

Die hydraulische Motorradbremse und Ihre Funktion

(Quelle: Schulungsunterlagen von Ferodo und Lucas / Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik / Leyhausen, Kfz-Meisterprüfung, Bd. 2)

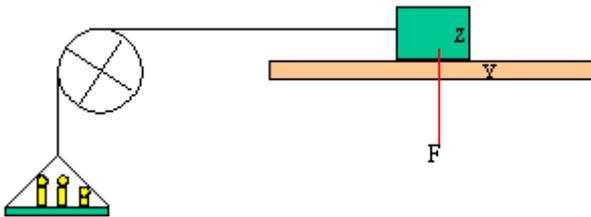
Inhalt:

1. Physikalische Grundbegriffe
2. Der Bremssattel
3. Die Bremsflüssigkeit
4. Die Bremsscheibe
5. Der Bremsklotz

1. Physikalische Grundbegriffe

Beim Bremsvorgang wird die **Bewegungsenergie** des sich bewegenden Fahrzeugs durch **Reibung** in **Wärme** umgewandelt und die Bewegung des Fahrzeug so verlangsamt. Dabei tritt Reibung sowohl zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe als auch zwischen Rad und Fahrbahn auf – die Bremswirkung leitet sich also nicht nur von der Qualität des Bremsbelages, der Bremsscheibe und –Zange, sondern auch von der Bodenhaftung der Reifen auf dem Fahrbahnbelag ab. Die Reibung zwischen zwei Körpern wird physikalisch durch den **Reibungskoeffizienten** ausgedrückt.

Die Bremszeit reicht häufig nicht aus, um die Wärmeenergie an die Umgebung abzugeben. Sowohl ein ausreichend großes **Werkstoffvolumen** als auch eine ausreichende **Belüftung** der Bremse sind also notwendig, um die Wärmeenergie abzubauen.



Bewegungsenergie und Reibung:

Die Masse „Z“ erfährt eine Beschleunigung. Ihre Bewegungsenergie errechnet sich aus folgender Formel:

Bewegungsenergie „E“ = $\frac{1}{2} \times \text{Fzg.-Masse „mF“} \times \text{Fahrgeschwindigkeit „V“ zum Quadrat.}$

Eine doppelte Masse bei gleichbleibender Geschwindigkeit hätte also die doppelte Bewegungsenergie, doppelte Geschwindigkeit bei gleicher Masse ergibt hingegen die vierfache Bewegungsenergie!

Der Bewegungsenergie wirkt in unserem Beispiel die Reibung der Materialoberflächen von Masse „Z“ und Untergrund „Y“ entgegen.

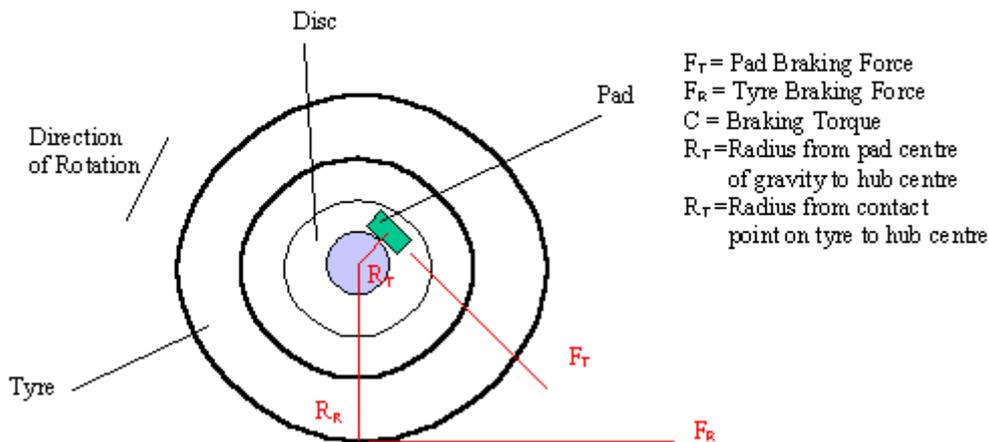
Grundgrößen des Bremsvorgang bei einer Scheibenbremse:

Das von der Bremse erzeugte **Bremsmoment** hängt ab von

- der **Kontaktfläche** des Bremsbelages
- dem **Reibungskoeffizienten** zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag (je höher der Reibungskoeffizient, desto größer die Bremswirkung, aber auch desto höher der Verschleiß an Belag und Scheibe)
- Dem **Druck** des hydraulischen Kolbens, der auf den Belag wirkt

- Der **Entfernung** des Mittelpunktes des Bremsbelags vom Achsmittelpunkt

PRINCIPLE OF DISC BRAKES



$$F_T = 2 p \cdot S \cdot \mu$$

$$C = R_R \cdot F_R$$

$$C = R_T \cdot F_T$$

Die **Bremskraft** „ F_T “ errechnet sich aus dem doppelten spezifischen Druck auf den Bremsbelag „ p “ multipliziert mit der Kontaktfläche des Belags „ S “ multipliziert mit dem Reibungskoeffizienten „ μ “.

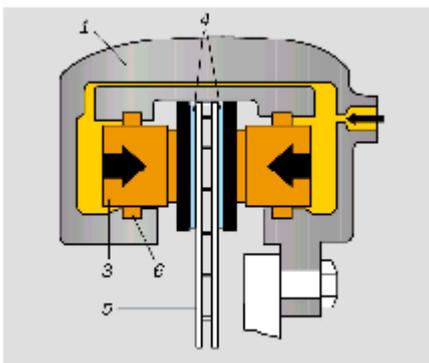
Das **Bremsmoment** „ C “ ergibt sich aus dem Radius „ R_R “ multipliziert mit der Rad-Bremskraft „ F_R “ oder aus dem Radius „ R_T “ multipliziert mit der Belag-Bremskraft „ F_T “.

Vorteile der Scheibenbremse gegenüber der Trommelbremse

- Hohe Wärmebelastbarkeit
- Hoher Anpressdruck auf dem Belag
- Geringes Fading (Fading=Verlust von Bremswirkung bei Erhitzen der Bremse)
- Selbst nachstellend

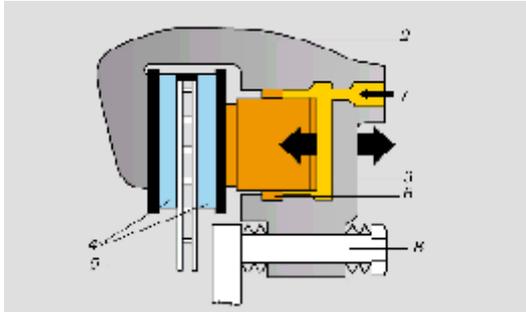
2. Der Bremssattel

Festsattelbremse



Der Festsattel (1) ist mit der Radachse (über einen Arm an der Schwinge, das Gabeltauchrohr etc.) fest verbunden, die Bremsscheibe (5) hingegen „schwimmend“ aufgehängt. Zwei oder mehr gegenüberliegend angeordnete Bremskolben (3) wirken auf die Bremsklötze (4). Gummidichtringe (6) dichten das gemeinsame hydraulische System und sorgen gleichzeitig für die Rückstellung des Belages nach Abschluß des Bremsvorgangs.

Schwimmsattelbremse



Der Schwimmsattel (2) ist über zwei Achsbolzen (8) beweglich mit der Radachse (über das Gabelstandrohr, oder einen Arm an der Schwinge) verbunden. Häufig bewegt ein einzelner Bremskolben (3) den einen Bremsklotz (4) gegen die starre Bremsscheibe (5) und verschiebt dabei den Bremssattel so, daß auch der gegenüberliegende Bremsklotz (4) gegen die Scheibe gepreßt wird. Jedoch werden auch Schwimmsattelbremsen mit zwei gegenüberliegenden Kolben hergestellt (meist am Hinterrad eingesetzt).

Die Schwimmsattelbremse kam in den 70er und 80er Jahren häufig als Vorderradbremse am Motorrad zum Einsatz, ist dort inzwischen jedoch weitgehend von leistungsfähigeren, aber auch etwas verschleißfreudigeren Festsattelsystemen verdrängt worden und findet sich an modernen Motorrädern in der Regel nur noch am Hinterrad.

3. Die Bremsflüssigkeit

Eigenschaften

- Bremsflüssigkeit wird hauptsächlich auf synthetischem Wege gewonnen (Grundstoffe Glycol oder Silikonflüssigkeit), ist giftig (100 ccm können tödlich sein!), greift die Haut an, löst Lacke, darf nicht auf die Fahrzeuglackierung gelangen
- Muß hohen Druck bei hohen Temperaturen transportieren und gleichzeitig die Funktion eines Schmierstoffes übernehmen
- Darf nicht chemisch mit anderen Materialien des Hydrauliksystems reagieren oder Korrosion begünstigen
- Darf die Gummidichtungen des Hydrauliksystems nicht angreifen
- Darf bei Temperaturschwankungen oder durch Alterung nicht seine Eigenschaften ändern
- Muß einen hohen Siedepunkt aufweisen (über 250 Grad Celsius)
- Soll möglichst gering hygroskopisch (wasseranziehend) und wasserabsorbierend wirken
- Befindet sich Wasser im System, sinkt der Siedepunkt: Wasser verdampft bei Temperaturen über 100 Grad Celsius. Es entstehen Dampfbläschen in der Bremsflüssigkeit, die jedoch den Druck nicht optimal transportieren - folglich kann bei zu hohem Wassergehalt der Bremsdruckpunkt zusammenbrechen.

Klassifizierung

- Bremsflüssigkeit wird klassifiziert nach dem „Trockensiedepunkt“ und dem „Naßsiedepunkt“ (letzterer bezeichnet einen Wassergehalt der Flüssigkeit von 3.5 %. Bremsflüssigkeit erreicht diesen Wert in der Regel nach 2 Betriebsjahren)
- Das „Amerikan Department of Transportation (DOT)“ unterscheidet folgende Qualitätsklassen für KFZ :
 - DOT 3: Trockensiedepunkt 260 Grad C, Naßsiedepunkt 140 Grad C
 - DOT 4: Trockensiedepunkt 260 Grad C, Naßsiedepunkt 160 Grad C
 - DOT 5.1: Trockensiedepunkt 260 Grad C, Naßsiedepunkt 180 Grad C
 - Racing Formula: Trockensiedepunkt 310 Grad C, Naßsiedepunkt 220 Grad C(Die Zahlenwerte werden von unterschiedlichen Herstellern und in den verschiedenen Lehrbüchern etwas abweichend angegeben).

Nach Castrol sind diese Klassen untereinander mischbar (d.h. z. B. vor einem Wechsel von DOT 4 auf DOT 5.1 oder Racing Formula muß nicht das System gespült werden).

- Bremsflüssigkeit der Klasse DOT 5 (nicht 5.1!) ist auf Silikonbasis hergestellt und darf keinesfalls mit den oben genannten Flüssigkeiten gemischt werden (Flockenbildung). Eine Umstellung auf DOT 5 ist nur möglich, wenn zuvor das gesamte Hydrauliksystem gereinigt wurde, und mit dem Hersteller geklärt wurde, ob die Bestandteile des Systems die Silikonflüssigkeit vertragen. Harley Davidson Motorräder werden ab Werk mit DOT 5 Bremsflüssigkeit ausgerüstet.
- Da Bremsflüssigkeit auf Glycolbasis hygroskopisch ist, muß sie regelmäßig gewechselt werden. DOT 4 wechselt man alle 2 Jahre, geringerewertige Flüssigkeit jährlich, höherwertige Racing-Flüssigkeit alle 3 Jahre. Silikonflüssigkeit DOT 5 ist nicht hygroskopisch, sie greift auch nicht den Lack an. Auch Silikonbremsflüssigkeit sollte jedoch nach einiger Zeit gewechselt werden, da sie ebenfalls Schmutz aufnimmt und altert. Harley Davidson schreibt eine „Kontrolle“ nach 16 tkm vor, gibt jedoch kein eindeutiges Wechselintervall an.

4. Die Bremsscheibe

Materialien

Carbon-Bremsscheiben:

- Aus Kohlefaser hergestellt
- Spezialtechnologie, im GP-Rennsport eingesetzt
- sehr kostspielig

Gußeisen-Bremsscheiben:

- Eisenlegierung mit einem Kohlenstoffgehalt größer als 2 %
- Gute wärmeableitende Eigenschaften
- spröde
- Grauguß-Bremsscheiben werden im KFZ-Bereich besonders häufig eingesetzt

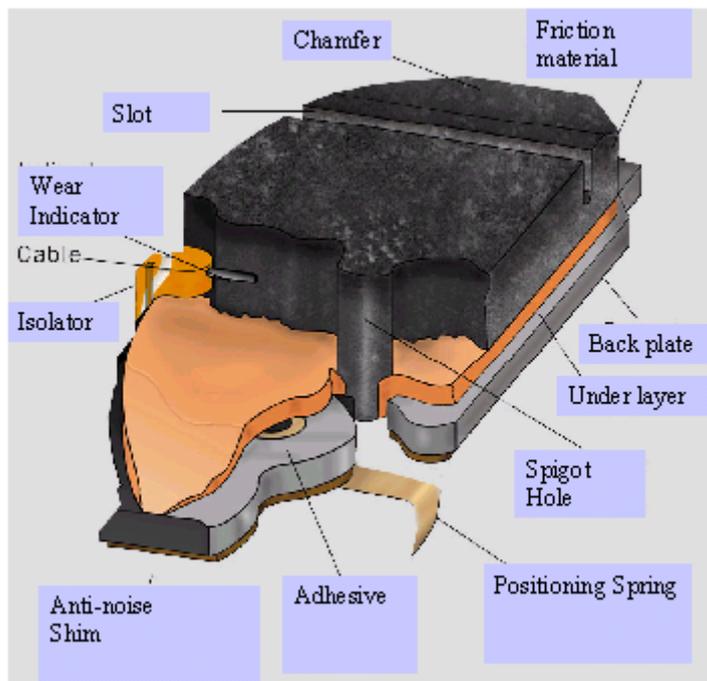
Bremsscheiben aus getempertem, rostfreiem Stahl:

- Aus oberflächengehärtetem Stahl hergestellt
- Material leichter, rostbeständiger und hochwertiger als Gußeisen
- Geringerer Reibungskoeffizient als Gußeisen, harmonisiert jedoch hervorragend mit Sinter-Bremsklötzen

Charakteristika, Eigenschaften

- Die Bremsscheibe ist das mit der drehenden Radnabe verbundene Teil einer Hydraulik-Zangenbremse
- Man unterscheidet:
 - Fest montierte Bremsscheibe: Bremsscheibe und Bremsscheibenträger sind einteilig oder fest miteinander verbunden (wirkt zusammen mit Schwimmsattelbremszange).
 - Schwimmend aufgehängte Bremsscheibe: Bremsscheibe über „Floater“-Ringe mit dem Bremsscheibenträger beweglich verbunden; unterliegt daher einer geringeren Verwindung, Bremse reagiert sehr direkt. Scheibe fällt dünner und leichter aus als eine fest montierte (wirkt zusammen mit Feststättelbremszange).
- Eine Bremsscheibe muß:
 - Temperaturunterschiede auf der Oberfläche verzugfrei „verdauen“
 - Hitze sinnvoll abbauen
 - In allen Temperaturbereichen eine optimale Bremswirkung garantieren
 - geräusch-, rübel- und verschleißarm arbeiten

5. Der Bremsklotz



Slot: **Schlitz**, erleichtert Wärmeausdehnung und Ausgasen, leitet den Bremsstaub ab
Chamfer: **Phase** am Rand des Belages, wichtig für geräusch- und rübelarmes Bremsen während der Einfahrzeit

Friction

Material: Eigentlicher **Reibbelag**, organisch, angesintert oder Sintermaterial

Back Plate: **Trägerplatte** aus Stahlblech, stabilisiert den Belag und führt ihn im Bremssattel

Underlayer: **Unterlage**

Spigot: stabilisierender **Zapfen**

Positioning

Spring: **Montagefeder**

Adhesive: **Spezialkleber-Schicht**

Anti-Noise

Shim: **Unterlagblech**, wirkt Bremsenquitschen und -Rubbeln entgegen

Wear indic.,

Isolator,

Cable: Teile einer elektrischen **Bremsbelagverschleiß-Kontrollanzeige**;
verbreiteter ist beim Motorrad jedoch eine einfache Kontrollmarkierung
für die Verschleißgrenze (meist bei ca. 2 mm Belagstärke)

Anforderungen an einen hochwirksamen Reibbelag

- Konstantes Reibwertverhalten bei unterschiedlicher thermischer Belastung und bei Nässe, geringes Fading (Nachlassen der Bremswirkung bei hoher Erwärmung), gutes Anbremsverhalten bei Nässe
- Geringe Wärmeleitfähigkeit
- Hohe Druckstabilität
- Guter Reibwert bei gleichzeitig akzeptablem Verschleiß an Belag und Scheibe
- Gute Bindung auf dem Trägermaterial, hohe Festigkeit (Vermeidung von Ausbrüchen)
- Gutes Komfortverhalten (geräuscharmes, rubbelfreies Bremsen)
- Hochwertige Bremsbeläge haben für die Verwendung am Hinterrad einen etwas niedrigeren Reibwert als solche fürs Vorderrad, um gute Dosierbarkeit zu gewähren

Der organische Reibbelag

- Besteht aus einem speziellen Materialmix mit hohem Anteil organischer Stoffe (Abrasive, Füllstoffe, Bindemittel, Schmiermittel, Verstärkungsfasern etc.)
- „Angesinterte“ Beläge enthalten zur Verbesserung des Reibwerts anteilig Sintermetall
- Ein organischer Bremsbelag ist bis ca. 800 Grad C wärmebeständig
- Organische Beläge haben eine große Marktabdeckung, Bremsbelagverschleiß und Wärmeentwicklung sind gering, sie sind auch für ungeübte Fahrer gut dosierbar
- Nachteilig ist vor allem die lange Einbremszeit, während der die Bremsleistung gemindert ist, und die Neigung zum Verglasen bei Überbeanspruchung

Der Sinterbremsbelag

- Besteht zu 100 % aus Sintermetallen
- Reibwert höher als bei organischen Belägen
- Besonders geringe Fadingneigung bei Hitze
- Bessere Bremswirkung, auch bei Nässe
- Fast keine Einbremszeit
- mit geringerer Handkraft zu betätigen
- exakterer Druckpunkt
- Sinterbeläge sind jedoch nicht für jede Bremsscheibe (Gußscheiben) und jede Bremszange geeignet (Kolben sollte eine Keramikbeschichtung aufweisen)
- Die Temperaturentwicklung ist höher, auch an der Scheibe
- Die Bremsflüssigkeit sollte intensiver gewartet werden
- Die Korrosionsanfälligkeit von Scheibe und Belag ist höher

Was beim Belagwechsel grundsätzlich zu beachten ist

- Wählen Sie stets einen **ABE**-zugelassenen Belag, passend zum Fahrzeug aus. Überprüfen Sie vor der Montage genau, ob der Belag paßt.
- **Racingbeläge** sind nicht straßenzugelassen und gehören nur auf die Rennpiste.
- **Sinterbeläge** kommen immer häufiger bei modernen Motorradserienbremsanlagen zum Einsatz. Sehr viele moderne Serienbremsscheiben können bedenkenlos mit Sinterbelägen betrieben werden, spezielle Gußscheiben hingegen verschleifen stark,

wenn sie mit einem Sinterbelag kombiniert werden. Im Zweifel stets den Hersteller befragen!

- Um das **Bremsenquietschen** zu vermeiden, wird der neue Belag an der Trägerplatte vor der Montage zart mit **Kupferpaste** oder **Antiquitschpaste** bestrichen.
- Eine Scheibenbremse wird nur dann zufriedenstellend arbeiten, wenn:
 1. die **Bremsflüssigkeit nicht überaltert** ist,
 2. das **Hydrauliksystem sorgfältig entlüftet** ist,
 3. **Handpumpe und Leitungen einen guten Druckpunkt aufbauen**,
 4. die **Beläge nicht durch Überhitzung verglast** sind,
 5. die **Bremsscheibe nicht übermäßig verrieft und verschlissen** ist.**Stahlflexleitungen** verbessern den Druckpunkt, kompensieren jedoch keine verschlissene Handpumpe mit abgenutztem Kolben. Zudem müssen die **Bremsskolben im Bremssattel freigängig** sein. Wird ein neuer Belag montiert, ist die Gefahr gegeben, den/die Kolben beim Zurückdrücken zu verkanten. In der Folge klemmt die Bremse und wird heiß - der Kolben muß umgehend gangbar gemacht werden.

Fehlersuche bei Problemfällen

Schlechte Bremsleistung:

- Beläge verglast, wurden während der Einbremszeit überhitzt
- Bremsscheibe und / oder Belag verunreinigt, ev. Hydrauliksystem undicht
- falscher Belag
- Bremsscheibe stark verrieft

Beläge quietschen:

- Rückseite nicht mit Kupferpaste bestrichen
- Beilagblech falsch montiert
- falscher Belag
- Kolben klemmt
- Klötze fest

Belag löst sich von der Trägerplatte:

- Produktionsfehler
- Überhitzung
- Bei Schrägverschleiß infolge klemmendem Kolben / falsch montierter Zange / verschlissener Führungsbuchsen bei Schwimmsattelbremse

Belag verschleißt schnell

- tritt häufig bei Fahrzeugen mit unterdimensionierter Bremse auf (Roller, Enduro)
- Belag paßt nicht zur Scheibe
- Kolben klemmt
- bei Schwimmsattelbremse Sattel fest

Beläge stark verrieft

- verrieft Scheibe

Beläge mit Ausbrüchen

- Bolzenführung einer Schwimmsattelbremse ausgeschlagen
- Überhitzung

Schrägverschleiß

- Kolben klemmt
- Belag nicht freigängig montiert
- Dichtring im Sattel aufgequollen
- Aufhängung des Sattels verzogen

- Zange falsch montiert
- verschlissene Führungsbuchsen bei Schwimmsattelbremse

Arbeiten an der Bremsanlage sind entscheidend für die Fahrsicherheit und erfordern entsprechende Fachkenntnisse. Wer über diese nicht verfügt, sollte stets eine Fachwerkstatt aufsuchen!!