

Aufgabe von Bremsanlagen

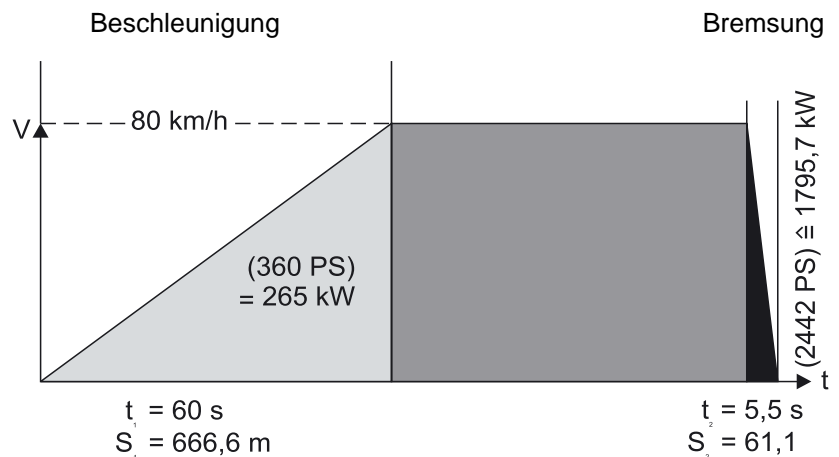
Jedes Fahrzeug muss heute mit Bremsanlagen ausgerüstet sein, für deren Wirksamkeit es entsprechende gesetzliche Anforderungen gibt.

Aufgabe dieser Bremsanlagen ist es:

1. die Geschwindigkeit zu verringern
2. das Fahrzeug anzuhalten
3. das Fahrzeug im Stillstand zu halten
4. die Geschwindigkeit im Gefälle konstant zu halten

Bremsleistung

Dabei liegt, wie das folgende Diagramm zeigt, die Bremsleistung eines modernen LKW ca. bei der zehnfachen Motorleistung.



Beim Abbremsen wird die Bewegungsenergie eines Fahrzeugs in der Radbremse durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt.

Die Wärmeentwicklung ist unvermeidbar und als kritisch anzusehen, wenn sie eine Größenordnung erreicht, durch die die Bremswirkung stark eingeschränkt oder sogar aufgehoben wird (Wärmefading).

Wieviel Wärme entsteht, hängt dabei im wesentlichen von zwei Faktoren ab:

1. der Fahrzeugmasse

Ein doppelt so schweres Fahrzeug erfordert doppelt soviel Bremsarbeit. Es wird die doppelte Wärmemenge frei.

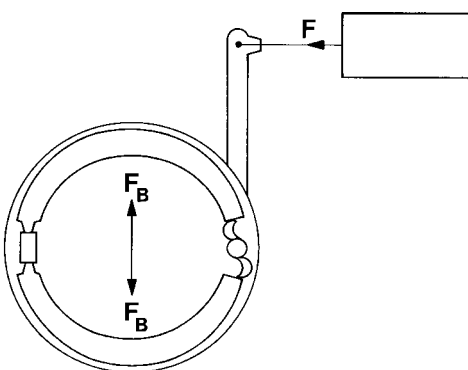
2. der Fahrzeuggeschwindigkeit

Die doppelte Geschwindigkeit bedeutet beim Bremsvorgang die vierfache Bremsarbeit und somit auch die vierfache Wärmemenge.

Die Wärme entsteht durch Reibung zwischen:

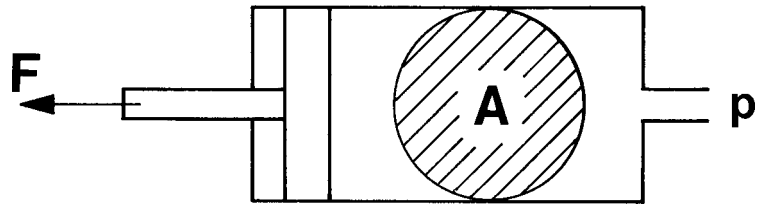
1. Bremsbelägen und Trommel bzw. Scheibe
2. Reifen und Fahrbahn

Um die erforderliche Reibung zu erzeugen, müssen die Bremsbacken mit den Bremsbelägen gegen die Trommelinnenflächen gedrückt werden. Dazu ist eine entsprechende Kraft F notwendig.



Kraft F des Bremszylinders

Die Kraft F, die der Bremszylinder abgibt, wird durch die eingesteuerte Druckluft mit dem Druck p auf die Kolbenoberfläche A erzeugt.



Kraft = Fläche × Druck

$$F = A \times p$$

In der Technik wird der Druck immer in bar angegeben.

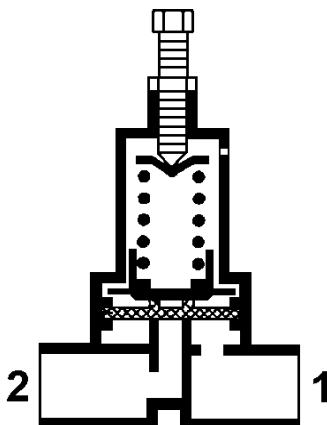
$$1 \text{ bar} = \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} \quad \text{d. h.} \quad 6 \text{ bar} = \frac{60 \text{ N}}{\text{cm}^2}$$

Für eine Fläche von 155 cm² (24" Zylinder) würde sich bei 6 bar Druck-einsteuerung folgende Kraftberechnung ergeben:

$$F = \frac{60 \text{ N} \times 155 \text{ cm}^2}{\text{cm}^2} = 9300 \text{ N Kraft am Bremshebel}$$

Im Bremszylinder findet also eine Energieumwandlung statt. Vorge-spannte Druckluft aus den Vorratsbehältern wird in mechanische Energie zum Bremsen umgewandelt.

Gerätesteuerung / Funktion



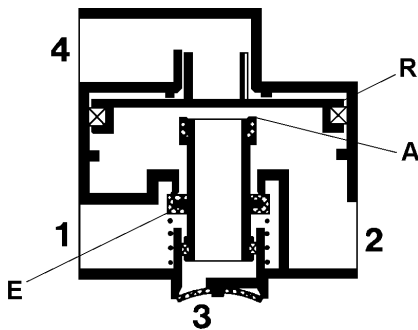
Das Prinzip, mit Druck mechanische Kraft zu erzeugen, findet im weiteren auch in den steuernden und regelnden Geräten Anwendung.

Die Funktion der Gerätesteuerung ist darin zu sehen, dass sich an zwei gegenüberliegenden Kolben- oder Membranflächen unter bestimmten Bedingungen Kräftegleichgewicht einstellt.

Dabei ist ein in vielen Geräten angewendetes, einfaches Prinzip, der Kraft einer Feder die Kraft eines belüfteten Kolbens oder einer Membran entgegenzusetzen. Gut ist diese Funktion bei einem Überströmventil zu erkennen.

Die bei 1 einströmende Druckluft baut unter der federbelasteten Membran einen Druck auf, der als Kraft ($F = A \cdot p$) gegen die Kraft der Feder arbeitet. Ist die Kraft der Feder unterhalb der Membran erreicht oder leicht überschritten, hebt die Membran vom Ventilsitz ab, und die Druckluft kann nach 2 überströmen. Bei vielen Ventilen dieser Art ist die Kraft der Feder und damit der entsprechende Öffnungsdruck mittels einer Schraube einstellbar.

Ein weiteres Prinzip zur Gerätesteuerung und -regelung ist, ein Kräftegleichgewicht durch Druckaufbau auf beiden Seiten eines Kolbens zu erreichen. Am einfachsten ist dieses Prinzip beim Relaisventil zu erkennen:



- (1) Vorratsdruck p_1
(Luftbehälter)
- (2) Ausgangsdruck p_2
(Bremszylinder)
- (3) Entlüftungsanschluss
(Atmosphäre)
- (4) Steueranschluss p_4
(Motorwagenbremsventil)

E = Einlassventil
A = Auslassventil
R = Relaiskolben

Wird am Steueranschluss 4 z. B. ein Druck von 3 bar eingesteuert, bewegt sich der Relaiskolben mit der Kraft F_4 nach unten, schließt das Auslassventil A und öffnet das Einlassventil E. Nun kann Druckluft vom Vorrat 1 in Richtung Zylinder 2 strömen. Gleichzeitig baut sich dieser Druck auch unterhalb des Kolbens auf und wirkt somit als Kraft F_2 gegen die Kraft F_4 . Erreicht der Druck am Anschluss 2 den Steuerdruck von 3 bar, stellt sich, da die Kolbenflächen gleich gross sind ($A_o = A_u$), mit dem gleichem Druck ($p_4 = p_2$) ein Kräftegleichgewicht ($F_4 = F_2$) ein. Der Kolben wird angehoben und verschließt das Einlassventil, der Druck am Anschluss 2 kann nicht weiter steigen. Dies entspricht einer "Bremsabschlussstellung".

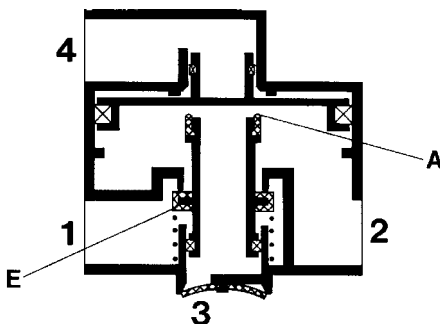
$$F_4 = F_2$$

$$A_o \times p_4 = A_u \times p_2$$

$$\frac{20\text{cm}^2 \times 30\text{N}}{\text{cm}^2} = \frac{20\text{cm}^2 \times 30\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$600\text{N} = 600\text{N}$$

Das Kräftegleichgewicht am regelnden Kolben nicht immer auch Gleichheit des ein- und ausgesteuerten Druckes bedeuten muss, wird deutlich, wenn wir das Relaisventil geringfügig modifizieren, indem wir die obere Kolbenfläche verkleinern.



- (1) Vorratsdruck p_1
(Luftbehälter)
- (2) Ausgangsdruck p_2
(Bremszylinder)
- (3) Entlüftungsanschluss
(Atmosphäre)
- (4) Steueranschluss p_4
(Motorwagenbremsventil)

E = Einlassventil
A = Auslassventil

Wird in diesem Fall wiederum ein Druck von 3 bar am Anschluss 4 eingesteuert, öffnet wie im vorangegangenen Beispiel das Einlassventil und steuert Druck am Anschluss 2 aus. Dieser ausgesteuerte Druck baut sich wiederum unterhalb des Relaiskolbens auf. Wird dadurch $F_2 = F_4$, schließt das Einlassventil.

Dies geschieht in diesem Fall schon bei einem ausgesteuerten Druck p_2 von 1,5 bar. Die Erklärung liegt darin, dass die untere Kolbenfläche doppelt so gross ist wie die obere ($A_u = 2 \times A_o$). Nun reicht also der halbe Druck pro cm^2 um das Kräftegleichgewicht $F_4 = F_2$ herzustellen.

$$\begin{aligned}
 F_4 &= F_2 \\
 A_o \times p_4 &= A_u \times p_2 \\
 p_2 &= \frac{A_o \times p_4}{A_u} = \frac{10 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ bar}}{20 \text{ cm}^2} = 1,5 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

Das bedeutet, dass bei unterschiedlichen Flächen (A_o und A_u) an Kolben, Membranen oder Ventilkörpern Kraftgleichheit ($F_4 = F_2$) bei unterschiedlichen Drücken ($p_4 \neq p_2$) erreicht wird.

Dabei ist das Kraft-/Flächenverhältnis umgekehrt proportional.

doppelte Kolbenfläche ↔ halber Druck

halbe Kolbenfläche ↔ doppelter Druck

Dies gilt auch für alle anderen Kolbenflächen im entsprechenden umgekehrten Verhältnis.

Gliederung

Aufgrund ihrer Merkmale lassen sich Bremsanlagen gliedern nach:

- Verwendungszweck
- Art der verwendeten Energie
- Art der Übertragungseinrichtung
- Anzahl der Verbindungsleitungen bei Fahrzeugkombinationen

Bremsanlagen nach dem Verwendungszweck**Betriebsbremsanlage: (BBA)**

Mit der Betriebsbremsanlage (Fußbremse) kann sowohl die Fahrzeuggeschwindigkeit verringert als auch das Fahrzeug zum Stillstand gebracht werden.

Sie lässt sich stufenlos (mit dem Fuß) betätigen und wirkt auf alle Räder.

Feststellbremsanlage: (FBA)

Die Feststellbremse (Handbremse) hat die Aufgabe, das Fahrzeug im Stand festzuhalten, und zwar auch auf geneigter Fahrbahn und auch bei Abwesenheit des Fahrers.

Sie muss auch bei Ausfall der pneumatischen oder hydraulischen Energie voll wirken können. Deshalb ist eine mechanische Wirkung auf die Radbremse vorgeschrieben. Diese kann durch Seilzüge, Gestänge oder durch Federspeicher erfolgen.

Hilfsbremsanlage: (HBA)

Die Hilfsbremsanlage muss bei einem Versagen der Betriebsbremsanlage deren Aufgabe mit verminderter Wirkung erfüllen.

Sie braucht keine dritte, unabhängige Bremsanlage mit separater Betätigung zu sein, sondern als Hilfsbremse darf entweder der noch intakte Bremskreis einer zweikreisigen Betriebsbremse oder die Feststellbremse verwendet werden. In diesem Fall muss die Feststellbremse allerdings abstufbar sein.

Dauerbremsanlage:

Die Dauerbremsanlage ermöglicht dem Fahrer eine Geschwindigkeitsanpassung ohne Benutzung der BBA oder FBA.

Bremsanlagen nach Art der verwendeten Energie**Muskelkraftbremsanlage:**

Bei dieser vorwiegend in Personenkraftwagen und Krafträdern vorkommenden Anlage wird die mittels Fußpedal oder Handhebel aufgebrachte Muskelkraft entweder hydraulisch oder mechanisch auf die Radbremse übertragen.

Hilfskraftbremsanlage:

Diese Anlagen werden in PKW und leichten Nutzfahrzeugen eingesetzt. Über einen Bremsverstärker wird die Muskelkraft durch eine Hilfskraft verstärkt, die durch Druckluft, Unterdruck oder Hydraulik-Flüssigkeit erzeugt wird.

Bei einem Ausfall der Hilfskraft kann das Fahrzeug auch noch mit Muskelkraft gebremst werden. Dazu ist allerdings ein deutlich höherer Kraftaufwand nötig.

Bremsanlagen nach Art der Übertragungseinrichtung

Fremdkraftbremsanlage:

Bei dieser Anlage, die vorwiegend in mittleren und schweren Nutzfahrzeugen ihren Einsatz findet, wird das Fahrzeug ausschließlich durch Fremdkraft gebremst.

Diese Fremdkraft wird durch Druckluft, Vakuum oder Hydraulik-Flüssigkeit erzeugt, während die Muskelkraft des Fahrers nur noch zum Steuern der Bremsanlage dient.

Deshalb können bei vollständigem Ausfall der Energie keine Bremskräfte mehr erzeugt werden.

Einkreis-Bremsanlage

Diese Anlage hat eine einkreisige Übertragungseinrichtung.

Der Ausfall eines einzigen Teiles macht die gesamte Bremsanlage wirkungslos.

Zweikreis-Bremsanlage

Heute wird die Übertragungseinrichtung der Betriebsbremse wegen der höheren Betriebssicherheit zweikreisig gebaut.

Bei Ausfall eines Bremskreises kann noch gebremst werden. Jedoch ist die Bremswirkung stark vermindert und es ist unbedingt die nächste geeignete Werkstatt aufzusuchen.

Bremsanlagen bei Fahrzeugkombinationen

Die Energieversorgung und Ansteuerung der Anhängerbremsanlage erfolgt vom Zugfahrzeug aus.

Die Übertragung zwischen den beiden Fahrzeugen erfolgt – wie der Name schon sagt – bei Einleitungsbremsanlagen durch **eine**, bei Zweileitungsbremsanlagen durch **zwei** Verbindungsleitungen.

Einleitungsbremsanlage

Das Füllen der Luftbehälter und die Steuerung der Bremsen im Anhänger erfolgt über **eine** Leitung ("Steuerleitung").

Da die Bremse durch Druckabfall in der Steuerleitung betätigt wird, kann während des Bremsvorganges keine Vorratsluft zum Anhänger strömen. Deshalb besteht die Gefahr, dass durch ständiges Bremsen auf langen Gefäll-Fahrten der Druckvorrat im Anhänger erschöpft wird.

Aus diesem Grund werden heute Zweileitungsbremsanlagen gesetzlich gefordert.

Zweileitungsbremsanlage

Bei dieser Anlage sind Zugfahrzeug und Anhänger durch **zwei** Leitungen miteinander verbunden: die Vorratsleitung und die Bremsleitung, die hier durch Druckanstieg steuert.

Da über die Vorratsleitung auch während der Bremsung Druckluft zum Anhänger strömen kann, ist die Bremsanlage nicht erschöpfbar.

Die Kupplungsköpfe beider Leitungen sind heute üblicherweise vertauschsicher.

Einleitung

Die gesetzlichen Anforderungen an Bremsanlagen ergeben sich aus nationalen (Straßenverkehrs-Zulassungsordnung StVZO) und internationalen (EG und ECE) Vorschriften und Richtlinien.

Die nationalen (deutschen) Vorschriften für Bremsanlagen sind zusammengefaßt im **§ 41 StVZO ("Bremsen und Unterlegkeile")**.

Als internationale Regelwerke sind zu nennen die von der Kommission oder dem Rat der Europäischen Gemeinschaft in Brüssel erlassene **Bremsenrichtlinie 71/320/EWG**, zuletzt geändert durch **98/12/EG** sowie die von der Wirtschaftskommission für Europa in Genf verabschiedete **Bremsenregelung ECE-R 13**, aktuell mit der Anpassung **Series 09**. Die Richtlinien 71/320 /EWG und ECE-R 13 sind sinngemäß nahezu gleichlautend.

§ 41 StVZO

Der § 41 StVZO enthält die nationalen Bau- und Wirkvorschriften für die Bremsanlage von Kraftfahrzeugen und Anhängern. Diese verlieren jedoch zunehmend an Bedeutung, weil im Absatz 18 dieser Vorschrift gefordert wird, dass (mit Ausnahme weniger Sonderfahrzeuge) bei Kraftfahrzeugen und Anhängern, die **ab dem 01. Januar 1991** erstmals in Betrieb kommen, die Bremsanlage der EG-Richtlinie 71/320 entsprechen muß.

Bremsenrichtlinie 71/320/EWG

Die EG-Richtlinie "Bremsanlagen" (71/320/EWG) wurde vom Rat der Europäischen Gemeinschaften im Jahre 1971 erlassen. Sie dient der Angleichung und Harmonisierung der in den einzelnen Mitgliederstaaten gültigen Rechtsvorschriften über die Bremsanlagen bestimmter Kraftfahrzeuge und Anhänger und enthält sowohl Bau- und Einbauvorschriften für die Bremsanlagen als auch Wirk- und Prüfvorschriften.

Als betroffene Fahrzeuge gelten Kraftfahrzeuge und Anhänger mit mindestens 4 Rädern und einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 25 km/h.

In der Zwischenzeit wurde die Grundrichtlinie 71/320 EWG mehrfach geändert und durch Ergänzungen an den technischen Fortschritt angepaßt, zuletzt (7. Anpassung) am 27. Januar 1998 durch die Richtlinie **98/12 EG** der Kommission der europäischen Gemeinschaften

Bremsenregelung ECE-R 13

Während die EG-Richtlinien nur für die 15 EG-Mitgliedsstaaten verbindlich sind, werden die ECE-Regelungen von derzeit 30 Ländern der Vereinten Nationen (UN), davon 22 Europäischen Ländern angewendet. Für Bremsanlagen gilt die ECE-Regelung Nr. 13, zuletzt geändert durch die Anpassungen der Serie 09.

Derzeit ist die Genfer Bremsenregelung ECE-R13 mit ihren bereits verabschiedeten und den schon geplanten Anpassungen sogar etwas aktueller als die ansonsten nahezu gleichlautende Brüsseler EG-Richtlinie Bremsanlagen.