

Zusatzinformationen zur Reibung: Erwünschte und unerwünschte Reibung

(Text zum Foto der Scheibenbremse (Porsche))

Innenbelüftete Scheibenbremse

Auf dem Foto ist ein komplettes Federbein eines Sportwagens mit einer leistungsfähigen Scheibenbremskonstruktion („**innenbelüftete Scheibenbremse**“) dargestellt.

Die sonst massive dicke Stahlscheibe besteht bei dieser innenbelüfteten Scheibenbremse aus zwei dünnen Einzelscheiben, die über Stege miteinander verbunden sind. In der Regel verlaufen diese Stege im Innern der doppelwandigen, hohlen Scheibe leicht gekrümmt, ähnlich einem „Radialgebläse“ eines handelsüblichen Staubsaugers.

Bei diesem wird mit einer solchen doppelwandigen Hohl Scheibe die erforderliche Gebläsewirkung erzielt, um Luft von „vorne“ nach „hinten“ zu saugen. Um eine optimale Gebläsewirkung zu erreichen, sind die Stege im Innern der beiden Scheibenteile daher je nach Drehrichtung des Staubsaugermotors leicht gekrümmt. Das Grundprinzip funktioniert allerdings auch mit geraden Stegen.

In jedem Fall wird die Luft im Innern zwischen den Stegen bei schneller Rotation der gesamten Scheibeneinheit nach außen befördert, da sie der Fliehkraft unterliegt. Durch ein Loch im Zentrum dieses so genannten „Radialgebläses“ strömt Luft ins Scheibeninnere nach, die dann auf demselben Wege nach außen geschleudert wird. Je nach Drehzahl der Scheibe entsteht ein mehr oder weniger kräftiger Luftstrom vom Loch im Zentrum radial nach außen.

Tipp: Es empfiehlt sich, von einem alten Staubsauger ein solches Gebläse auszubauen und zu Demonstrationszwecken in die Physiksammlung aufzunehmen.

Indem die Wandstärken der dargestellten Scheibenbremse entsprechend groß gewählt wurden, stellt sie eine Vereinigung eines oben beschriebenen Radialgebläses mit einer Brems Scheibe dar. Im Innern der Scheibe wird durch die Drehung ein kühlender Luftstrom erzeugt, so dass die Bremsleistung dieser „**innenbelüfteten Brems Scheibe**“ höher sein kann als bei einer massiven Brems Scheibe. Ihre „Standfestigkeit“ bei thermischer Belastung ist durch die Eigenkühlung deutlich besser.

Bei nasser Brems Scheibe ermöglichen die kleinen Löcher in den Brems Scheiben ein schnelleres Ansprechen der Bremse. Eventuell vorhandenes Wasser wird schnell in die Löcher geschoben und verdampft anschließend durch die Erwärmung der Scheibe. Besonders günstig ist dies bei vielen Motorrädern, die eine gleichartige Scheibenkonstruktion haben, weil das Problem der Nässe auf den recht frei liegenden Brems Scheiben noch eher auftritt.

Ein weiterer Vorteil ist das geringere Gewicht im Vergleich zu einer massiven Brems Scheibe.

(Text zum Foto eines Wälzlagers (ARAL))

Wälzlager

Auf dem Transparent sind als Beispiel zur Vermeidung unerwünschter Reibung Gleitlager vorgestellt. Zur Vervollständigung zeigt das obige Foto ein Wälzlager. Dabei handelt es sich um ein fettgeschmiertes Rollenlager, dessen Flanken offen ausgeführt sind. Dies erlaubt nicht nur eine Beobachtung der Rollen, sondern ermöglicht die Nachfettung des Lagers. Radlager sind typische Vertreter dieser offenen Ausführung.

Oft sind Wälzlager allerdings geschlossen ausgeführt. Eine Nachfettung ist nicht vorgesehen. Der Hersteller füllt den verbleibenden Raum im Innern zwischen den Kugeln oder Rollen mit einem Fettvorrat, der für die erwartete Lebensdauer des Lagers ausreichen soll. Tritt bei einem solchen Lager Verschleiß auf, ist es komplett zu ersetzen.

(Text zum Foto „Aufbau von Gleitlagern“)

Aufbau von Gleitlagern

Einschichtlager sind Massivlager aus einem einzigen Material (üblicherweise aus Kupfer-Zinn-Legierungen). Ihr typischer Einsatz ist die Verwendung als Pleuelbuchsen, obwohl auch hier immer mehr, wie für die Kurbelwellenlager, Mehrschichtlager eingesetzt werden.

Mehrschichtlager (Zwei-, Drei- und Vierschichtlager) bestehen aus mehreren Schichten.

Bei dem abgebildeten Dreischichtlager erkennt man den von außen nach innen aufeinander folgenden Aufbau aus Stützschaale, Tragschicht und Laufschaicht.

Dabei ist die **Stützschaale** aus Stahl in einer Stärke von üblicherweise 1 µm bis 3 µm. Sie sorgt für die Festigkeit der Lagerschaalen.

Die **Tragschaicht** ist aus Bleibronze (einer Legierung aus 75 % Kupfer, 23,5 % Blei und 1,5 % Zinn) in einer Stärke von 0,2 µm bis 0,5 µm. Sie sorgt für Notlaufeschaichten bei mangelnder Schmierung sowie bei Abnutzung der Laufschaicht.

Die Laufschaicht ist von der Tragschaicht noch durch eine nicht eingezeichnete und bei der Aufzählung der Schichten nicht mitgerechnete sehr dünne **Trennschaicht** getrennt, welche aus einem Nickeldamm besteht und nur 1-1,5 µm stark ist. Diese verhindert, dass der Zinnanteil aus der darunter liegenden eigentlichen Laufschaicht in die Bleibronze der Tragschaicht abwandert.

Die **Laufschaicht** schließlich wird aus dem so genannten „Weißmetall“ hergestellt, einer Legierung aus 87 % Blei, 10 % Zinn und 3 % Kupfer; ihre Stärke ist 12-22 µm. Auf dieser läuft dann die auf Grund der Ölschmierung „nasse Gleitreibung“ zwischen der drehenden gelagerten Welle und dem festen Lager ab.

(Text zum Foto FORD „Bild 67“ (Mondeo))

Gleitlager im Motorenbau

Dargestellt sind zwei typische Anwendungsfälle für Gleitlager im Motorenbau: Ein ausgebautes Pleuel und ein Kolben, dessen Kolbenbolzen zur besseren Erkennbarkeit halb herausgedrückt ist.

Das obere kleinere Lager des Pleuels muss man sich im Betriebszustand im Innenraum des Kolbens vorstellen, wobei der Kolbenbolzen durch das „Auge“ des Pleuels führt. An dieser Stelle wird oft ein Einschicht- oder Massivlager als „Pleuelbuchse“ verwendet (siehe auch *Text weiter oben*).

Über das untere größere Lager des Pleuels stellt man die Verbindung mit der Pleuelbuchse her (vgl. Abbildung einer Pleuelbuchse auf Folie). Hier kommt, wie bei den Lagern der Pleuelbuchse, ein Mehrschichtlager zum Einsatz.