „Vorderachs- Hinterachs“- Aufteilung

5.2 „Diagonal“-Aufteilung (Kurzzeichen X)

Auch Diagonal-Zweiräder-Bremssystem genannt. Jeder Bremskreis wirkt auf ein Vorderrad und auf das diagonal gegenüberliegende Hinterrad. Beim Ausfall eines Bremskreises, wenn Räder des noch intakten Bremskreises blockieren oder Vorder- und Hinterräder ungleiche Bremskräfte aufweisen, entsteht bei der Bremsung ein Giermoment um die Hochachse des Fahrzeugs. Stabilisierend wirken die Seitenkräfte die die Räder des ausgefallenen Bremskreises übertragen. Bei einer Kurvenbremsung verhält sich das Fahrzeug unterschiedlich, je nachdem, ob das noch intakte Vorderrad sich auf der Innen- oder Außenseite befindet. Diese Aufteilung kann für fast alle Fahrzeugkonstellationen verwendet werden und ist deshalb am meisten verbreitet.

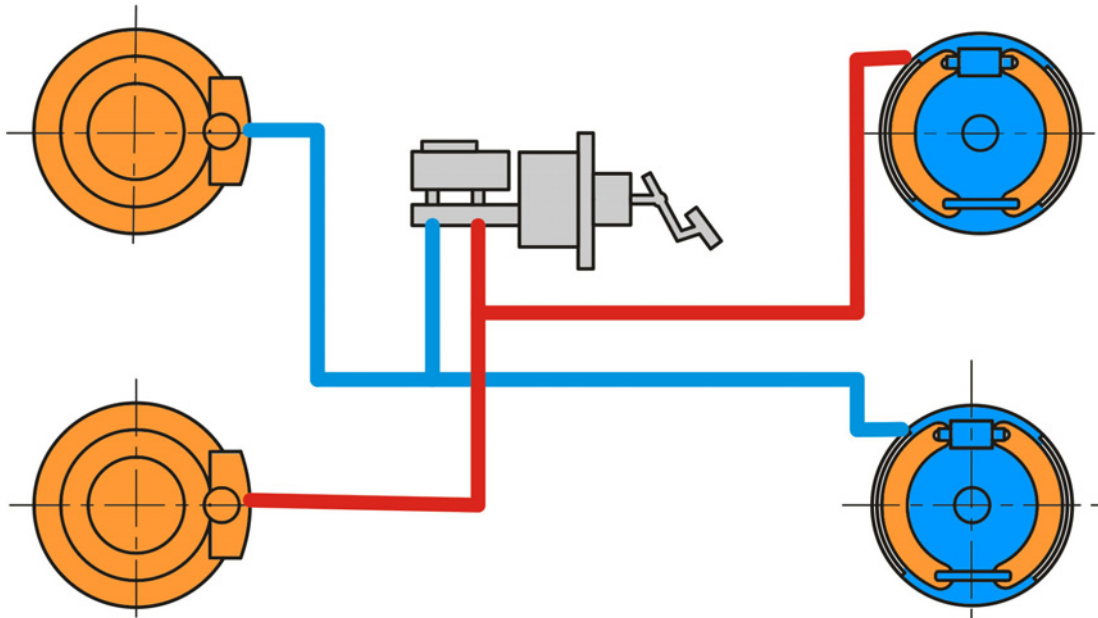


Abbildung 40: „Diagonal“-Aufteilung

5.3 „Dreieck“-Aufteilung (Kurzzeichen LL)

Jeder Bremskreis wirkt auf die Vorderachse und auf ein Hinterrad. Die Bremskreise sind symmetrisch zur Längsachse des Fahrzeugs wirken aber einseitig.

Bei Verwendung von Zweizylinder-Faustsattel- bzw. Vierzylinder- Festsattel-Scheibenbremsen an der Vorderachse wirkt jeder Bremskreis auf die Vorderachse und auf ein Hinterrad

5.4 „Vier-Zwei“-Aufteilung (Kurzzeichen HT)

Ein Bremskreis wirkt auf die Vorderachse und auf die Hinterachse und ein Bremskreis nur auf die Vorderachse. Bei diesem System werden an der Vorderachse Vierkolbenfestsättel oder Zweikolbenschwimmsättel benötigt. Ein Zylinderpaar des Festsattels bzw. ein Kolben des Schwimmsattels ist jeweils an einen anderen Bremskreis angeschlossen. Bei Ausfall eines Kreises kann daher - unter der Voraussetzung konstanten Bremsdrucks und gleichen Kolbenflächen nur die halbe Bremskraft an der Vorderachse aufgebracht werden. Der T-Kreis wirkt also nur auf die halbe Vorderachse, der H-Kreis auf die ganz Hinterachse und halbe Vorderachse. Das HT-System hat bei Ausfall der halben Vorderachse sehr schlechte Notbremseigenschaften. Es neigt zur Überbremsung der Hinterachse und damit zum Verlust der Bremsstabilität.

5.5 „Vier-Vier“-Aufteilung (Kurzzeichen HH)

Auch Vierräder-Bremssystem genannt .Jeder Bremskreis wirkt auf die Vorderachse und auf die Hinterachse. Hier müssen, wie an der Vorderachse, auch an der Hinterachse Vierkolbenfestsättel oder Zweikolbenschwimmsättel angebracht werden.

6 Montagetipps

6.1 Scheibenbremsbeläge wechseln

Allgemeine Infos:

- Bremsen sind lebenswichtige Bauteile am Fahrzeug
- Arbeiten sollten nur durchgeführt werden, wenn man die Arbeitsschritte sicher beherrscht
- Falls Schwierigkeiten entstehen sollten oder man sich nicht ganz sicher ist, sollte man sich an eine Werkstatt wenden

Infos zu Scheibenbremsbelägen

- Scheibenbremsbeläge sollten bei einer Dicke des Reibmaterials unter 2 mm gewechselt werden
- Ebenso wenn das Auto eine automatische Verschleißwarneinrichtung hat und diese aufleuchtet (Warnlicht auf der Anzeige auf dem Armaturenbrett (Abbildung 41))



Abbildung 41: Warnlicht

- Scheibenbremsbeläge werden immer auf beiden Seiten gewechselt.
- Es sind nur die vom Hersteller der Bremsen beschriebenen Bremsbeläge zu verwenden
- Bremsbeläge und Bremsscheibe nicht mit Schmiermittel, Öl, Fett und mineralöhlhaltigem Reiniger in Kontakt bringen
- Das Bremspedal im ausgebauten Zustand der Bremsbeläge nicht mehr betätigen
- Hier finden sie mehr Infos zu [Scheibenbremsen](#)
- Die Bilder und die ausführliche Anleitung wurden an einem Renault Clio, 1,2 l, Bj. 1999 mit Lucas Bremssystem, durchgeführt
- Achtung: An einer elektrohydraulischen Bremse können keine Arbeiten selbst durchgeführt werden. Zu finden ist diese Bremse mit der Bezeichnung SPC ab Baujahr 2001 in der Mercedes Benz E-Klasse und SL.

Zeitaufwand:

ca. 2 Stunden

Hilfsmittel:

- Wagenheber
- Keil oder ähnliches, um Stand zu sichern
- Neue Bremsbeläge
- Kupferpaste; Erhältlich im Kfz- Markt
- Falls vorhanden Drehmomentschlüssel für Radschrauben, ansonsten auch Radkreuz
- Je nach Bremsentypart können folgende Werkzeuge benötigt werden:
 - Schraubenzieher
 - Schraubenschlüssel oder Steckschlüsselsatz
 - Durchschlag (oder ähnliches Werkzeug, z.B. dünnen Schraubenzieher)
 - Hammer oder anderes Holzstück, um Bremskolben zurück zu drücken

1. Stand sichern



Abbildung 42: Verkeiltes Rad

Auto auf festem Untergrund abstellen.

Hinterräder verkeilen (Abbildung 42), Handbremse anziehen, Ersten Gang einlegen.

2. Rad abschrauben



Abbildung 43: Wagenheber ansetzen



Abbildung 44: Muttern lösen

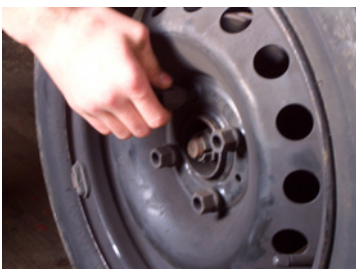


Abbildung 45: Schrauben herausnehmen

1. Wagen mit Wagenheber ein bisschen anheben → Druck von den Schrauben nehmen.
Räder müssen aber immer noch den Boden berühren, damit das Rad beim Lösen der Schrauben nicht „durchdreht“. (Abbildung 43)
2. Schrauben oder Muttern, je nach Typ, Lösen, d.h. nicht ganz herausschrauben (Abbildung 44)
3. Rad mit Wagenheber komplett vom Boden abheben
4. Schrauben / Muttern herausschrauben (Abbildung 45)
5. Position des Rades auf der Achse markieren. Z.B: mit Kreide, damit die Räder beim Einbauen wieder die selbe Position haben wie vorher und nicht verdreht werden (→ wegen Auswuchtung der Räder)
6. Rad abnehmen (Abbildung 46)
7. Rad unter die aufgebockte Seite des Wagens schieben (→ Sicherheit gegen Aufprallen auf den Boden, falls der Wagenheber umfällt oder abrutscht) (Abbildung 47)



Abbildung 46: Rad abnehmen



Abbildung 47: Rad unter Wagen schieben

3. Demontieren der Halterung



Abbildung 48: Bremssattel und Bremsscheibe



Abbildung 49: Zurückdrücken des Kolbens

Bremssättel (Abbildung 48) werden durch verschiedene Sicherungselemente gehalten. Diese können je nach Ausführung Befestigungsschrauben, Befestigungsfedern, Haltestifte oder Führungsteile sein. Die Vielfalt der Halterungen ist fast unbegrenzt. In dieser Anleitung wird daher nur eine, aber äußerst verbreitete, Bremsenart beschrieben.

Prinzipiell müssen immer die Bremsbeläge freigelegt werden, um sie leicht herausziehen zu können. Die übrigen Halterungen können in fast allen Fällen leicht durch einen Schraubenzieher, Schraubenschlüssel oder eine Zange demontiert werden.

Falls vorhanden, zuerst Abdeckbleche über dem Bremssattel durch Schraubenzieher entfernen, um an die Sicherungselemente zu gelangen.

In folgendem Beispiel, ein Renault Clio, 1,2 l, Bj. 1999 mit Lucas Bremssystem, sind die Bremssättel durch eine Schraube gesichert:

1. Zurückdrücken des Kolbens mit Zange. Nur soviel, dass sich der



Abbildung 50: Aufschrauben
Führungsschraube 1

Bremssattel von Hand ein bisschen verschieben lässt.

(Abbildung 49)

2. Aufschrauben und Herausziehen der unteren Führungsschraube (Abbildung 50 und 51)
3. Hochklappen des Bremssattel (Abbildung 52, 53 und 54)



Abbildung 51: Aufschrauben
Führungsschraube 2



Abbildung 52: Hochklappen des
Bremssattel 1



Abbildung 53: Hochklappen des
Bremssattel 2



Abbildung 54: Hochklappen des Bremssattel 3

4. Entfernen der Bremsbeläge



Abbildung 55: Bremsbeläge herausziehen 1

Vorsichtiges Herausziehen der Bremsbeläge (Abbildung 55 und 56).

Sind Zwischenbleche hinter den Bremsbelägen vorhanden und beschädigt, durch Neue ersetzen.

Ist ein Verschleißanzeiger am Bremsbelag angebracht (Abbildung 57), Stecker ausstecken.



Abbildung 56: Bremsbeläge herausziehen 2

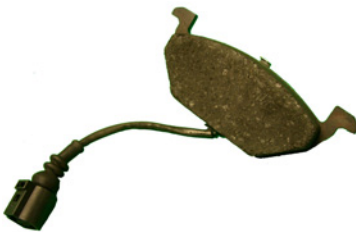


Abbildung 57: Bremsbelag mit Verschleißanzeiger

5. Bremskolben zurückdrücken



Abbildung 58: Bremskolben zurückdrücken

Der Bremskolben ist durch Verschleiß der alten Beläge ausgefahren. Er wird zurückgedrückt, damit die neuen Beläge zwischen Bremsscheibe und Bremssattel hineinpassen. Generell gilt: Umso weniger Belag die alten Bremsbeläge hatten, desto mehr muss der Kolben zurückgedrückt werden.

Am besten mit Holzstück, z.B. Hammerstiel, zurückdrücken (Abbildung 58), um Bremskolben nicht zu beschädigen. Es kann auch eine große Zange oder ähnliches verwendet werden.

Achtung: Der Bremsflüssigkeitbehälter (Hier gibt's mehr Infos zum [Bremsflüssigkeitsbehälter](#)) füllt sich wieder durch Zurückdrücken der Flüssigkeit. Bremsflüssigkeitbehälter beobachten, wenn nötig Flüssigkeit entnehmen.

Kolben durch zu starkes Verkanten nicht beschädigen. Falls Kolben nicht mehr gut in der Führung läuft, Störung - wenn möglich - beheben oder gleich zur Werkstatt bringen.

Kolben nicht herausdrücken, z.B. durch Betätigen des Pedals, da es beim erneuten Einschieben zur Beschädigung der Dichtungen kommen kann.

6. Säubern



Abbildung 59: Bremsbelaghalter reinigen

Verschmutzungen, wie groben Rost oder Dreck entfernen. Besonders auf den Auflagepunkten der Bremsbeläge.

Sind die Auflageflächen nur schwer zu reinigen, kann auch der gesamte Bremsbelaghalter ausgebaut werden und mit einer Feile vom Schmutz befreit werden (Abbildung 59 und 60)

→ Bessere Führung der neuen Bremsbeläge



Abbildung 60: Gereinigter
Bremsbelaghalter

7. Belagführungen vorbereiten



Abbildung 61: Kupferpaste aufbringen

Einschmieren der Belagführungen mit Kupferpaste (Abbildung 61) an den Auflagepunkten. Achtung, nichts auf die Bremsscheibe bringen, sonst gründlich mit Spiritus reinigen.

8. Bremsbeläge einlegen

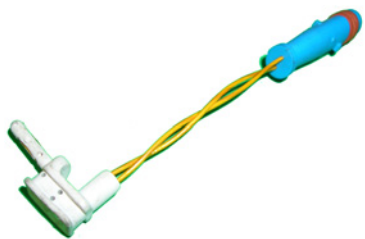


Abbildung 62: Beispiel eines
Verschleißanzeigers

Neue Beläge auf keinen Fall mit Öl in Verbindung bringen. Eingezogenes Öl ist nicht mehr aus den Belägen raus zu bekommen! Hände waschen. Bremsbeläge in Halterung einlegen. Die Bremsbeläge müssen in den Führungen leicht beweglich sein. Bei Bremsbelägen mit Verschleißanzeigern muss in vielen Fällen der Verschleißanzeiger erst in den Belag eingeklippt werden. Beispiel eines Verschleißanzeigers Abbildung 62 . Danach Stecker des Verschleißanzeigers wieder einstecken.

9. Montieren der Halterung

Die verschiedenen Sicherungselemente (Befestigungsschrauben, Befestigungsfedern, Haltestifte oder Führungsteile) wieder anbringen. In diesem Beispiel, den Bremssattel herunter drehen und die Führungsschraube wieder einsetzen.
Falls vorhanden, Abdeckbleche aufsetzen.

10. Kontrolle

Kontrolle ob die Bremsbeläge richtig sitzen. Das heißt: Sie sind nicht verkantet und liegen richtig auf.

11. Rad montieren

1. Rad aufsetzen, auf richtige Position achten.
2. Radschrauben anbringen und leicht anziehen.
3. Wagen über Wagenheber ablassen.
4. Radschrauben anbringen und mit dem vom Hersteller vorgegebenen Drehmoment anziehen. Dies ist nur mit dem Drehmomentschlüssel möglich. Als Faustregel kann gesagt werden: Stahlfelgen 100 – 120 Nm und Alufelgen 100 – 110 Nm. Exakte Werte findet man in der Betriebsanleitung.
Anziehen ohne Drehmomentschlüssel ist zwar möglich, jedoch kann durch falsche Anzugskraft keine einwandfreie Verbindung gewährleistet werden oder es können Schäden an der Radnabe entstehen.
Schrauben immer über Kreuz anziehen.
5. Schrauben nach 100 km noch einmal nachziehen.

12. Gegenüberliegende Seite

Bremsbeläge auf der anderen Seite nach demselben Vorgang wie oben beschrieben wechseln.

13. Bremsflüssigkeit kontrollieren
Hier gibt es die genaue Anleitung zum Thema Bremsflüssigkeit kontrollieren .
14. Bremspedal betätigen
Direkt nach Ablassen des Autos, Bremspedal mehrmals im Stand durchdrücken. Nach ein paar Mal muss sich der Weg des Bremspedals auf ungefähr ein Drittel des gesamten Weges eingestellt haben. Das Bremspedal darf anschließend auch nicht bei Dauerdrücken nach hinten „wandern“.
15. Bremsflüssigkeit nochmals kontrollieren
Stand der Bremsflüssigkeit im Bremsflüssigkeitsbehälter nochmals kontrollieren.
16. Bremsproben
Bremsproben vorsichtig bei langsamer Fahrt mehrmals durchführen. Achtung die Bremse kann bei der ersten Bremsung nicht die gesamte Bremswirkung aufbringen.
17. Starkes Bremsen vermeiden
Während der ersten 500 km ist eine Vollbremsung – wenn möglich! – zu vermeiden.

6.2 Bremsscheibe wechseln

Allgemeine Infos:

- Bremsen sind lebenswichtige Bauteile am Fahrzeug
- Arbeiten sollten nur durchgeführt werden, wenn man die Arbeitsschritte sicher beherrscht
- Falls Schwierigkeiten entstehen sollten oder man sich nicht ganz sicher ist, sollte man sich an eine Werkstatt wenden

Infos zu Scheibenbremsen

- Bremsscheiben werden immer auf beiden Seiten gewechselt
- Es sind nur die vom Hersteller der Bremsen beschriebenen Bremsscheiben zu verwenden
- Bremsbeläge und Bremsscheibe nicht mit Schmiermittel, Öl, Fett und mineralöhlhaltigem Reiniger in Kontakt bringen
- Das Bremspedal im ausgebauten Zustand der Bremsbeläge und Bremsscheibe nicht mehr betätigen.
- Hier gibt es mehr Infos über [Scheibenbremsen](#).
- Die Bilder und die ausführliche Anleitung wurden an einem Renault Clio, 1,2 l, Bj. 1999 mit Lucas Bremssystem, durchgeführt
- Hier gibt es mehr Infos zu [Merkmale einer defekten Bremse](#)
- Achtung: An einer elektrohydraulischen Bremse können keine Arbeiten selbst durchgeführt werden. Zu finden ist diese Bremse mit der Bezeichnung SPC ab Baujahr 2001 in der Mercedes Benz E-Klasse und SL.

Zeitaufwand:

ca. 2-3 Stunden

Hilfsmittel:

- Wagenheber
- Keil oder ähnliches, um Stand zu sichern
- Neue Bremsscheiben
- Kleine Feile
- Kupferpaste
- Bremsenreiniger, Spiritus oder ähnlichen ölfreien Reiniger

- Falls vorhanden Drehmomentschlüssel für Radschrauben, ansonsten auch Radkreuz
- Je nach Bremsentypart können folgende Werkzeuge benötigt werden:
 - Schraubenzieher
 - Schraubenschlüssel oder Steckschlüsselsatz
 - Hammer oder anderes Holzstück, um Bremskolben zurück zu drücken

1. Stand sichern



Abbildung 63: Verkeiltes Vorderrad

Auto auf festem Untergrund abstellen
 Hinterräder verkeilen (Abbildung 63), Handbremse anziehen, Ersten Gang einlegen

2. Rad abschrauben



Abbildung 64: Wagenheber ansetzen



Abbildung 65: Muttern lösen



Abbildung 66: Schrauben herausnehmen

1. Wagen mit Wagenheber ein bisschen anheben → Druck von den Schrauben nehmen.
 Räder müssen aber immer noch den Boden berühren, damit das Rad beim Lösen der Schrauben nicht „durchdreht“. (Abbildung 64)
2. Schrauben oder Muttern, je nach Typ, lösen, d.h. nicht ganz herausschrauben (Abbildung 65)
3. Rad mit Wagenheber komplett vom Boden abheben
4. Schrauben / Muttern herausschrauben (Abbildung 66)
5. Position des Rades auf der Achse markieren. Z.B: mit Kreide, damit die Räder beim Einbauen wieder die selbe Position haben wie vorher und nicht verdreht werden (→ wegen Auswuchtung der Räder)
6. Rad abnehmen (Abbildung 67)
7. Rad unter die aufgebockte Seite des Wagens schieben (→ Sicherheit gegen aufprallen auf den Boden falls der Wagenheber umfällt oder abrutscht) (Abbildung 68)



Abbildung 67: Rad abnehmen



Abbildung 68: Rad unter Wagen schieben

3. Demontieren der Halterung



Abbildung 69: Bremssattel und Bremsscheibe

Es muss der komplette Bremssattel ausgebaut werden. Zuerst werden die Bremsbeläge wie unten beschrieben ausgebaut.

Im folgendem Beispiel handelt es sich um ein Renault Clio, 1,2 l, Bj. 1999 mit Lucas Bremssystem (Abbildung 69).

Zurückdrücken des Kolbens mit einer Zange. Nur soviel, dass sich der Bremssattel von Hand ein bisschen verschieben lässt. (Abbildung 70)



Abbildung 70: Zurückdrücken des Kolbens

1. Aufschrauben und herausziehen der unteren Führungsschraube (Abbildung 71 und 72)
2. Hochklappen des Bremssattel (Abbildung 73, 74 und 75)

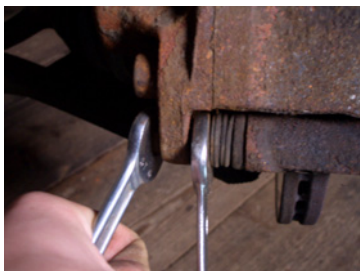


Abbildung 71: Aufschrauben
Führungsschraube 1



Abbildung 72: Aufschrauben
Führungsschraube 2



Abbildung 73: Hochklappen des
Bremssattel 1



Abbildung 74: Hochklappen des
Bremssattel 2



Abbildung 75: Hochklappen des
Bremssattel 3

4. Entfernen der Bremsbeläge



Abbildung 76: Bremsbeläge
herausziehen 1

Herausziehen der Bremsbeläge (Abbildung 76 und 77).



Abbildung 77: Bremsbeläge
herausziehen 2

5. Bremskolben zurückdrücken



Abbildung 78: Bremskolben zurückdrücken

Der Bremskolben wird zurückgedrückt, damit die Beläge später wieder zwischen Bremsscheibe und Bremssattel hineinpassen.

Am besten mit Holzstück, z.B. Hammerstiel, zurückdrücken (Abbildung 78), um Bremskolben nicht zu beschädigen. Es kann auch eine große Zange oder ähnliches verwendet werden.

Achtung: Der Bremsflüssigkeitbehälter (Hier gibt es mehr Infos zum [Bremsflüssigkeitsbehälter](#)) füllt sich wieder durch Zurückdrücken der Flüssigkeit. Bremsflüssigkeitbehälter beobachten, wenn nötig Flüssigkeit entnehmen.

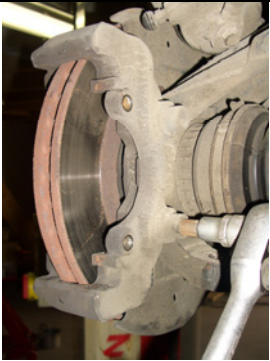
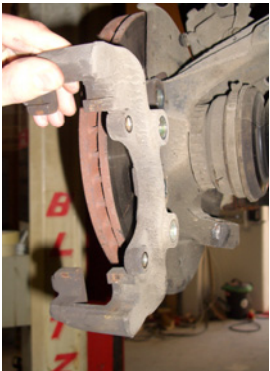
Kolben durch zu starkes Verkanten nicht beschädigen. Falls Kolben nicht mehr gut in der Führung läuft, Störung - wenn möglich - beheben oder gleich zur Werkstatt bringen.

Kolben nicht herausdrücken, z.B. durch Betätigen des Pedals, da es beim erneuten Einschieben zu Beschädigungen der Dichtungen kommen kann.

6. Abschrauben des Bremssattels

Abschrauben des kompletten Bremssattels, durch Lösen der oberen Führungsschraube.

Den Bremssattel so weglegen oder aufhängen, dass der Bremsschlauch nicht unter Zug steht.

7. Abschrauben der Belaghalterung	
 <p>Abbildung 79: Belaghalter abschrauben</p>  <p>Abbildung 80: Belaghalter entfernen</p>	<p>Lösen der beiden Schrauben, die den Belaghalter mit der Nabe verbinden (Abbildung 79). Belaghalter abnehmen (Abbildung 80).</p>

8. Abmontieren der Bremsscheibe



Abbildung 81: Sicherungsschraube lösen



Abbildung 82: Bremsscheibe abnehmen

Lösen der Sicherungsschraube auf der Bremsscheibe (Abbildung 81). Die Schraube kann auch durch Klebstoff gesichert sein, dann am besten Steckschlüssel ansetzen.

Herunternehmen der Bremsscheibe (Abbildung 82). Klemmt die Scheibe, kann auch vorsichtig durch Schläge auf die vordere Fläche nachgeholfen werden.

9. Säubern der Radlagergehäuse



Abbildung 83: Radlagergehäuse



Abbildung 84: Radlagergehäuse säubern



Abbildung 85: Blankes Radlagergehäuse

Das Radlagergehäuse (Abbildung 83) muss durch Schmirgelpapier von Rost befreit werden (Abbildung 84). Um einen Schlag der neuen Bremsscheibe zu vermeiden, sollte das Radlagergehäuse nach dem Schmirgeln metallisch blank sein (Abbildung 85).

10. Einsetzen der neuen Bremsscheibe

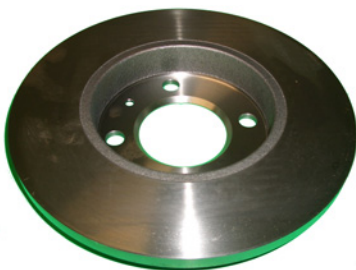


Abbildung 86: Neue Bremsscheibe

Die Bremsscheibe ist im Auslieferungszustand mit einem Ölfilm überzogen (Abbildung 86), dieser muss durch Spiritus oder einen ähnlichen ölfreien Reiniger gründlich entfernt werden. Hände waschen, um kein Öl mehr auf die Scheibe zu bekommen. Aufsetzen der Bremsscheibe auf die Radnabe.

11. Bremsscheibe einsetzen

Die neue Bremsscheibe aufsetzen und mit der Sicherungsschraube fixieren.

12. Säubern

Abbildung 87: Bremsbelaghalter reinigen



Abbildung 88: Gereinigter Bremsbelaghalter

Verschmutzungen wie grober Rost oder Dreck entfernen. Besonders die Auflagepunkte der Bremsbeläge auf dem Bremsbelaghalter mit einer Feile reinigen (Abbildung 87 und 88).

13. Bremssattel aufschrauben

Bremsbelaghalter wieder an Radnabe montieren.
Anschrauben des Bremssattels an der Radnabe über die obere Führungsschraube.

14. Bremsbeläge einlegen



Abbildung 89: Kupferpaste aufbringen

Bremsbelaghalter an den Auflagestellen der Bremsbeläge mit neuer Kupferpaste bestreichen (Abbildung 89).

Bremsbeläge in Halterung einlegen.

Die Bremsbeläge müssen in den Führungen leicht beweglich sein.

15. Montieren der Halterung

Bremssattel herunter drehen und die Führungsschraube wieder einsetzen.

16. Kontrolle

Kontrolle, ob die Bremsbeläge richtig sitzen. Das heißt: Sie sind nicht verkantet und liegen richtig auf.

17. Rad montieren

1. Rad aufsetzen, auf richtige Position achten.
2. Radschrauben anbringen und leicht anziehen.
3. Wagen über Wagenheber ablassen.
4. Schrauben anbringen und mit dem vom Hersteller vorgegebenen Drehmoment anziehen. Dies ist nur mit dem Drehmomentschlüssel möglich. Als Faustregel kann gesagt werden: Stahlfelgen 100 – 120 Nm und Alufelgen 100 – 110 Nm. Exakte Werte findet man in der Betriebsanleitung. Anziehen ohne Drehmomentschlüssel ist zwar möglich, jedoch kann durch falsche Anzugskraft keine einwandfreie Verbindung gewährleistet werden oder es können Schäden an der Radnabe entstehen.
Schrauben immer über Kreuz anziehen.
5. Schrauben nach 100 km noch einmal nachziehen.

18. Gegenüberliegende Seite
Bremsscheibe auf der anderen Seite nach demselben Vorgang wie oben beschrieben wechseln.
19. Bremsflüssigkeit kontrollieren
Hier gibt es die genaue Anleitung wie man die Bremsflüssigkeit kontrolliert .
20. Bremspedal betätigen
Direkt nach Ablassen des Autos, Bremspedal mehrmals im Stand durchdrücken. Nach ein paar Mal muss sich der Weg des Bremspedals auf ungefähr ein Drittel des gesamten Wegs eingestellt haben. Das Bremspedal darf anschließend auch nicht bei Dauerdrücken nach hinten „wandern“.
21. Bremsflüssigkeit nochmals kontrollieren
Stand der Bremsflüssigkeit im Bremsflüssigkeitsbehälter nochmals kontrollieren.
22. Bremsproben
Bremsproben vorsichtig bei langsamer Fahrt mehrmals durchführen. Achtung die Bremse kann bei der ersten Bremsung nicht die gesamte Bremswirkung aufbringen.
23. Starkes Bremsen vermeiden
Während der ersten 500 km ist eine Vollbremsung – wenn möglich! – zu vermeiden.

6.3 Trommelbremsbeläge wechseln

Allgemeine Infos:

- Bremsen sind lebenswichtige Bauteile am Fahrzeug.
- Arbeiten sollten nur durchgeführt werden, wenn man die Arbeitsschritte sicher beherrscht.
- Falls Schwierigkeiten entstehen sollten oder man sich nicht ganz sicher ist, sollte man sich an eine Werkstatt wenden.

Infos zu Trommelbremsbelägen

- Bei Trommelbremsen gibt es keine einheitliche Mindestdicke, nur eine vom Hersteller angegebene Mindestdicke. Grob kann gesagt werden, wenn die Belagstärke unter 2 mm ist, sollten die Beläge gewechselt werden.
- Trommelbremsbeläge werden immer auf beiden Seiten gewechselt.
- Es sind nur die vom Hersteller beschriebenen Bremsbeläge zu verwenden.
- Bremsbeläge und Bremstrommel nicht mit Schmiermittel, Öl, Fett und mineralöhlhaltigem Reiniger in Kontakt bringen.
- Das Bremspedal im ausgebauten Zustand der Bremsbeläge nicht mehr betätigen.
- Hier gibt es mehr Infos über den Aufbau einer [Trommelbremse](#) und die Bezeichnungen der Einzelteile.
- Die Bilder und die ausführliche Anleitung wurden an einem Renault Clio, 1,2 l, Bj. 1999 mit Teves Bremssystem, durchgeführt.

Zeitaufwand:

ca. 2- 3 Stunden, höherer Schwierigkeitsgrad.

Hilfsmittel:

- Wagenheber
- Keil oder ähnliches, um Stand zu sichern
- Neuer Bremsbackensatz
- Kupferpaste
- Bremsenreiniger, Spiritus oder ähnlichen ölfreien Reiniger
- Hammer
- Feines Schleifpapier
- Falls vorhanden Drehmomentschlüssel für Radschrauben, ansonsten auch Radkreuz
- Schraubenzieher

- Zange (z.B. Spitzzange, Rohrzange)
- Steckschlüsselsatz
- Je nach Bremsentyp: evtl. Spezialwerkzeug notwendig

1. Stand sichern



Abbildung 90: Verkeiltes Vorderrad

- Auto auf festem Untergrund abstellen
- Ersten Gang einlegen
- Vorderräder verkeilen (Abbildung 90)
- Die Handbremse darf nicht angezogen werden

2. Rad abschrauben

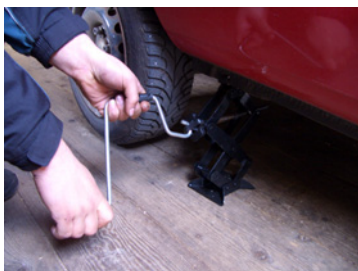


Abbildung 91: Wagenheber ansetzen



Abbildung 92: Muttern lösen

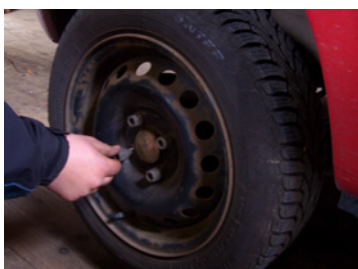


Abbildung 93: Schrauben herausnehmen

1. Wagen mit Wagenheber ein bisschen anheben → Druck von den Schrauben nehmen.
Räder müssen aber immer noch den Boden berühren, damit das Rad beim Lösen der Schrauben nicht „durchdreht“. (Abbildung 91)
2. Schrauben oder Muttern, je nach Typ, lösen, d.h. nicht ganz herausschrauben (Abbildung 92)
3. Rad mit Wagenheber komplett vom Boden abheben
4. Schrauben / Muttern herausschrauben (Abbildung 93)
5. Position des Rades auf der Achse markieren. Z.B: mit Kreide, damit die Räder beim Einbauen wieder die selbe Position haben wie vorher und nicht verdreht werden (→ wegen Auswuchtung der Räder)
6. Rad abnehmen (Abbildung 94)
7. Rad unter die aufgebockte Seite des Wagens schieben (→ Sicherheit gegen Aufprallen auf den Boden falls der Wagenheber umfällt oder abrutscht) (Abbildung 95)



Abbildung 94: Rad abnehmen



Abbildung 95: Rad unter Wagen schieben

3. Lösen der Radkappe



Abbildung 96: Trommelbremse

Radkappe an der Trommelbremse (Abbildung 96) durch Schraubenzieher und Hammer vorsichtig lösen (Abbildung 97). Bei vielen Fahrzeugtypen kann die Kappe auch mit einer großen Zange (Rohrzange) gelöst werden.



Abbildung 97: Radkappe lösen

4. Radnabenmutter demontieren



Abbildung 98: Radnabenmutter

Radnabenmutter (Abbildung 98) abmontieren durch Steckschraubenschlüssel oder Schraubenschlüssel (Abbildung 99). Falls vorhanden Sicherungsstift vorher entfernen.



Abbildung 99: Radnabenmutter abmontieren

5. Bremstrommel abziehen



Abbildung 100: Bremstrommel abziehen

Beim Abziehen muss die Handbremse offen sein (Abbildung 100). Falls dies von Hand nicht möglich ist, durch leichtes Hämmern mit Gummihammer unterstützen.

Vor allem bei Autos mit vielen Kilometern kann es dazu kommen, dass sich die Trommel nicht abziehen lässt. Ursache dafür ist ein Absatz, der sich in der Bremstrommel durch das ständige Bremsen gebildet hat. (Roter Pfeil Abbildung 101)



Abbildung 101: Absatz bei Trommelbremse

Mit einem Schraubenzieher kann dann aber durch ein Loch auf der Vorderseite die selbsttätige Nachstellvorrichtung zurückgedreht werden. Dabei werden die Backen zurückgestellt und die Trommel kann abgezogen werden. Bei manchen Typen kann dies auch durch „Aushängen“ der Bremsbacken über eine Öffnung auf der Hinterseite geschehen.



Abbildung 102: Trommelbremse mit abzogener Trommel

Der Aufbau einer Trommelbremse (Abbildung 102) kann je nach Art und Hersteller sehr verschieden sein.

In der folgenden Anleitung wird eine Simplex - Trommelbremse der Firma Teves beschrieben. Die Simplex Bremse ist die am meisten eingebaute Trommelbremse.

Hier gibt es mehr Infos über die Bauarten der [Trommelbremse](#).

6. Lösen der Federn



Abbildung 103: Lösen der unteren Feder

Die Federn mit Schraubenzieher oder Zange lösen (Abbildung 103 und 104).

Darauf achten, dass die ausgebauten Teile bis zum Zusammenbau beisammen sind und nicht verloren gehen.

Die Position der Einzelteile genauestens merken, um ein „Puzzlespiel“ beim Zusammenbau zu vermeiden.

Danach sollten die Bremsbacken spannungslos sein.



Abbildung 104: Lösen der oberen Feder

7. Lösen der Selbstnachstellung



Abbildung 105: Spannfeder der selbsttätigen Nachstellvorrichtung

Zuerst die Spannfeder der selbsttätigen Nachstellvorrichtung (Abbildung 105) lösen.

Danach die Selbstnachstellung z.B. durch Schraubenzieher lösen (Abbildung 106) und entnehmen (Abbildung 107).



Abbildung 106: Lösen der Selbstnachstellung



Abbildung 107: Entnahme der Selbstverstellung

8. Lösen der Haltefedern

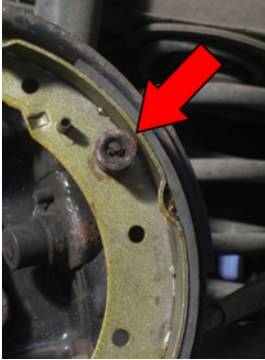


Abbildung 108: Lagerung der Bremsbacken

Lösen der Lagerungen der zwei Bremsbacken (Abbildung 108). Dabei Feder mit Zange zurückdrücken und Halteblech um 90° drehen, damit es abgenommen werden kann (Abbildung 109).



Abbildung 109: Lösen der Lagerung

9. Bremsbacken herausnehmen



Abbildung 110: Herausnehmen der Bremsbeläge

Herausnehmen der 2 Bremsbeläge (Abbildung 110). Auf den Zug der Handbremse achten. Feder dabei zurückziehen, um Zug aus der Halterung zu hebeln (Abbildung 111).

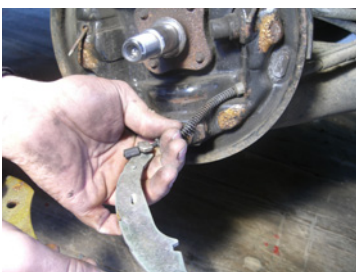


Abbildung 111: Handbremszug entfernen

10. Bremse säubern

Verschmutzungen, wie groben Rost oder Dreck entfernen. Am besten mit Bremsenreiniger, Spiritus oder ähnlichen ölfreien Reiniger. Keine Druckluft oder Drahtbürste verwenden, da diese ölig sein können.

11. Kupferpaste bestreichen



Abbildung 112: Kupferpaste aufbringen

Kupferpaste durch Pinsel oder ähnlichem aufstreichen (Abbildung 112). Dabei die Punkte bestreichen, auf der die Bremsbacken auf der festen Platte reiben (Durch rote Punkte der alten Kupferpaste erkennbar) (Abbildung 113).



Abbildung 113: Punkte die mit Kupferpaste bestrichen werden

12. Neue Bremsbeläge einsetzen

Zuerst darauf achten, dass alles ölfrei ist – Hände waschen. Beim einsetzen zuerst den Zug der Handbremse wieder einhängen. Danach die Haltefedern wieder einsetzen. Siehe die vorangegangenen Schritte, nur in umgekehrter Reihenfolge.

13. Selbsttätige Nachstellvorrichtung einbauen

Die selbsttätige Nachstellvorrichtung der Bremsanlage wieder einsetzen. Darauf achten, dass die Länge der Nachstellvorrichtung

durch Einschrauben verkürzt wird. Die Bremstrommel lässt sich ansonsten nicht aufsetzen, da die neuen Bremsbeläge dicker sind als die abgefahrenen.

Da es häufig vorkommt, dass die Nachstellvorrichtung nicht richtig funktioniert, kann diese auch von Hand eingestellt werden. Sie kann nach der Montage der Bremstrommel durch eine kleine Öffnung in der Bremstrommel nachgestellt werden.

14. Federn einhängen

Alle zuvor demontierten Federn wieder einhängen. Dies kann ein bisschen Zeit in Anspruch nehmen, da die Federn meist richtig stark gespannt sind.

15. Bremsbelag abpolieren



Abbildung 114: Abschleifen der Beläge

Ist alles komplett eingesetzt, werden beide Bremsbeläge noch einmal richtig gesäubert.

Danach beide Bremsbeläge mit feinem Schleifpapier abreiben, um den restlichen Schmutz (z.B. Fettflecken durch Fingerabdrücke) zu entfernen (Abbildung 114).

16. Bremstrommel aufsetzen

Zuerst sicherstellen, dass die Welle auf der die Bremstrommel aufliegt, absolut sauber ist. Danach Bremstrommel vorsichtig aufschieben. Kontrolle, ob die Bremsscheibe sich ohne „Kratzen“ drehen lässt. Radnabenmutter mit ca. 230 – 250 Nm anziehen.

17. Hinterrad montieren

1. Rad aufsetzen, auf richtige Position achten.
2. Radschrauben anbringen und leicht anziehen.
3. Wagen über Wagenheber ablassen.

4. Schrauben anbringen und mit dem vom Hersteller vorgegebenen Drehmoment anziehen. Dies ist nur mit dem Drehmomentschlüssel möglich. Als Faustregel kann gesagt werden: Stahlfelgen 100 – 120 Nm und Alufelgen 100 – 110 Nm. Exakte Werte findet man in der Betriebsanleitung.
Anziehen ohne Drehmomentschlüssel ist zwar möglich, jedoch kann durch falsche Anzugskraft keine einwandfreie Verbindung gewährleistet werden oder es können Schäden an der Radnabe entstehen.
Schrauben immer über Kreuz anziehen.
5. Schrauben nach 100 km noch einmal nachziehen.

18. Gegenüberliegende Seite

Bremsbeläge auf der anderen Seite nach dem selben Vorgang wie oben beschrieben wechseln

19. Bremsflüssigkeit kontrollieren

Hier gibt's die genaue Anleitung zum Thema [Bremsflüssigkeit kontrollieren](#)

20. Bremspedal betätigen

Direkt nach Ablassen des Autos, Bremspedal mehrmals im Stand durchdrücken.
Nach ein paar Mal muss sich der Weg des Bremspedals auf ungefähr ein Drittel des gesamten Weg eingestellt haben.
Das Bremspedal darf anschließend auch nicht bei Dauerdrücken nach hinten "wandern".

21. Bremsflüssigkeit nochmals kontrollieren

Stand der Bremsflüssigkeit im Bremsflüssigkeitsbehälter nochmals kontrollieren.

22. Bremsproben

Bremsproben vorsichtig bei langsamer Fahrt mehrmals durchführen.
Achtung die Bremse kann bei der ersten Bremsung nicht die gesamte Bremswirkung aufbringen.

23. Starkes Bremsen vermeiden

Während der ersten 500 km ist eine Vollbremsung – wenn möglich! – zu vermeiden.

6.4 Bremsanlage entlüften

Allgemeine Infos:

- Bremsen sind lebenswichtige Bauteile am Fahrzeug.
- Arbeiten sollten nur durchgeführt werden, wenn man die Arbeitsschritte sicher beherrscht.
- Falls Schwierigkeiten entstehen sollten oder man sich nicht ganz sicher ist, sollte man sich an eine Werkstatt wenden.

Infos zu Bremsanlage entlüften

- Es sind nur die vom Hersteller beschriebenen Bremsflüssigkeiten zu verwenden.
- Bremsflüssigkeiten sind hochaggressive Stoffe – nicht in Kontakt kommen.
- Falls Bremsflüssigkeit auf den Lack kommt: Stelle zügig mit lauwarmen Wasser säubern, sonst kann es schnell zu Lackschäden kommen.
- Hier gibt es mehr Infos zu [Bremsflüssigkeiten](#) und zum Bremskreislauf.
- Achtung: An einer elektrohydraulischen Bremse können keine Arbeiten selbst durchgeführt werden. Zu finden ist diese Bremse mit der Bezeichnung SPC in den neueren E-Klasse Modellen von Mercedes Benz.

Zeitaufwand:

ca. 1 Stunde

Hilfsmittel:

- Durchsichtigen Schlauch, der auf Entlüftungsnippel passt (Beschreibung siehe Anleitungspunkt Nr. 2 / 3). Erhältlich beim Kfz- Händler oder auch in der Zoohandlung (Aquarientechnik).
- Auffanggefäß für die alte Bremsenflüssigkeit.
- Bei neuer Bremsflüssigkeit auf richtige DOT- Nummer achten. Beschreibung im Handbuch.
- Schlüsselsatz für Entlüftungsnippel.
- Geduldige Hilfsperson zum Pumpen des Bremspedals.

1. Reihenfolge der Entlüftung

Beim Entlüften der einzelnen Bremszylinder wird immer eine gewisse Reihenfolge eingehalten. Dies hat mit der Länge der Bremsleitungen zum Hauptzylinder zu tun. Alle Angaben werden in Fahrtrichtung betrachtet.

Reihenfolge der Entlüftung der einzelnen Bremszylinder

1. Hinten Rechts
2. Hinten Links
3. Vorne Rechts
4. Vorne Links

Bei ABS muss noch erwähnt werden, dass der Bremskreislauf ohne Steuergerät nicht komplett entlüftet werden kann. Dies liegt daran, dass einzelne Ventile Flüssigkeiten vom Kreislauf trennen. Beim Steuergerät werden dann diese Ventile geschaltet. Allerdings kommt es bei Bremsflüssigkeiten meist zur Blasenbildung direkt am Bremszylinder. Diese Lufteinschlüsse können somit auch ohne Steuergerät entfernt werden.

2. Durchsichtiger Schlauch, oder auch ohne?



Abbildung 115: Durchsichtiger Schlauch

Falls Sie keinen durchsichtigen Schlauch (Abbildung 115) zur Hand haben geht es auch mit einem normalen Schlauch. Jedoch kann nicht einwandfrei festgestellt werden, ob die austretende Flüssigkeit noch Bläschen hat.

Es muss darauf geachtet werden, dass keine Bremsflüssigkeit auf die Bremse selbst kommt. Danach könnte keine Bremsleistung mehr erzielt werden.

3. Schlauch aufsetzen

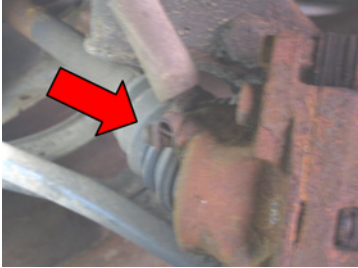


Abbildung 116: Entlüftungsschraube 1

Die Entlüftungsschraube sitzt auf der Rückseite jedes Rades.
Sie ist dort an den Bremszylinder angeschlossen (Abbildung 116 und 117)

Schutzhäubchen abnehmen (Abbildung 118)

Schlauch auf Entlüftungsschraube aufsetzen (Abbildung 119)

Nicht vergessen, einen Behälter unterzustellen.



Abbildung 117: Entlüftungsschraube 2

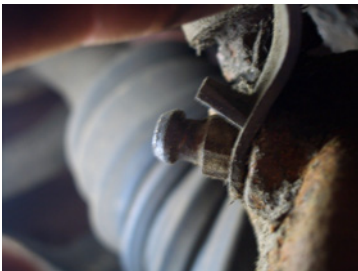


Abbildung 118: Schutzhäubchen
abnehmen



Abbildung 119: Schlauch aufsetzen

4. Entlüftvorgang



Abbildung 120: Luftblasen



Abbildung 121: Luftblasenfrei

1. Hilfsperson im Auto tritt mehrmals aufs Bremspedal, um Druck aufzubauen.
2. Öffnen der Entlüftungsschraube mit einer halben Umdrehung.
3. Langsames Durchdrücken des Bremspedals.
4. Schließen der Entlüftungsschraube.
5. Bremspedal langsam (ca. 3 sek) in Ausgangstellung zurück drücken lassen.

Sind in der austretenden Flüssigkeit Blasen enthalten (Abbildung 120), den oben beschriebenen Vorgang wiederholen, bis nur noch blasenfreie Flüssigkeit austritt (Abbildung 121).

6. Entlüftungsventil schließen

Das Entlüftungsventil wird bei ganz durchgedrücktem Bremspedal zugeschraubt.

Schlauch abziehen.

7. Kontrollieren des Füllstandsanzeiger



Abbildung 122: Füllstandsanzeiger

Nach jeder Entlüftung und gegebenenfalls auch während einer größeren Entlüftung muss der Flüssigkeitsstand im Füllstandsanzeiger (Abbildung 122) kontrolliert werden.

Der Flüssigkeitsstand sollte nicht zu weit unter die MIN –Markierung sinken und auf keinen Fall ganz abnehmen.

Mehr Infos zum Füllstandsanzeiger gibt es unter [Bremsflüssigkeit auffüllen](#).

8. Entlüften der anderen Bremszylinder

Die anderen Bremszylinder werden wie oben beschrieben entlüftet.

9. Endkontrolle des Flüssigkeitsanzeiger

Der Flüssigkeitsstand des Flüssigkeitsanzeiger muss wieder zwischen die MIN- und MAX- Marke befüllt werden (Abbildung 123).

Abbildung 123: Min- und Max- Marke

6.5 Bremsflüssigkeit auffüllen

Infos zu Bremsflüssigkeit auffüllen

- Es sind nur die vom Hersteller beschriebenen Bremsflüssigkeiten zu verwenden.
- Bremsflüssigkeiten sind hochaggressive Stoffe – nicht in Kontakt kommen.
- Falls Bremsflüssigkeit auf den Lack kommt: Stelle zügig mit lauwarmen Wasser säubern, sonst kann es schnell zu Lackschäden kommen.
- Hier gibt es mehr Infos zu [Bremsflüssigkeiten](#) und zum Bremskreislauf

Zeitaufwand:

ca. 10 Minuten

Hilfsmittel:

- Neue Bremsflüssigkeit. Auf richtige DOT- Nummer achten. Beschreibung, welche sie verwenden sollen, finden sie in ihrem Handbuch oder auf dem Füllstandsanzeiger der Bremsflüssigkeit.
- Lappen

1. Ort des Flüssigkeitsbehälters

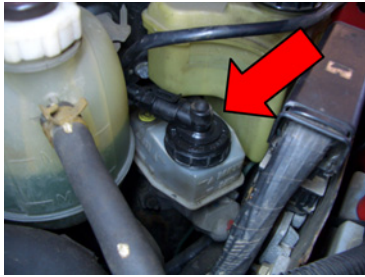


Abbildung 124:
Bremsflüssigkeitsbehälter

Der Bremsflüssigkeitsbehälter sitzt im Motorraum des Pkw. Nach dem Öffnen der Motorhaube sollte er gleich sichtbar sein (Abbildung 124).

Er ist durchscheinend, um den Flüssigkeitspegel ablesen zu können. Seitlich sind die beiden Markierungen MIN und MAX angegeben. Der Deckel ist meist über ein Kabel mit einem Stecker verbunden.

2. Öffnen des Behälters



Abbildung 125: Säubern

Vor dem Öffnen des Behälters sollte sämtlicher Schmutz entfernt werden, damit nachher nichts in die Flüssigkeit gelangt (Abbildung 125).

Danach Stecker lösen. Deckel abdrehen (Abbildung 126).



Abbildung 126: Deckel lösen

3. Füllen des Behälters



Abbildung 127: Min- und Max- Marke



Abbildung 128: Bremsflüssigkeit nachfüllen

Solange auffüllen bis der Flüssigkeitsstand sich zwischen der MIN- und MAX- Markierung befindet (Abbildung 127 und 128).

Ein Absinken der Flüssigkeit über längere Zeit ist gewöhnlich.

Der Kolben wird durch das Abnutzen der Bremsbeläge weiter heraus gedrückt und braucht somit mehr Öl, um auf diese Position zu fahren.

Sollte der Flüssigkeitsbehälter in kurzer Zeit Flüssigkeit verlieren, müssen alle Komponenten der Bremsanlage auf Leckagen untersucht werden.

Schließen sie anschließend den Behälter wieder und stecken sie den Stecker wieder ein.

7 Wartungstipps

7.1 Was muss gewartet werden und in welchem Abstand

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die Bremsanlage mindestens alle 2 Jahre gewartet werden muss. Hierbei ist dann auch die Bremsflüssigkeit zu wechseln.

In kleineren Abständen sollte eine Sichtkontrolle der Belagstärken und eine Sichtkontrolle auf Leckagen durchgeführt werden.

Durch die Kontrolle der Belagstärken werden komplett abgefahrene Beläge frühzeitig bemerkt. Dadurch wird ein Beschädigen der Bremsscheibe verhindert.

7.2 Bremsflüssigkeit kontrollieren

Der Bremsflüssigkeitsbehälter sitzt im Motorraum des Pkw. Nach dem Öffnen der Motorhaube sollte er gleich sichtbar sein (Abbildung 129).



Abbildung 129:
Bremsflüssigkeitsbehälter

Er ist durchscheinend, um den Flüssigkeitspegel ablesen zu können. Seitlich sind die beiden Markierungen MIN und MAX angegeben. Der Deckel ist meistens über ein Kabel mit einem Stecker verbunden.

Der Flüssigkeitsstand muss sich stets zwischen der MIN- und MAX- Markierung befinden. Eine Anleitung, auf was sie beim Befüllen achten müssen, finden sie unter [Bremsflüssigkeit auffüllen](#).

7.3 Belagstärke prüfen

Trommelbremse

Bei der Trommelbremse ist eine Prüfung der Belagstärke äußerst schwierig. Dazu muss fast immer die Bremstrommel entfernt werden.

Nur in seltenen Fällen kann die Belagstärke durch ein Schauloch an der Bremstrommel kontrolliert werden.

Die Mindestbelagstärke der Bremsbacken ist von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Als Anhaltspunkt gilt: Spätestens bei einer Belagstärke unter 2 mm sollten die Bremsbacken ausgetauscht werden.

Eine Anleitung dazu finden sie unter [Trommelbremsbelag wechseln](#).

Scheibenbremse

Die Belagstärke der Scheibenbremse kann am besten kontrolliert werden, indem man das Rad abschraubt, um freie Sicht auf die Bremse zu erhalten.

An den Seiten des Bremssattels, oder durch eine Öffnung in der Mitte sind die Belagstärken erkennbar. (Abbildung 130 und 131).

Die Beläge sollten bei einer Mindestdicke von 2mm ausgetauscht werden.

Eine Anleitung dazu finden sie [hier](#)



Abbildung 130: Belagstärke seitlich

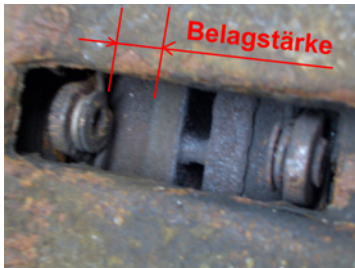


Abbildung 131: Belagstärke Öffnung

7.4 Sichtprüfung auf Leckage

Tritt Öl an den Bremsen auf, ist die Bremsleitung oder der Kolben undicht. Dies kann auf der Rückseite der Bremsen, dem Bremskolben, an den Bremsleitungen und am Hauptzylinder der Fall sein. Auf diesen Bauteilen dürfen keine Ölblagerungen in Form von dunklen Flecken sichtbar sein. Auch dürfen keine Scheuerstellen an den Bremsleitungen zu sehen sein.

7.5 Pedalweg

Der Weg des Bremspedals sollte ungefähr ein Drittel des gesamten Weges einnehmen. Das Bremspedal darf anschließend auch nicht bei Dauerdrücken nach hinten "wandern".

8 Merkmale einer defekten Bremse:

8.1 Merkmale – Ursachen

Pulsieren des Pedals:

Die Freigängigkeit der Bremsbeläge ist nicht gegeben. Ursachen können sein:

- Der Bremsbelag ist nicht richtig in den Sattel eingelegt
- Es wurden die falschen Beläge verwendet
- Keine Freigängigkeit durch lange Standzeiten, „Wenigfahrer“

Abhilfe schafft das Reinigen des Bremssattels, speziell der Auflageflächen der Beläge. Durch kräftigeres Bremsen von Zeit zu Zeit kann der Bremsbelag freigängig gehalten werden.

Lenkradflattern und Rubbeln der Bremsscheibe:

Das Flattern des Lenkrades entsteht meist durch einen Schlag der Bremsscheibe. Dieser kann durch falsche Einbauweise entstehen. Dabei liegt die Scheibe meist nicht Plan auf der Radnabe auf. Mögliche Ursachen sind: Die Radnabe wurde nicht ausreichend gereinigt, bevor die Bremsscheibe montiert wurde; Falsch aufgebraachte Kupferpaste verhindert das plan Anliegen der Bremsscheibe.

Geräusche: Quietschen, Mahlen:

Quietschen oder Mahlen sind Anzeichen für abgefahrene Bremsbeläge. Kommt es zum Quietschen, kann es möglich sein, dass es sich um einen akustischen Verschleißanzeiger handelt. Ein Blech streift dabei auf der Bremsscheibe und signalisiert, dass die Beläge getauscht werden müssen.

Kommt es eher zu mahlenden Geräuschen ist der Bremsbelag abgenützt und es reibt Metall auf Metall. Hier sollte schnell gehandelt werden und neue Beläge eingesetzt werden, da ansonsten auch die Bremsscheibe beschädigt wird.

Kein Bremsdruck, Durchdrücken des Pedals:

Es befinden sich Lufteinschlüsse in der Bremsflüssigkeit.

Eine Bremsflüssigkeit ist hygroskopisch. Das heißt, sie zieht Wasser durch die Schlauchleitungen an. Hat die Bremsflüssigkeit einen zu hohen Wasseranteil, sinkt der Siedepunkt. Bei einem längeren Bremsvorgang kann es dann zur Überhitzung kommen. Die Bremsflüssigkeit verdampft dabei meist in unmittelbarer Nähe des erhitzten Bremszylinders.

Es entstehen kleine Lufteinschlüsse. Diese werden dann beim Bremsen zusammengedrückt und verlängern damit den Bremsweg des Pedals.

Durch Entlüften können diese Lufteinschlüsse aus der Leitung geholt werden.

Eine Anleitung zum entlüften finden sie unter [Bremsflüssigkeit entlüften](#).

.

Bremsflüssigkeitsstand sinkt stark

Sinkt die Bremsflüssigkeit sehr schnell, befindet sich eine Leckage im Kreislauf, an der Bremsflüssigkeit auslaufen kann. Dies kann auf der Rückseite der Bremsen, dem Bremskolben, den Bremsleitungen und am Hauptzylinder auftreten. Auf diesen Bauteilen dürfen keine Ölablagerungen in Form von dunklen Flecken sichtbar sein. Auch dürfen keine Scheuerstellen an Bremsleitungen zu sehen sein.

Ist eine Beschädigung ausgemacht, ist diese z.B. durch Austausch der Bremsleitung zu beheben.

Störungen nach Überwinterung (z.B. Anhänger)

Diese Störungen treten bei Fahrzeugen auf, die lange Standzeiten haben, wie z.B. Wohnwagen.

Beim ersten Fahrbetrieb nach langer Standzeit kommt es zu den Schäden an den Bremsen. Dies kommt durch ein Einrosten der Bremsen während der Standzeit. Die Bremsen bewegen sich dabei nicht mehr von der Bremsscheibe zurück und klemmen während der Fahrt.

Dadurch überhitzen die Bremsbeläge und werden zerstört.

Die Bremsanlage sollte daher nach langer Standzeit auf Gängigkeit überprüft werden. Auch sollte eine Standzeit mit angezogener Handbremse vermieden werden.

8.2 Schadensbilder

Bei einer Scheibenbremse reicht es meist nicht aus, die Scheibe zu wechseln, vielmehr sollte auch die Ursache des Problems bekannt sein. Hier eine Zusammenfassung der häufigsten Störungen, die bei Scheibenbremsen auftreten können.

Merkmal: **Sehr starke Riefen auf der Bremsscheibe**

Ursachen: Die Bremsbeläge sind abgefahren; Bei den Belägen bremsst Metall auf Metall (Abbildung 132)

Behebung: Austauschen der Bremsbeläge. Eine

Anleitung finden sie unter

[Scheibenbremsbeläge wechseln](#).



Abbildung 132: Riefen auf Bremsscheibe

Merkmal: **Sehr starke Riefen auf einer Seite der Bremsscheibe**

Ursachen: Der Kolben des Bremszylinders klemmt oder die Beläge sind im Sattel festgerostet.

Behebung: Kolben wieder gängig machen; Beläge ausbauen, reinigen und Auflagestellen neu mit Kupferpaste bestreichen.

Merkmal: **Eine Seite der Bremsscheibe ist blau angelaufen**

Ursache: Schiebehülse und Führung laufen nicht mehr richtig. Der Bremskolben kann sich auf einer Seite nicht mehr zurückziehen. Er liegt immer auf der Scheibe auf.

Behebung: Schiebehülsen (Abbildung 133) wieder gängig machen, z.B. durch Säubern oder Fetten



Abbildung 133: Verschiebelemente einer Scheibenbremse

Merkmal: **Beide Seiten der Bremsscheibe sind blau angelaufen**

Ursachen: Der Kolben des Bremszylinders klemmt bzw. ist festgerostet oder die Beläge im Bremssattel sind fest.

Behebung: Kolben wieder gängig machen; Beläge ausbauen, reinigen und Auflagestellen neu mit Kupferpaste bestreichen.

Merkmale: **Hitzeflecken auf der Bremsscheibe (Schwarze Punkte)**

Ursachen: Überhitzung der Bremsscheibe durch: zu starkes Bremsen, verrostete Bremskolben oder feste Beläge im Sattel.

Behebung: Andauerndes starkes Bremsen vermeiden; Kolben wieder gängig machen; Beläge ausbauen, reinigen und Auflagestellen neu mit Kupferpaste bestreichen.

Merkmal: **Rostschicht auf Lauffläche löst sich ab**

Ursachen: Lange Standzeiten, z.B. bei Anhängern; Wasserschäden (Abbildung 134)

Behebung: Lange Standzeiten vermeiden; Durch Wasser platzt die Rostschicht schneller ab, unnötigen Wasserkontakt vermeiden.



Abbildung 134: Abplatzen der Rostschicht

Merkmal: **Bremsbeläge ungleichmäßig abgenutzt**

Ursache: Bremsbelag liegt nicht richtig in der Gehäuseführung; kaputte Gehäuseführung.

Behebung: Reinigen der Gehäuseführung; Ist die Führung beschädigt, muss der Bremssattel ausgetauscht werden.

9 Impressum

Hochschule Konstanz
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

Anschrift:

Brauneggerstrasse 55

D-78462 Konstanz

Postfach 100 543

D-78405 Konstanz

Telefon: +49 / (0) 7531 / 206 - 0

Fax: +49 / (0) 75 31 / 206 – 400

10 Haftungshinweise

Wir möchten Sie hiermit ausdrücklich auffordern, keine Reparaturen oder sonstige technische Arbeiten an Fahrzeugen oder anderen Geräten durchzuführen, wenn Sie nicht über das dazu unbedingt notwendige fundierte Wissen verfügen.

Für die Richtigkeit der auf diesen Seiten wiedergegebenen Inhalte übernehmen die Herausgeber und Autoren keinerlei Gewähr. Insbesondere haften wir nicht für die aus Verwendung der Inhalte entstehenden Sach-, Vermögens- oder Personenschäden.

11 Quellenverzeichnis

Bücher

1. Bauer, Horst [Chefredakteur]: „Kraftfahrzeugtechnisches Taschenbuch/Bosch“, Düsseldorf: VDI-Verlag 1995, 22. Auflage
2. „Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik“, Haan-Gruiten, Verlag Europa Lehrmittel 1999, 26. Auflage
3. Burkhardt, Manfred: „Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Bremsanlagen“, Würzburg, Vogel Verlag und Druck KG 1991, 1. Auflage
4. Breuer, Bert; Bill, Karlheinz H.: „Bremsenhandbuch“, Wiesbaden, Vieweg Verlag 2004, 2. Auflage
5. Handbuch der Kfz- Technik Band 2, Stuttgart, Motorbuch Verlag, 1. Auflage 2000
6. Handbuch praktische Autotechnik, München, BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1986

Zeitschriftartikel

- Klaus, Horst-Dieter: „Dem Antrieb entgegen“ Kfz-betrieb Nr. 49/50 vom 02.12.2004 Seite 044,
- Lauer, Markus: „Bremsenservice, Eine runde Sache“ Kfz-betrieb Nr. 07 vom 16.02.2006 Seite 041
- Seidenstücker, Thomas: „Bremsen-wissen“ AUTOHAUS, Heft 09/2006, S. 70-71
- „Bremsflüssigkeit vernachlässigt“ AUTO SERVICE PRAXIS, Heft 9/2006, S. 84
- Diehl, Peter, „Wässrige Lösung“ AUTO SERVICE PRAXIS, Heft 10/2004, S. 24-25

Montageanweisungen

- ATE Montageanweisung, Id-Nummer: 919998-0066.3/03.99
- „Montageanleitung für den Ein- und Ausbau von Scheibenbremsbelägen“, Köln 1/2001, FEMFM (Federation of European Manufacturers of Friction Materials)
- Bosch Montagehinweise für Trommelbremsen, ID- Nummer: 978 999 434 (A7)

Internetseiten

- <http://www.contiteves-am.com>
- <http://www.autoschrauber.de>
- <http://www.kfz-tech.de>

12 Links

<http://www.contiteves-am.com>

Bremsenhersteller mit vielen Zusatzinformationen

<http://www.kfz-tech.de>

Umfangreiche Seite mit Informationen rund ums Auto
und seine Bestandteile

<http://www.bosch.de>

Bremsenhersteller

<http://www.brembo.com/>

Bremsenhersteller – Motorrad

13 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Schema Bremsanlagen	1
Abbildung 2: Hydraulische Bremsanlage	5
Abbildung 3: Scheibenbremse – Bremsscheibe, -sattel, -belag	9
Abbildung 4: CAD-Modell Scheibenbremse	9
Abbildung 5: Simplex- Trommelbremse	10
Abbildung 6: 4-Zylinder Scheibenbremse	11
Abbildung 7: Aufbau/ Funktion Faustsattelbremse.....	12
Abbildung 8: Aufbau/ Funktion Festsattelbremse.....	12
Abbildung 9: Festsattel.....	13
Abbildung 10: 2-Zylinder Festsattel mit Belägen.....	14
Abbildung 11: Faustsattel (außen umgreifend)	15
Abbildung 12: Vergleich Faustsattel außen umgreifend/ innen umgreifend.....	16
Abbildung 13: Bremsscheibe (Vollscheibe).....	18
Abbildung 14: Innen belüftete Bremsscheibe.....	19
Abbildung 15: Bremsscheibe mit Schlitzen	19
Abbildung 16: Bremsscheibe mit Scheibentopf.....	20
Abbildung 17: Bremsbelag mit Verschleißsensor.....	21
Abbildung 18: Bremsbelag (Rückseite).....	21
Abbildung 19: Dichtung am Bremszylinder bei unbetätigter Bremse	23
Abbildung 20: Dichtung am Bremszylinder bei betätigter Bremse	23
Abbildung 21: Selbstverstärkung bei Trommelbremsen.....	24
Abbildung 22: Simplex-Trommelbremse	25
Abbildung 23: Duplex-Trommelbremse.....	26
Abbildung 24: Duo-Duplex-Trommelbremse	26
Abbildung 25: Servo-Trommelbremse.....	27
Abbildung 26: Bremsbacke Trommelbremse	28
Abbildung 27: Bremsbacken mit Zug	28
Abbildung 28: Doppelt wirkende Radzylinder.....	29
Abbildung 29: Automatische Nachstelleinrichtungen	30
Abbildung 30: Auflaufeinrichtung bei Anhängfahrzeugen mit hydraulischer Betätigung	33
Abbildung 31: 4-Zylinder Scheibenbremse	36
Abbildung 32: 4-Zylinder Scheibenbremse	36
Abbildung 34: Schlupfbestimmung.....	38
Abbildung 35: Kräfte am Reifen in Abhängigkeit vom Schlupf.....	39

Abbildung 36: Bremskraftverstärker	45
Abbildung 38: Tandem- Hauptzylinder	49
Abbildung 39: „Vorderachs- Hinterachs“- Aufteilung	52
Abbildung 40: „Diagonal“-Aufteilung.....	53
Abbildung 41: Warnlicht	55
Abbildung 42: Verkeiltes Rad	57
Abbildung 43: Wagenheber ansetzen	57
Abbildung 44: Muttern lösen.....	57
Abbildung 45: Schrauben herausnehmen	57
Abbildung 46: Rad abnehmen.....	58
Abbildung 47: Rad unter Wagen schieben.....	58
Abbildung 48: Bremssattel und Bremsscheibe.....	58
Abbildung 49: Zurückdrücken des Kolbens.....	58
Abbildung 50: Aufschrauben Führungsschraube 1	59
Abbildung 51: Aufschrauben Führungsschraube 2	59
Abbildung 52: Hochklappen des Bremssattel 1.....	59
Abbildung 53: Hochklappen des Bremssattel 2.....	59
Abbildung 54: Hochklappen des Bremssattel 3.....	60
Abbildung 55: Bremsbeläge herausziehen 1	60
Abbildung 56: Bremsbeläge herausziehen 2.....	60
Abbildung 57: Bremsbelag mit Verschleißanzeiger.....	60
Abbildung 58: Bremskolben zurückdrücken	61
Abbildung 59: Bremsbelaghalter reinigen	61
Abbildung 60: Gereinigter Bremsbelaghalter	62
Abbildung 61: Kupferpaste aufbringen	62
Abbildung 62: Beispiel eines Verschleißanzeigers.....	62
Abbildung 63: Verkeiltes Vorderrad.....	67
Abbildung 64: Wagenheber ansetzen	67
Abbildung 65: Muttern lösen.....	67
Abbildung 66: Schrauben herausnehmen	67
Abbildung 67: Rad abnehmen.....	68
Abbildung 68: Rad unter Wagen schieben.....	68
Abbildung 69: Bremssattel und Bremsscheibe.....	68
Abbildung 70: Zurückdrücken des Kolbens.....	68
Abbildung 71: Aufschrauben Führungsschraube 1	69
Abbildung 72: Aufschrauben Führungsschraube 2	69
Abbildung 73: Hochklappen des Bremssattel 1.....	69

Abbildung 74: Hochklappen des Bremssattel 2.....	69
Abbildung 75: Hochklappen des Bremssattel 3.....	70
Abbildung 76: Bremsbeläge herausziehen 1.....	70
Abbildung 77: Bremsbeläge herausziehen 2.....	70
Abbildung 78: Bremskolben zurückdrücken.....	71
Abbildung 79: Belaghalter abschrauben.....	72
Abbildung 80: Belaghalter entfernen.....	72
Abbildung 81: Sicherungsschraube lösen.....	73
Abbildung 82: Bremsscheibe abnehmen.....	73
Abbildung 83: Radlagergehäuse.....	74
Abbildung 84: Radlagergehäuse säubern.....	74
Abbildung 85: Blankes Radlagergehäuse.....	74
Abbildung 86: Neue Bremsscheibe.....	74
Abbildung 87: Bremsbelaghalter reinigen.....	75
Abbildung 88: Gereinigter Bremsbelaghalter.....	75
Abbildung 89: Kupferpaste aufbringen.....	76
Abbildung 90: Verkeilttes Vorderrad.....	80
Abbildung 91: Wagenheber ansetzen.....	80
Abbildung 92: Muttern lösen.....	80
Abbildung 93: Schrauben herausnehmen.....	80
Abbildung 94: Rad abnehmen.....	81
Abbildung 95: Rad unter Wagen schieben.....	81
Abbildung 96: Trommelbremse.....	81
Abbildung 97: Radkappe lösen.....	81
Abbildung 98: Radnabenmutter.....	82
Abbildung 99: Radnabenmutter abmontieren.....	82
Abbildung 100: Bremstrommel abziehen.....	82
Abbildung 101: Absatz bei Trommelbremse.....	82
Abbildung 102: Trommelbremse mit abzogener Trommel.....	83
Abbildung 103: Lösen der unteren Feder.....	83
Abbildung 104: Lösen der oberen Feder.....	83
Abbildung 105: Spannfeder der Selbstnachstellung.....	84
Abbildung 106: Lösen der Selbstnachstellung.....	84
Abbildung 107: Entnahme der Selbstverstellung.....	84
Abbildung 108: Lagerung der Bremsbacken.....	85
Abbildung 109: Lösen der Lagerung.....	85
Abbildung 110: Herausnehmen der Bremsbeläge.....	85

Abbildung 111: Handbremszug entfernen.....	85
Abbildung 112: Kupferpaste aufbringen.....	86
Abbildung 113: Punkte die mit Kupferpaste bestrichen werden.....	86
Abbildung 114: Abschleifen der Beläge.....	87
Abbildung 115: Durchsichtiger Schlauch.....	91
Abbildung 116: Entlüftungsschraube 1.....	92
Abbildung 117: Entlüftungsschraube 2.....	92
Abbildung 118: Schutzhäubchen abnehmen.....	92
Abbildung 119: Schlauch aufsetzen.....	92
Abbildung 120: Luftblasen.....	93
Abbildung 121: Luftblasenfrei.....	93
Abbildung 122: Füllstandsanzeiger.....	93
Abbildung 123: Min- und Max- Marke.....	94
Abbildung 124: Bremsflüssigkeitsbehälter.....	96
Abbildung 125: Säubern.....	96
Abbildung 126: Deckel lösen.....	96
Abbildung 127: Min- und Max- Marke.....	97
Abbildung 128: Bremsflüssigkeit nachfüllen.....	97
Abbildung 129: Bremsflüssigkeitsbehälter.....	98
Abbildung 130: Belagstärke seitlich.....	99
Abbildung 131: Belagstärke Öffnung.....	99
Abbildung 132: Riefen auf Bremsscheibe.....	102
Abbildung 133: Verschiebelemente einer Scheibenbremse.....	102
Abbildung 134: Abplatzen der Rostschicht.....	103