

Hydraulische Bremsanlage

Bitte beachten Sie Ihr Fachkundebuch!

Zur Hydraulik: in der Bremsanlage werden Kräfte durch Flüssigkeit übertragen.

Bremsflüssigkeit

In der Regel handelt es sich um alkoholische Flüssigkeiten und nicht um Hydrauliköle, aber es gibt Ausnahmen. Bremsflüssigkeiten sind meist Alkohole und deren Ether. Bremsflüssigkeiten sind genormt (beispielsweise DOT-Norm). Bremsflüssigkeiten unterschiedlicher Normen dürfen nicht vermischt werden. Auch hier ein Beispiel: DOT 5 ist auf Silikonbasis aber DOT 5.1 auf Glykolbasis.

Grundsätzlich kommt in eine Bremsanlage nur die vom Hersteller vorgeschriebene Flüssigkeit. Andere Bremsflüssigkeiten könnten Dichtungen zerstören oder keinen ausreichenden Siedepunkt haben.

Anforderungen an Bremsflüssigkeiten:

- beständig gegenüber den auftretenden Temperaturen
- einen hohen Trockensiedepunkt (wenn sie also noch kein Wasser angezogen haben, den sie sind wasseranziehend und müssen deshalb gewechselt werden)
- einen hohen Nasssiedepunkt (trotzdem ist bei 3 % Wasseranteil spätestens ein Wechsel notwendig, siehe Herstellerangaben)
- eine niedrige Viskosität im gesamten Temperatureinsatzbereich
- Verträglichkeit gegenüber den verbauten Werkstoffen (z.B. Dichtungen)
- Schmierwirkung
- Korrosionsschutz
- Mischbar mit Bremsflüssigkeiten der gleichen Norm

Gut zu wissen:

Bremsflüssigkeiten sind giftig!

Sie greifen nicht nur Lacke an, sondern auch die Haut und erst recht die Augen! Die Behälter müssen stets verschlossen sein, sonst ziehen die Flüssigkeiten Wasser und werden dann unbrauchbar.

Gebrauchte Bremsflüssigkeit ist Sondermüll und darf nicht mit Altöl vermischt werden.

Hydraulik

Ein einfaches hydraulisches System besteht aus einem Geberzylinder und einem Nehmerzylinder, die durch eine Leitung verbunden sind.

Der Geberzylinder ist der Hauptbremszylinder oder beim Pkw der Tandemhauptbremszylinder, Nehmerzylinder sind die Radbremszylinder oder Bremssättel.

Welche Aufgaben hat der Hauptbremszylinder?

- Der Hauptbremszylinder ist der Geberzylinder, er sorgt dafür, dass bei der Betätigung des Bremspedales ein Druck im System aufgebaut wird.
- Er soll auch für ein schnelles Lösen der Bremse sorgen (→ Fachkundebuch)
- Erwärmt sich die Bremsflüssigkeit, so vergrößert sich das Volumen der Bremsflüssigkeit. Dieses „Mehr“ an Volumen wird im Ausgleichsbehälter aufgefangen. Nach dem Abkühlen fließt es zurück in die Anlage.
- Durch Abnutzung der Bremsbeläge, speziell bei Scheibenbremsen, verlängert sich der Kolbenweg. Es wird mehr Bremsflüssigkeit im System benötigt. Diese Bremsflüssigkeit läuft aus dem Ausgleichsbehälter nach. Deshalb sinkt der Füllstand im Ausgleichsbehälter, obwohl die Menge an Bremsflüssigkeit nicht abnimmt. In diesem Fall muss nicht unbedingt Bremsflüssigkeit nachgefüllt werden.

Radbremszylinder

Sie unterscheiden sich je nachdem, ob es sich um eine Trommelbremse, eine Teilscheiben- oder eine Vollscheibenbremse handelt.

Die unterschiedlichen Bauformen sind im Fachkundebuch beschrieben.

Informieren Sie sich.

Übersetzung

Im Tabellenbuch, Abschnitt „Fahrwerk“ finden Sie unter dem Titel: „Spannkraft hydraulischer Radbremszylinder“ eine Darstellung einer hydraulischen Bremsanlage mit Scheiben- und Trommelbremse.

Dort ist auch die Rede von einem Übersetzungsverhältnis i .

Innerhalb der Bremsanlage gibt es verschiedene Baugruppen, die die Funktion Übersetzen / Wandeln (siehe LF 1) ausführen.

Wiederholen Sie die die Hydraulische Übersetzung und vergleichen Sie die Betätigungskräfte und –wege an Scheiben- und Trommelbremsen.

Auflösung:

Bei gleichgroßem Geberzylinder verkürzt sich der Kolbenweg des Nehmerzylinders je größer sein Durchmesser gegenüber dem Geberzylinder wird. Das hat mit dem bei Betätigung des Geberzylinders verdrängten Volumen der Hydraulikflüssigkeit zu tun.

Gleichzeitig erhöht sich aber die Kraft an der Kolbenstange des Nehmerzylinders im Verhältnis zur größeren Fläche.

Was gleich bleibt ist die geleistete Arbeit.

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} * \text{Weg} \quad (W = F * s), \text{ Einheit: Nm}$$

Der Bremsenkennwert C^* gibt das Verhältnis der Umfangskraft an der Bremstrommel, bzw. an der Bremsscheibe zur Spannkraft des Radbremszylinders an.

Vergleichen Sie die Kennwerte einer Duplexbremse und einer Scheibenbremse für einen Reibwert $\mu = 0,5$.

Duplex-Bremse: $C^* =$

Scheibenbremse: $C^* =$

Weshalb wird bei Pkw's bevorzugt die Scheibenbremse eingesetzt und wie gleicht man deren geringere Bremskraft aus?

Zweikreisbremsanlage

Bei Kraftfahrzeugen schreibt der Gesetzgeber eine Betriebsbremsanlage vor, die über zwei getrennte Bremskreise verfügt.

Damit soll sichergestellt werden, dass bei Ausfall eines Kreises, z.B. durch einen Leitungsbruch, das Fahrzeug noch sicher gebremst werden kann.

Bei Pkw's werden dazu Tandemhauptbremszylinder verbaut. Diese besitzen zwei getrennte Hydraulikkreise. Die Druckräume sind hintereinander angeordnet. Zwei Kolben sitzen hintereinander.

Erklären Sie, was geschieht, wenn aus einem Bremskreis die Bremsflüssigkeit vollständig ausläuft, wie ist die Funktionsfähigkeit der übrigen Anlage gewährleistet?

Einzelradbremse

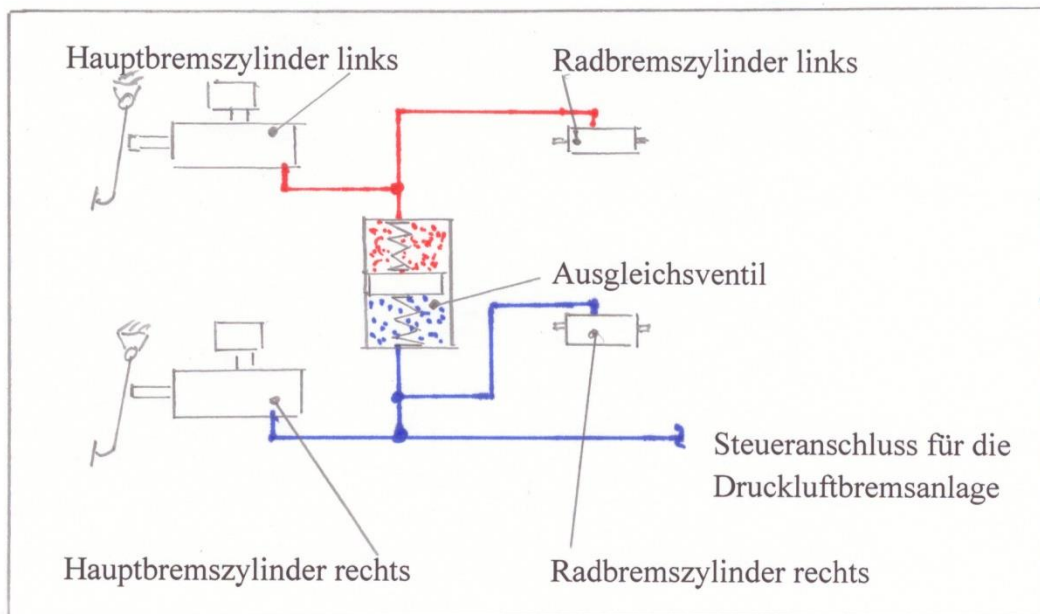
Ackerschlepper besitzen an den Hinterachsen Einzelradbremsen als Lenkhilfe auf dem Feld. Zur Straßenfahrt ist die Einzelradbremse zu sperren, so dass nur beide Bremspedale gleichzeitig betätigt werden können.

Eine Einzelradbremsung bei höherer Geschwindigkeit würde zum Ausbrechen des Schleppers führen. Ältere Schlepper sind häufig auch nur auf der Hinterachse gebremst.

Die Anlage besteht aus zwei einfachwirkenden Hauptbremszylindern, die auf das rechte bzw. das linke Hinterrad wirken. Dadurch hat der Schlepper auf dem Feld einen extrem engen Wenderadius.

Skizzieren Sie eine solche Anlage. Welche Funktion hat das Ausgleichsventil bei Straßenfahrt?

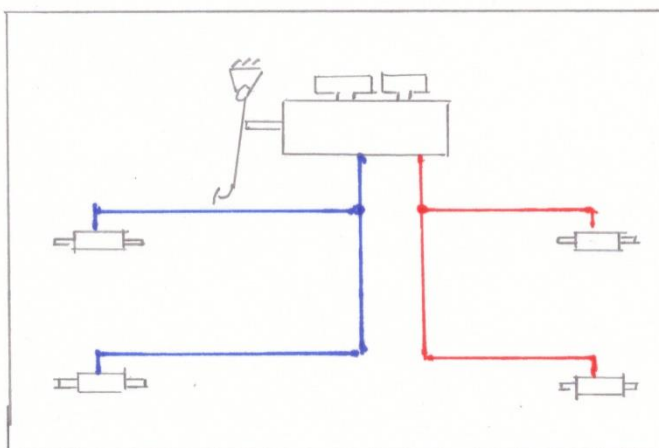
Die folgende Abbildung zeigt nun eine einfache, hydraulische Ackerschlepperbremsanlage mit Einzelradbremse.



Bei dem Ausgleichsventil handelt es sich um die einfachste Bauform. Werden bei Straßenfahrt beide Hauptbremszylinder gleichzeitig betätigt, die Pedale müssen ja verriegelt sein, dann verschiebt sich der Kolben, bis in beiden Bremskreisen der gleiche Druck anliegt. Der Schlepper zieht also auch bei ungleich abgenutzten Bremsbelägen nicht schief. Ist ein Bremskreis ausgefallen, so bleiben beide Kreise aber durch den Kolben getrennt und es kann sich im intakten Kreis trotzdem ein Bremsdruck aufbauen.

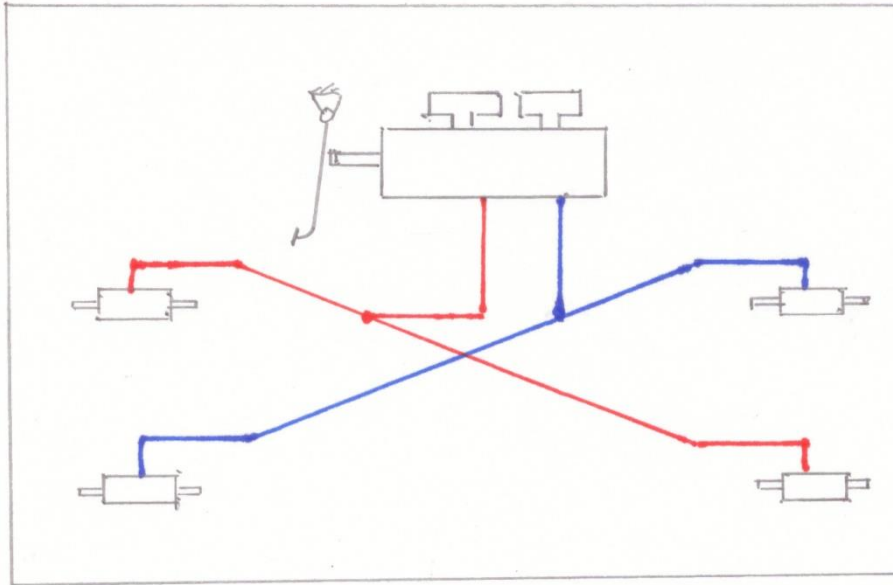
Zweikreisbremsanlage mit Tandemhauptbremszylinder

Die StVZO schreibt eine Aufteilung der Betriebsbremse für Kraftfahrzeuge vor. Die einfachste Variante ist die sogenannte schwarz-weiß-Aufteilung (II) in einen Vorderachs- und einen Hinterachskreis.



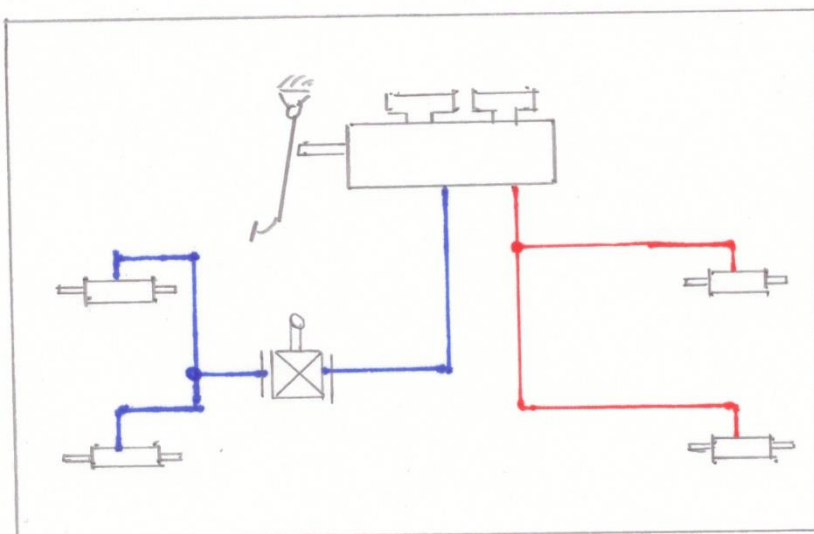
Der Nachteil dieser Bremskreisaufteilung bei Pkw's ist, dass durch die dynamische Gewichtsverlagerung beim Bremsen, das Fahrzeug "vorn einnickt", 70 % der Bremswirkung auf der Vorderachse liegen und nur 30 % auf der Hinterachse. Fällt der Vorderachskreis aus, verbleibt weniger als ein Drittel der Bremswirkung.

Die Diagonalaufteilung (X) hat diesen Nachteil nicht.



Ihr Nachteil ist eine ungleiche Bremswirkung der linken und der rechten Seite. Rein rechnerisch bei Ausfall eines Bremskreises 35 % auf dem gebremsten Vorderrad der einen Seite und 15 % der eigentlichen Bremsleistung auf dem Hinterrad der anderen Seite. Dass das Fahrzeug dennoch nicht ausbricht, kann nur ein negativer Lenkrollenhalbmesser gewährleisten.

Betrachten Sie nun diese Bremskreisaufteilung bei einem Nutzfahrzeug.



Es handelt sich um die hydraulische Bremsanlage eines Transportfahrzeuges.

Bei dem zusätzlichen Ventil im Hinterachskreis (blau) handelt es sich um ein ALB, einem automatischen, lastabhängigen Bremskraftregler.

Diese Konstruktion mit einer schwarz-weiß-Bremskreisaufteilung ist sinnvoll. Ist das Fahrzeug vollbeladen, so liegt diese Last hauptsächlich auf der Hinterachse, die stärker gebremst werden muss. Sie kann auch stärkere Bremskräfte übertragen, weil durch die Ladung ja eine höhere Achslast wirkt. Diese höhere Bremskraft würde aber bei einer Leerfahrt zu einem Überbremsen, dem Blockieren der Hinterräder und dadurch zum Ausbrechen des Fahrzeuges führen. Deshalb regelt das ALB die Bremskraft der Hinterachse abhängig vom Beladungszustand. Bei dem abgebildeten Ventil geschieht das über ein Gestänge.

Dieses ALB ist auch ein Proportionalventil, im Gegensatz zu den manuell einzustellenden Ventilen an älteren Anhängern, bei denen es nur die Stellungen "leer", "halbvoll" und "voll" gibt.

Werkstatthinweise

Im Fachkundebuch gibt es eine Seite "Werkstatthinweise".

Diese Seite sollten Sie sich durchlesen. Speziell den Abschnitt "Dichtheitsprüfung":

„Wird der Pedalweg langsam größer,“ bedeutet, das Pedal gibt nach anfänglichem Widerstand langsam nach. Dies deutet auf Undichtigkeiten in der Anlage hin.

Dass Trommelbremsen wegen Belagverschleiß auch mal nachgestellt werden müssen steht dort jedoch nicht. Bei Scheibenbremsen ist das nicht notwendig, die stellen sich selbst nach.

"Füllen und Entlüften der Bremsanlage"

Wichtig ist das die Bremsflüssigkeit blasenfrei ist. Gase sind kompressibel, es baut sich also erst nach mehrmaligem Pumpen, wenn die Luftblasen zusammengedrückt sind, ausreichender Bremsdruck auf.

Zum Wechseln der Bremsflüssigkeit und zum Entlüften gilt, dass man immer am weitestesten vom Hauptbremszylinder entfernten Radbremszylinder beginnt. **DAS KÖNNEN SIE BEI IHREM TRABBI SO MACHEN.**

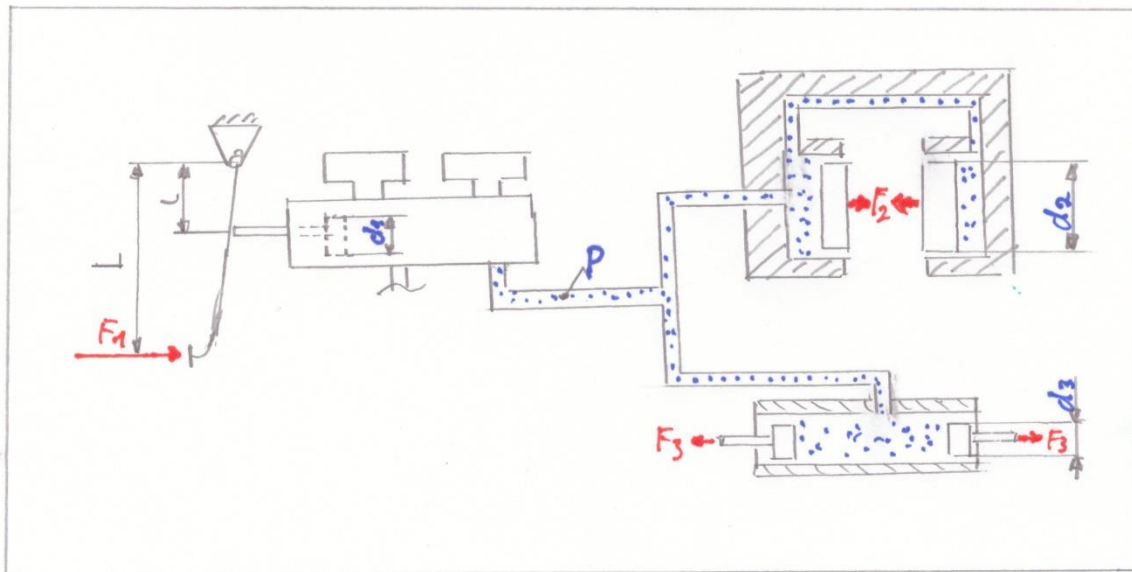
Auch moderne Schlepper besitzen ABS oder besser ASR (Anti-Schlupf-Regelung), hier gibt es elektronisch gesteuerte Ventile in den Bremskreisen.

Lesen Sie dazu unbedingt im Handbuch nach, wie diese Ventile zum Entlüften elektronisch in die entsprechenden Schaltstellungen gebracht werden müssen.

Vermutlich benötigen Sie dazu einen Rechner mit der entsprechenden Software.

Übungsaufgaben

Hier sehen Sie die Abbildung einer hydraulischen Bremsanlage.



Gegeben: $F_1 = 700 \text{ N}$, $L = 3 \cdot 1$
 $d_1 = 1,5 \text{ cm}$, $d_2 = 4,5 \text{ cm} = 3 \cdot d_1$, $d_3 = 1,5 \text{ cm} = d_1$

Es gibt hierzu ein separates Lösungsblatt mit einer Musterlösung.

- 1.) Um was für eine Bremsanlage handelt es sich?
Erläutern Sie um welche Art von Bremsanlage es sich handelt und in welcher Art von Fahrzeug sie wohl verbaut ist.
Begründen Sie Ihre Antworten.
- 2.) Zu dieser Bremsanlage sollen einige Berechnungen durchgeführt werden.
Gesucht: p , F_2 und F_3
Schreiben Sie auch den Rechenweg auf. Kurzlösung: $F_3 = 18900 \text{ N}$
- 3.) Wenn es sich bei der Trommelbremse um eine Simplex-Bremse handelt und sie und die Scheibenbremse jeweils einen Reibwert von $\mu = 0,35$ besitzen, wie groß sind dann die Umfangskräfte an der Bremstrommel, bzw. Bremsscheibe?
- 4.) Der wirksame Durchmesser einer Bremstrommel betrage 400 mm , die Umfangskraft sei 5500 N . Wie groß ist dann die Umfangskraft am Reifen, wenn es sich um einen Reifen des Typs $480/70 \text{ R } 24$ handelt?

Lösungen

Zu 1.) Es handelt sich um eine Zweikreisbremsanlage ohne ABS.

Auf einer Achse sind Scheibenbremsen, auf der anderen Trommelbremsen angebracht.

Vermutlich ist es also eine ältere Pkw-Bremsanlage, weil dort früher Trommelbremsen an der Hinterachse verbaut wurden. Sie dienten mit einer zweiten, mechanischen Betätigung zugleich als Feststellbremse.

Zu 2.) Zunächst muss die Kraft F_* auf die Kolbenstange des Hauptbremszylinders berechnet werden. Es gilt das Hebelgesetz:

$$3 * l * F_1 = l * F_* \quad 3 * F_1 = 3 * 700 \text{ N} = 2100 \text{ N} = F_*$$

$$p = F / A \quad A_1 = d_1^2 * \Pi / 4 = (1,5 \text{ cm})^2 * \Pi / 4 = 1,767 \text{ cm}^2$$

$$p = F_* / A_1 = 2100 \text{ N} / 1,767 \text{ cm}^2 = 1188,4 \text{ N} / \text{cm}^2 = 118,84 \text{ bar}$$

$$F_2 = p * A_2 = 1188,4 \text{ N} / \text{cm}^2 * (4,5 \text{ cm})^2 * \Pi / 4 = 18900 \text{ N}$$

$$F_3 = p * A_3 \quad \text{mit } A_1 = A_3 \text{ ist } F_3 = p * A_1 = F_1 = 2100 \text{ N}$$

Zu 3.) $F_u = C^* * F_S$

Abgelesen aus dem Tabellenbuch für $\mu = 0,35$:

$$C^*_{\text{Simples-Bremse}} = 2,2 \quad (\text{wenn Sie etwas andere Werte abgelesen}$$

$$C^*_{\text{Scheibenbremse}} = 0,5 \quad \text{haben ist das auch in Ordnung)}$$

$$F_{u\text{Trommelbremse}} = C^*_{\text{Simples-Bremse}} * F_3 = 2,2 * 2100 \text{ N} = 4620 \text{ N}$$

$$F_{u\text{Scheibenbremse}} = C^*_{\text{Scheibenbremse}} * F_2 = 0,5 * 18900 \text{ N} = 9450 \text{ N}$$

Zu 4.) Bremskraft an einem Rad: $F_B = F_U * r_T / r_R$

Abgelesen aus dem Tabellenbuch: Reifendurchmesser max. 1309 mm

mit $r_R = 1309 \text{ mm} / 2 = 0,6545 \text{ m}$ und gegeben $F_u = 5500 \text{ N}$

$$F_B = 5500 \text{ N} * 0,6545 \text{ m} = 3599,75 \text{ Nm}$$