

4 Kraftfahrzeugbremsen

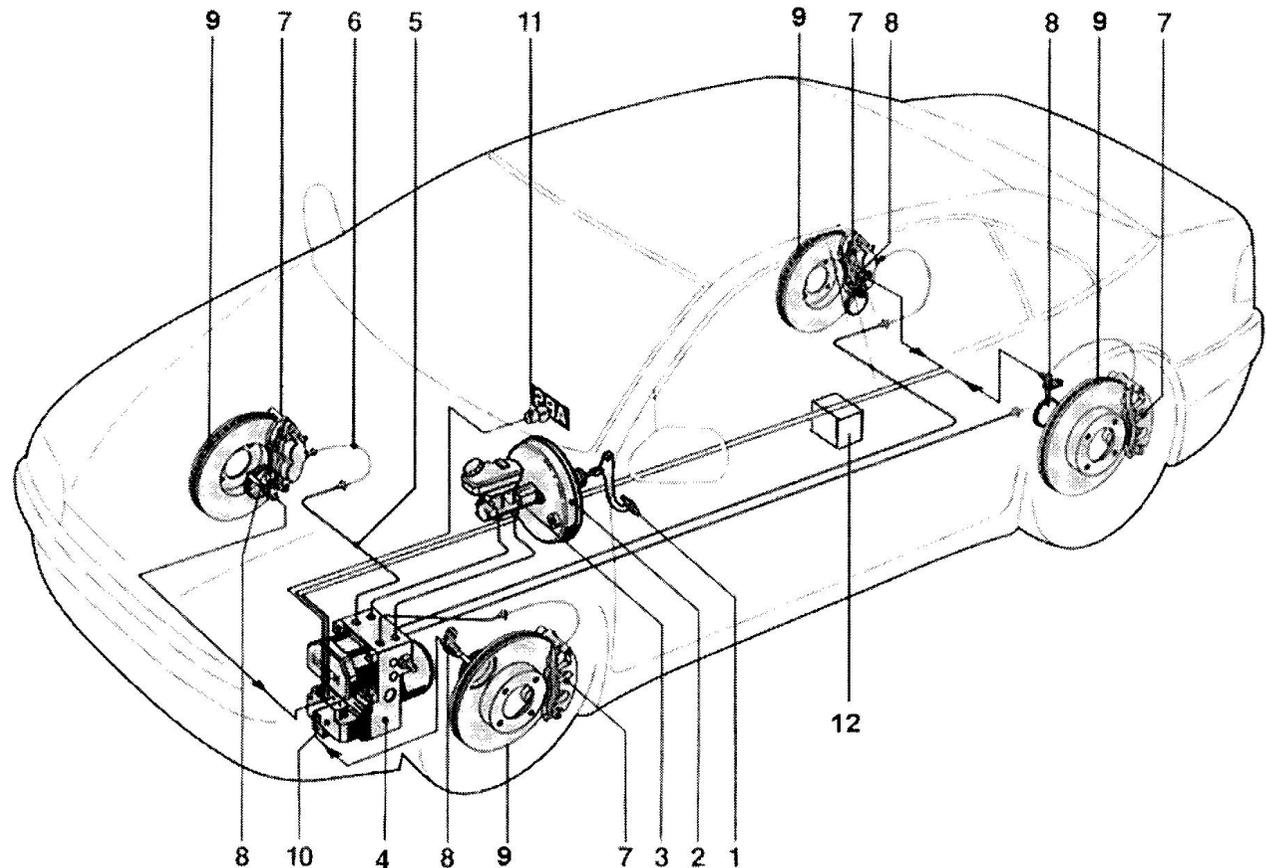
- 4.1 Einteilung der Bremsanlagen
- 4.2 Aufbau einer Pkw-Bremsanlage
- 4.3 Scheibenbremsen
- 4.4 Trommelbremsen
- 4.5 Hauptbremszylinder und Bremskraftverstärker
- 4.6 Bremskraftverteilung
- 4.7 Dauerbremsanlagen

4.1 Einteilung der Bremsanlagen

- **Betriebsbremsanlage (BBA)**
 - Die Betriebsbremsanlage muss abstuftbar betätigt werden können und besteht in der Regel aus zwei Bremskreisen.
- **Hilfsbremsanlage (HBA)**
 - Die mit der Hilfsbremsanlage erreichbare Verzögerung muss mindestens halb so groß sein, wie die für die BBA.
- **Feststellbremsanlage (FBA)**
 - Die Feststellbremsanlage muss das beladene Fahrzeug auf einer Neigung von 20% halten können.
- **Dauerbremsanlage (DBA)**
 - Dauerbremsanlagen sind verschleißfreie Bremsen für längere Beharrungsbremsungen von NKW's und Bussen.

4.2 Aufbau einer Pkw-Bremsanlage

- 1 Bremspedal
- 2 Bremskraftverstärker
- 3 Hauptbremszylinder
- 4 ABS-Regleinheit
- 5 Leitungen
- 6 Schläuche
- 7 Radbremszylinder
- 8 Raddrehzahlsensoren
- 9 Bremsscheibe
- 10 ABS-Steuergerät
- 11 ABS-Warnleuchte
- 12 Bremskraftminderer

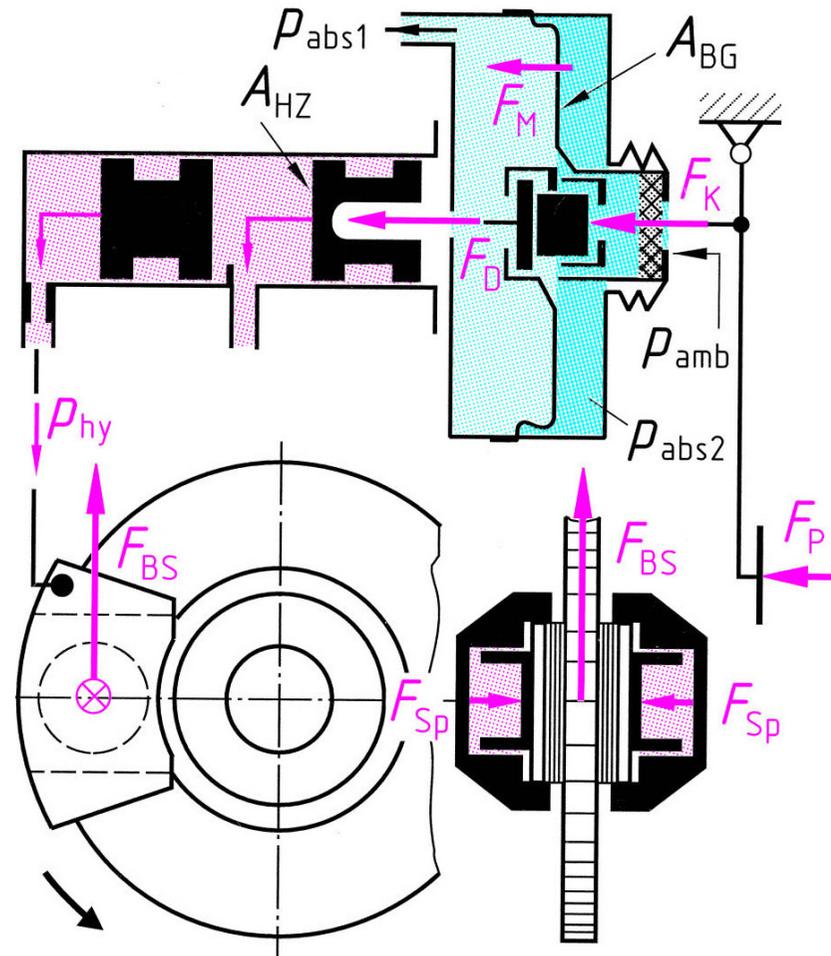


Quelle: Haken

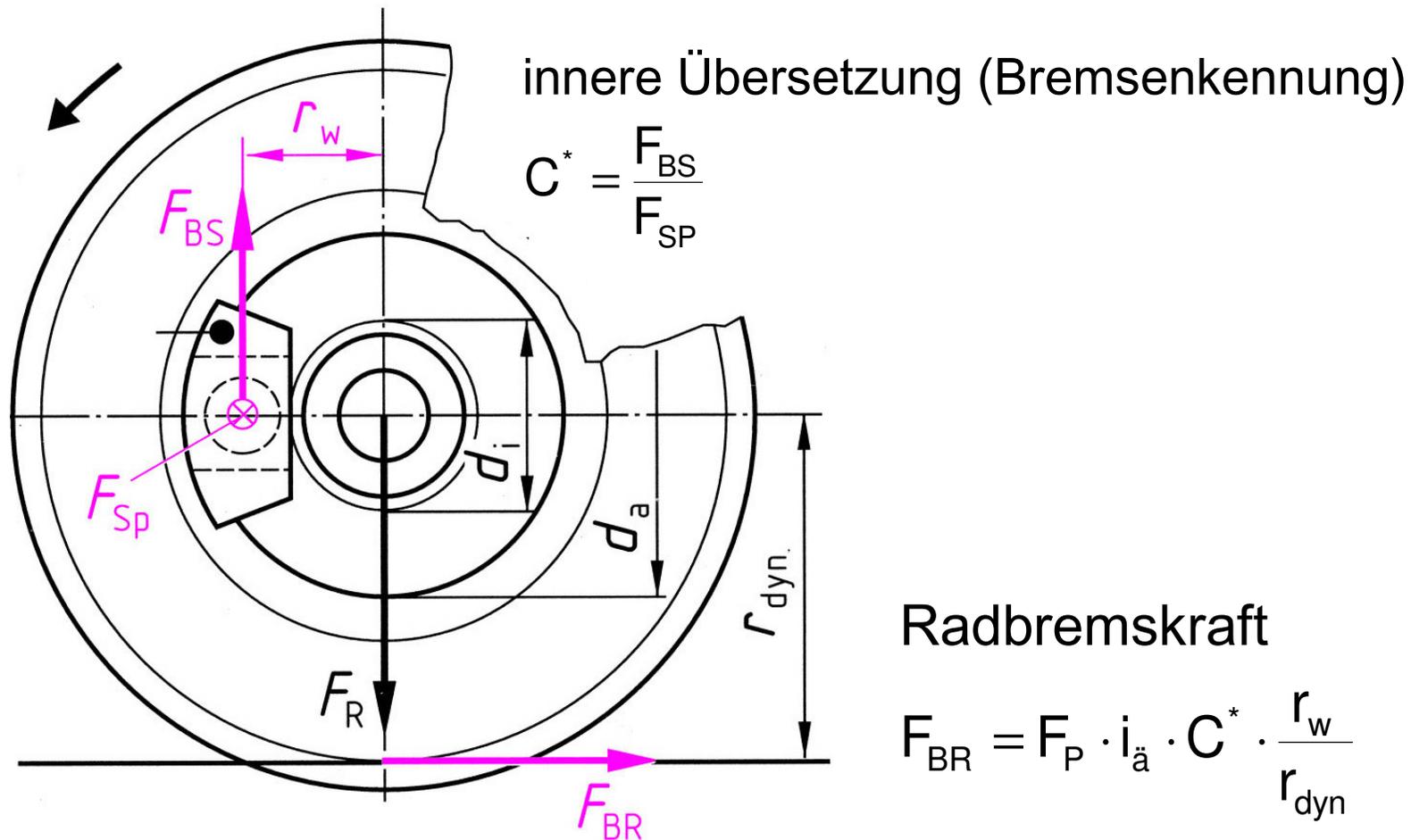
Äußere Übersetzung einer Bremsanlage

äußere Übersetzung

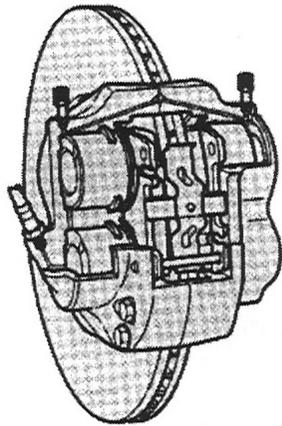
$$i_{\text{ä}} = \frac{F_{\text{SP}}}{F_{\text{P}}}$$



Bremskraft am Rad und innere Übersetzung (Bremsenkennung)

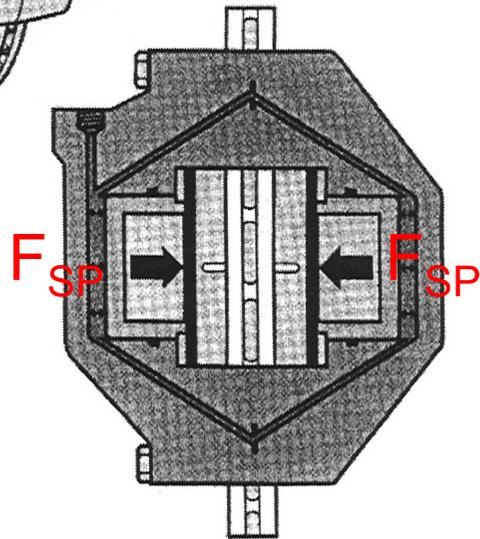


4.3 Scheibenbremsen



Bremsenkennung der Scheibenbremse

$$C^* = \frac{F_{BS}}{F_{SP}} = \frac{2\mu \cdot F_{SP}}{F_{SP}} = 2\mu$$



Übungsaufgabe

Bestimmen Sie die Radbremskraft an einem Fahrzeug mit einer Scheibenbremsanlage bei einer Fußbetätigungskraft von 500N. Das Fahrzeug hat keinen Bremskraftverstärker. Gegeben sind die folgenden Daten:

Reibwert der Reibpaarung Belag-Bremsscheibe	μ	=	0,8
wirksamer Bremsenradius	r_w	=	100 mm
dynamischer Rollradius	r_{dyn}	=	315 mm
äußere Übersetzung der Bremsanlage	$i_{\ddot{a}}$	=	12

Welche Verzögerung wird bei dieser Betätigungskraft erreicht? Das Fahrzeug wiegt einschließlich Zuladung 1250 kg. Alle vier Räder sind mit einer Scheibenbremse ausgerüstet, und es kann vereinfacht davon ausgegangen werden, dass die Bremskraftverteilung auf alle Räder gleich ist.

Eigenschaften von Scheibenbremsen

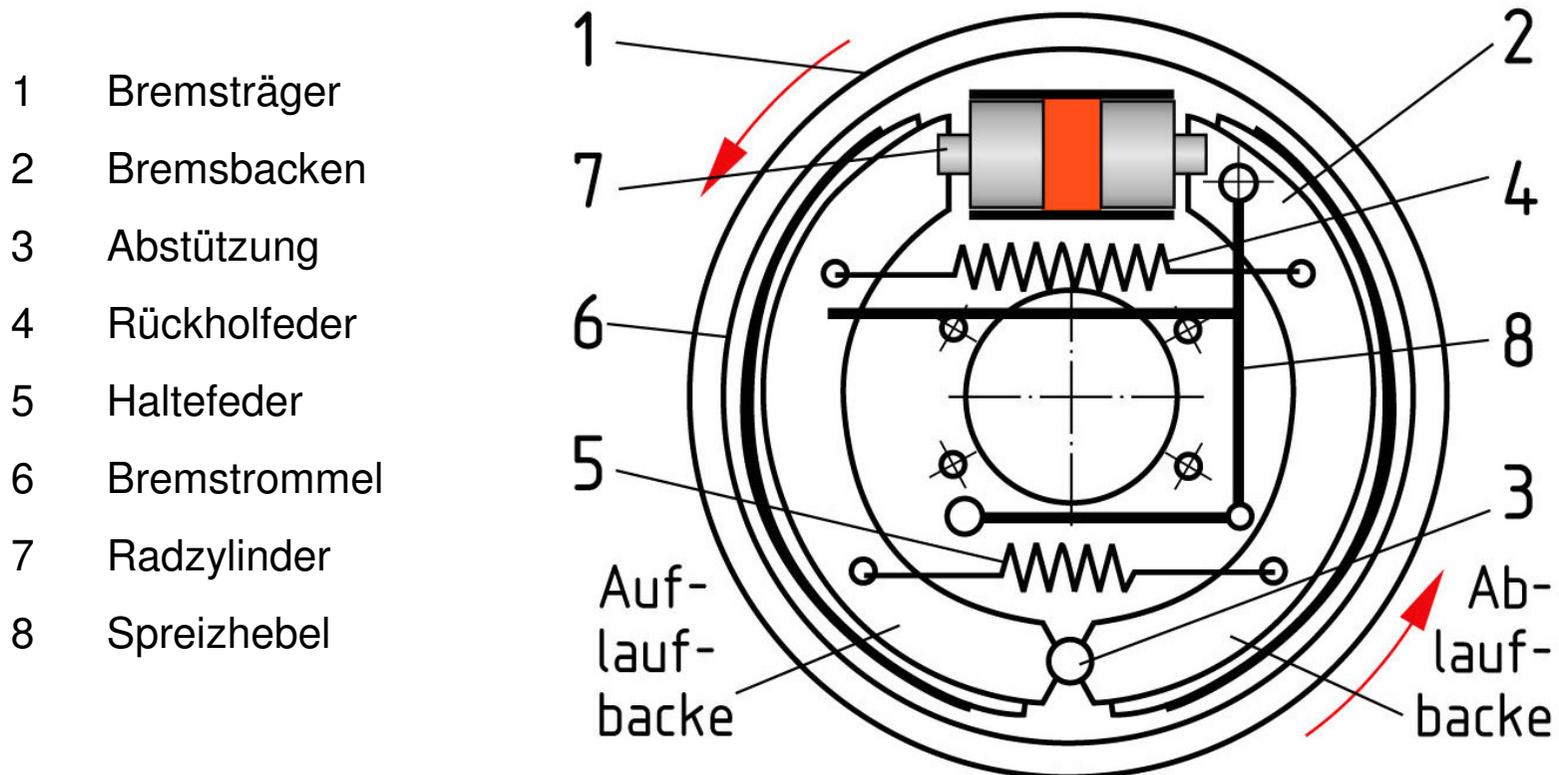
- Vorteile
 - Unempfindlich gegen Reibwertschwankungen
 - Gleichmäßige Bremswirkung auf einer Achse und bei Rückwärtsfahrt
 - Gute Selbstreinigung
 - Geringer Bremschwund (Fading)
 - Gute Wärmeabfuhr (Kühlung)
 - Leichter Belagwechsel möglich
 - Selbsttätige Nachstellung
 - Höhere Bremsdrücke

- Nachteile
 - keine Selbstverstärkung
 - aufwendigere Feststellbremse
 - kürzere Standzeit der Beläge
 - Erwärmung der Bremsflüssigkeit
 - Empfindlich gegen Verschmutzung

4.4 Trommelbremsen

- Simplexbremse
- Duplexbremse
- Duoservobremse

Simplex-Trommelbremse



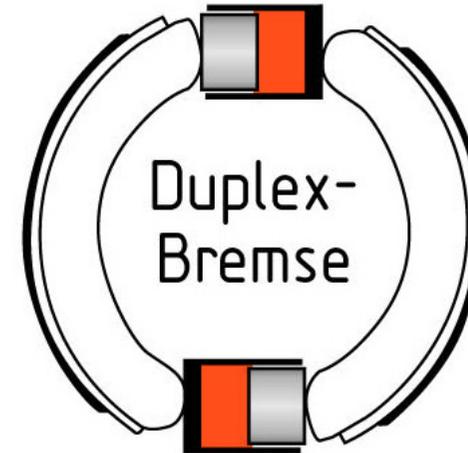
Auflaufbacke erzeugt ca. 65% des Bremsmomentes

Ablaufbacke erzeugt ca. 35% des Bremsmomentes

Duplex- und Duoservobremse

Duplexbremse:

Zwei auflaufenden Backen
in Hauptdrehrichtung



Duoservobremse:

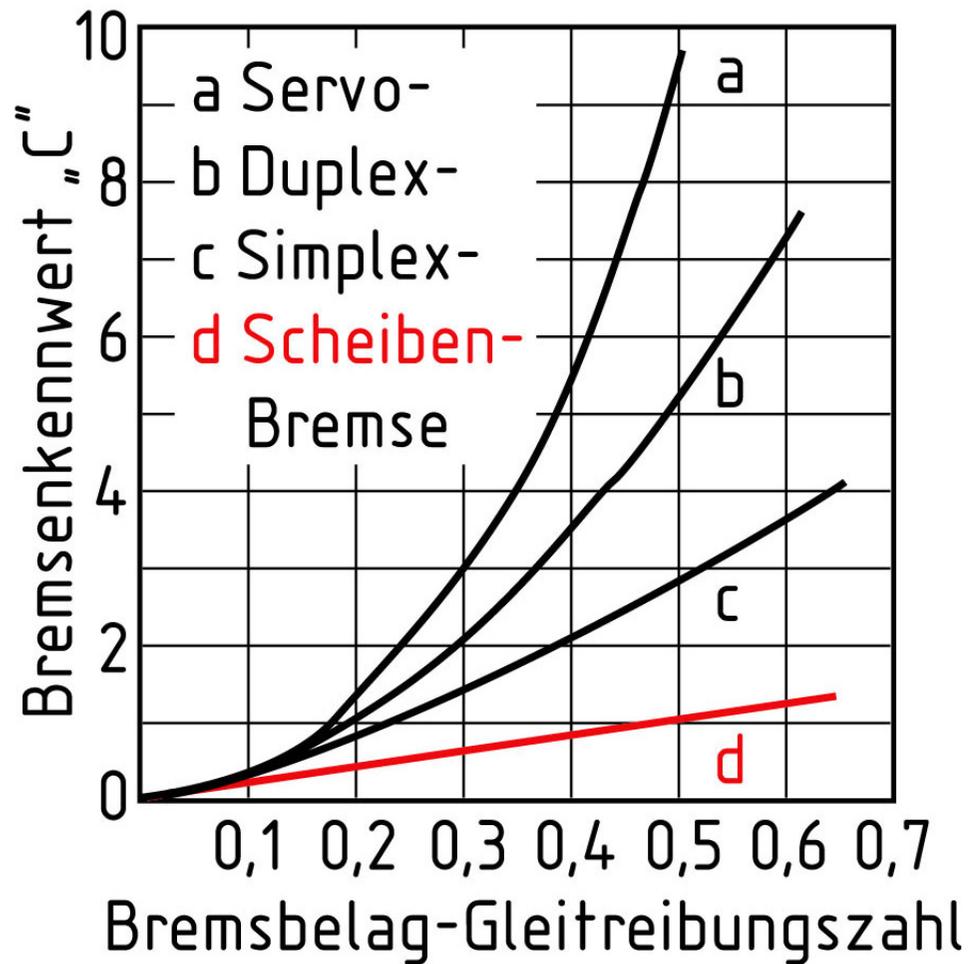
Durch beweglicher Drehpunkt
Zwischen den Backen ergeben
sich zwei auflaufende Backen
in beiden Drehrichtungen.



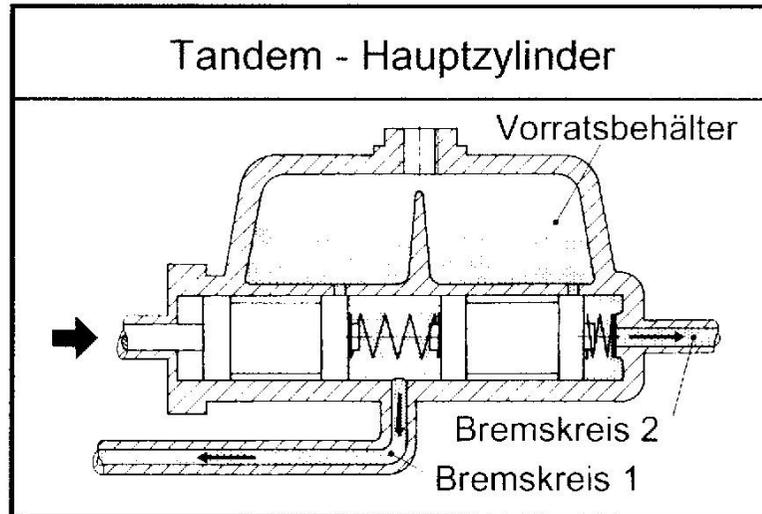
Eigenschaften von Trommelbremsen

- Vorteile
 - selbstverstärkend
 - unempfindlich gegen Verschmutzung
 - nachstellbar
 - lange Belagstandzeit
 - einfache Feststellbremse
- Nachteile
 - ungleichmäßige Bremswirkung auf einer Achse und bei Rückwärtsfahrt möglich
 - Neigung zum Bremsschwund (Fading)
 - keine Selbstreinigung
 - aufwendiger Belagwechsel
 - ungleicher Belagverschleiß der auflaufenden und ablaufenden Bremsbacke

Bremsenkennung C^* oder innere Übersetzung für verschieden Bremsen

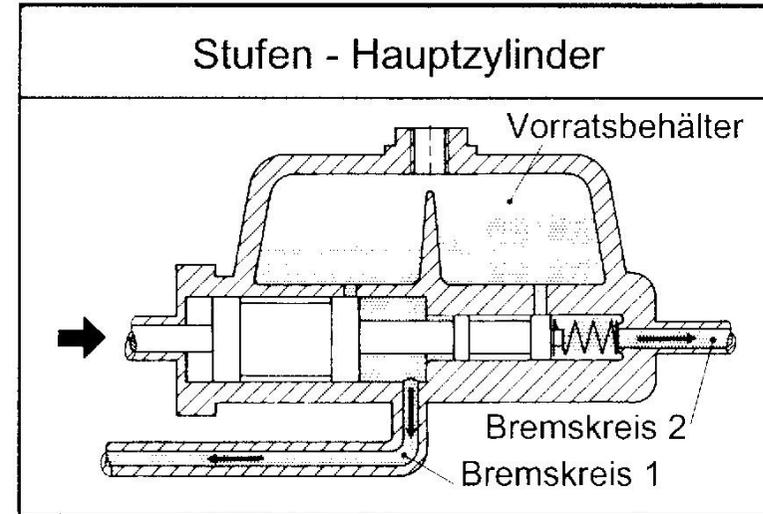


4.5 Hauptbremszylinder



gleicher Druck in beiden Bremskreisen
bei Kreisausfall:

- Pedalweg wird länger
- Höhere Pedalkraft wird für gleichwertige Bremskräfte erforderlich

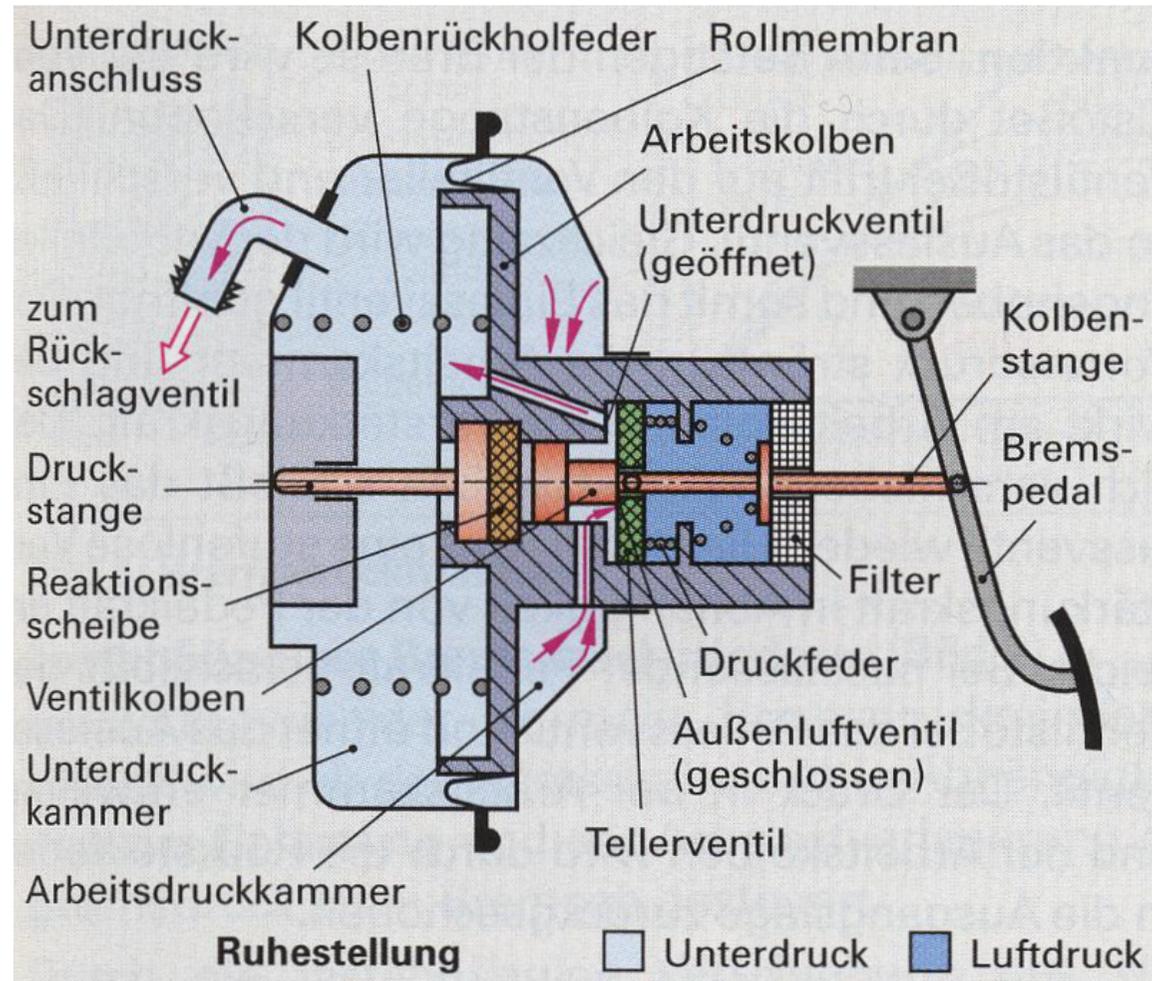


Unterschiedlicher Druck in beiden
Bremskreisen

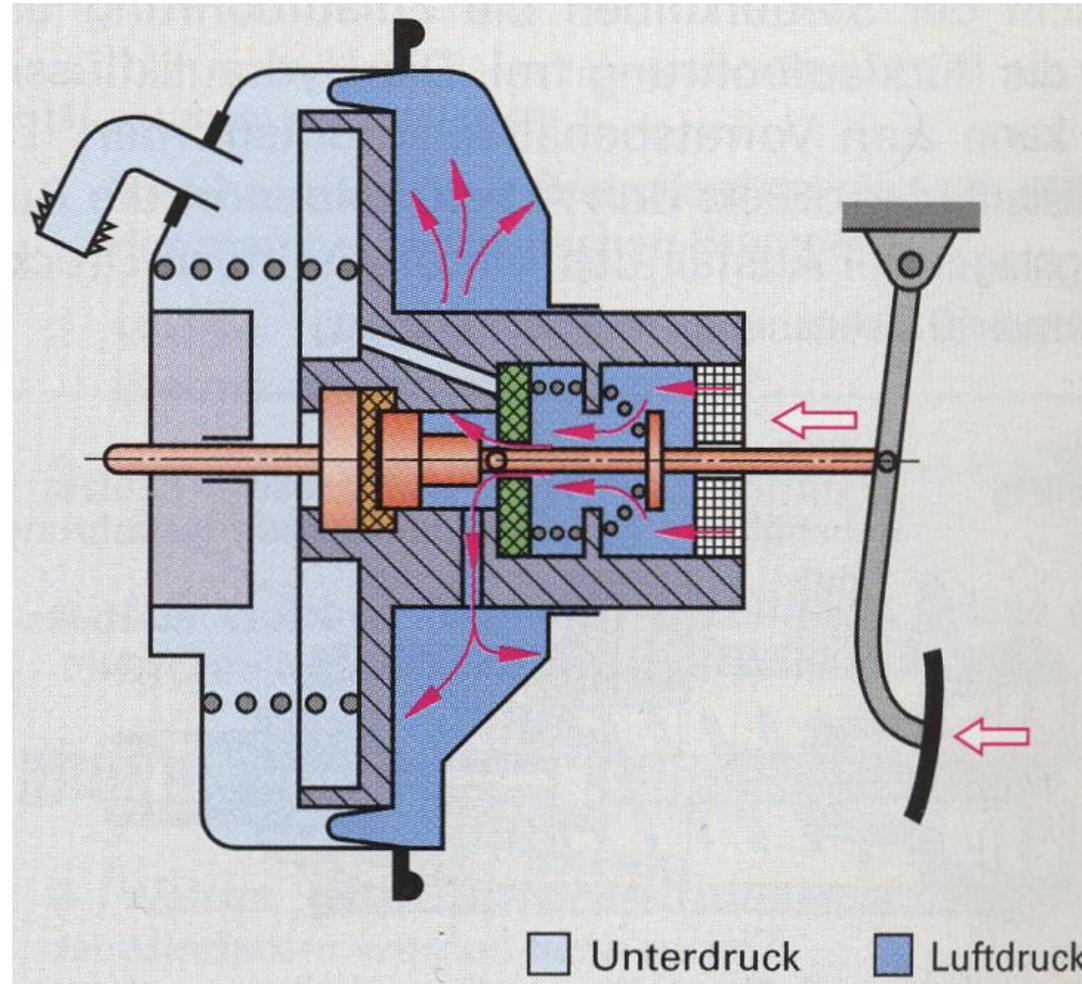
Bei Kreisausfall:

- Druck steigt im intakten Bremskreis an
- keine Bremskrafteerhöhung erforderlich

Bremskraftverstärker in Ruhestellung



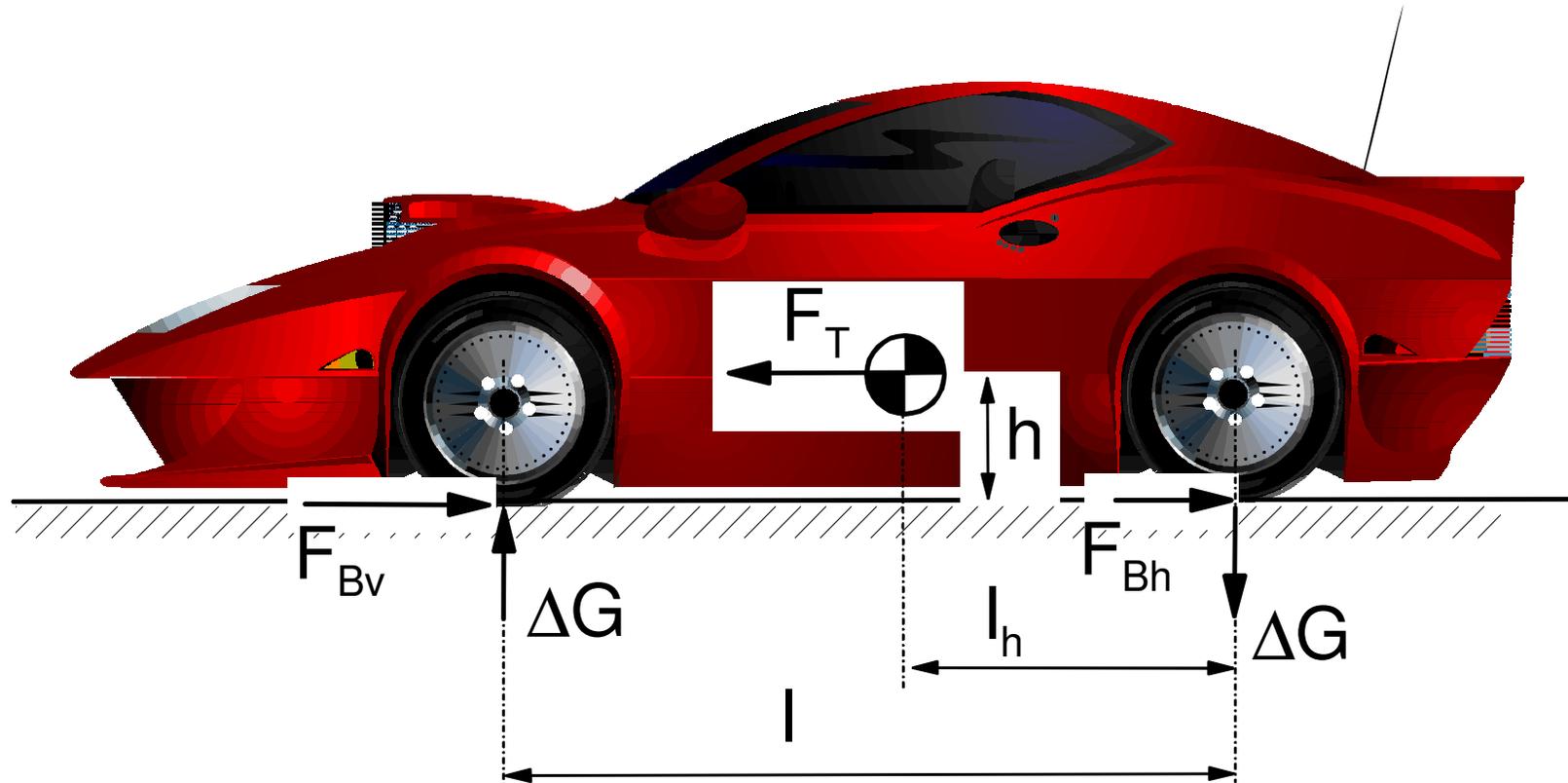
Bremskraftverstärker bei Vollbremsung



4.6 Bremskraftaufteilung

- Radlastverlagerung beim Bremsen
- Optimale Bremskraftaufteilung
- Bremskraftbegrenzer
- Bremskraftminderer

Radlastverlagerung beim Bremsen



$$\Delta G = \frac{h}{l} \cdot F_T$$

Übungsaufgabe

Bestimmen Sie die maximal mögliche Verzögerung eines Motorrades bei der das Hinterrad den Bodenkontakt verliert. Das Motorrad hat einen Radstand von 1398 mm, der Schwerpunktabstand zum Hinterrad beträgt 688 mm und die Schwerpunkthöhe einschließlich Fahrer hat einen Wert von 709 mm. Das Gewicht einschließlich Fahrer beträgt 266 kg.

Kraftschlussbedingtes Bremsvermögen

$$\text{Bremskraft } F_B = m \cdot a_v = m \cdot g \cdot \frac{a_v}{g} = G \cdot z$$

z = Abbremsung

$$F_B = F_{Bv} + F_{Bh}$$

Bei optimaler Bremskraftaufteilung ($F_{Bv} = \mu \cdot G_v, F_{Bh} = \mu \cdot G_h$) kann die maximale Verzögerung erreicht werden:

$$a_{v\max} = \mu \cdot g \quad \text{bzw.} \quad z_{\max} = \mu$$

Die ideale Verzögerung lässt sich nun als Funktion der vorderen Achsbremskraft herleiten:

$$z = \mu = \frac{F_{Bv}}{G_v} = \frac{F_{Bv}}{G_{v,\text{statisch}} + \Delta G} = \frac{F_{Bv}}{m \cdot g \cdot \left(\frac{l_h}{l} + \frac{h}{l} \cdot z \right)}$$

Ideale Bremskraftverteilung

Auflösen der vorherigen Gleichung nach z ergibt:

$$z = -\frac{l_h}{2h} + \sqrt{\left(\frac{l_h}{2h}\right)^2 + \frac{F_{Bv}}{G} \cdot \frac{l}{h}}$$

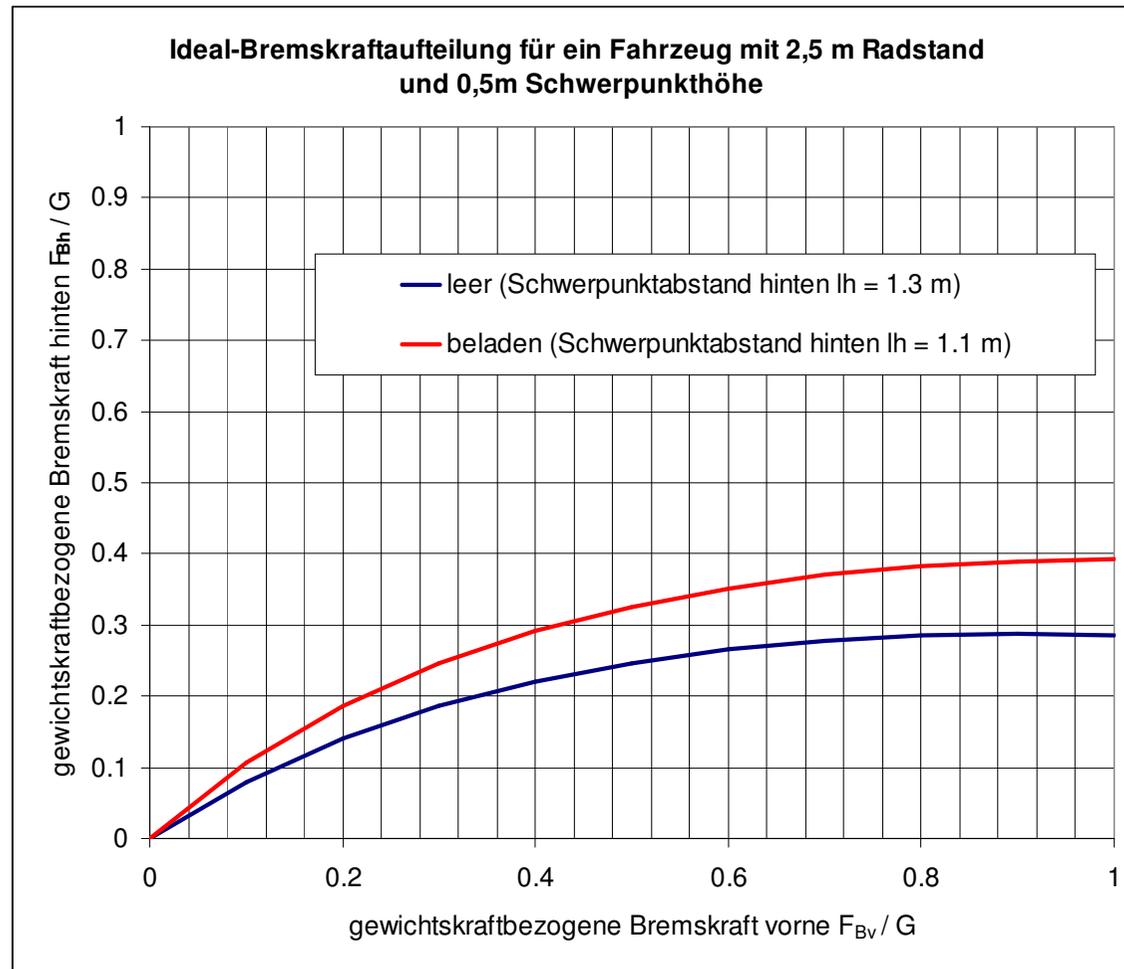
Für die Hinterachsbremskraft gilt:

$$\frac{F_{Bh}}{G} = z - \frac{F_{Bv}}{G}$$

Damit ergibt sich die Hinterachsbremskraft in Abhängigkeit der Vorderachsbremskraft und der Schwerpunktlage:

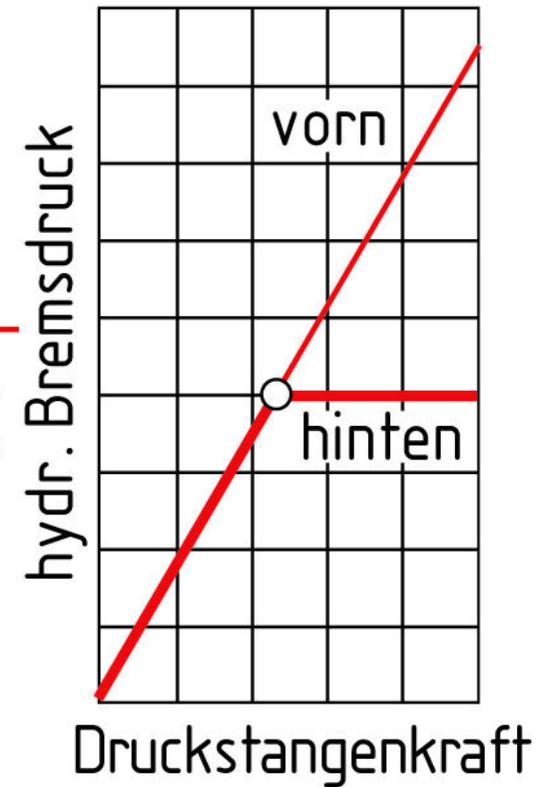
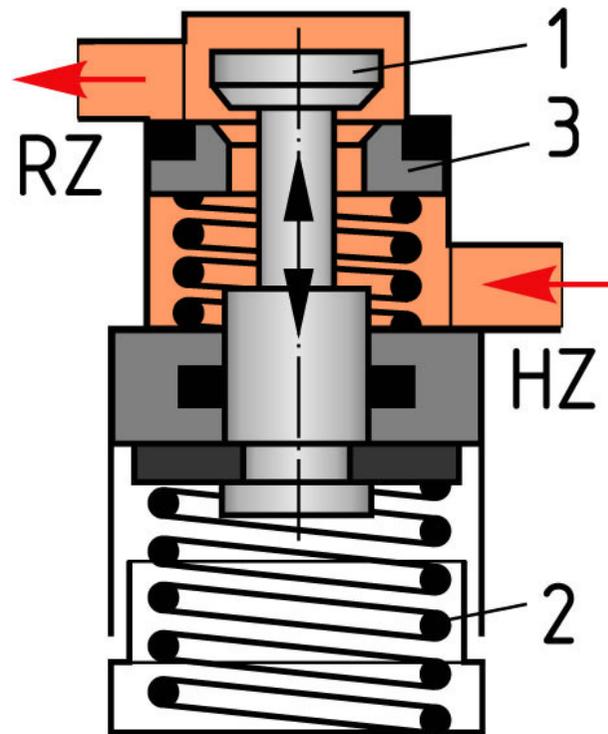
$$\frac{F_{Bh}}{G} = -\frac{l_h}{2h} + \sqrt{\left(\frac{l_h}{2h}\right)^2 + \frac{F_{Bv}}{G} \cdot \frac{l}{h}} - \frac{F_{Bv}}{G}$$

Ideale Bremskraftverteilung



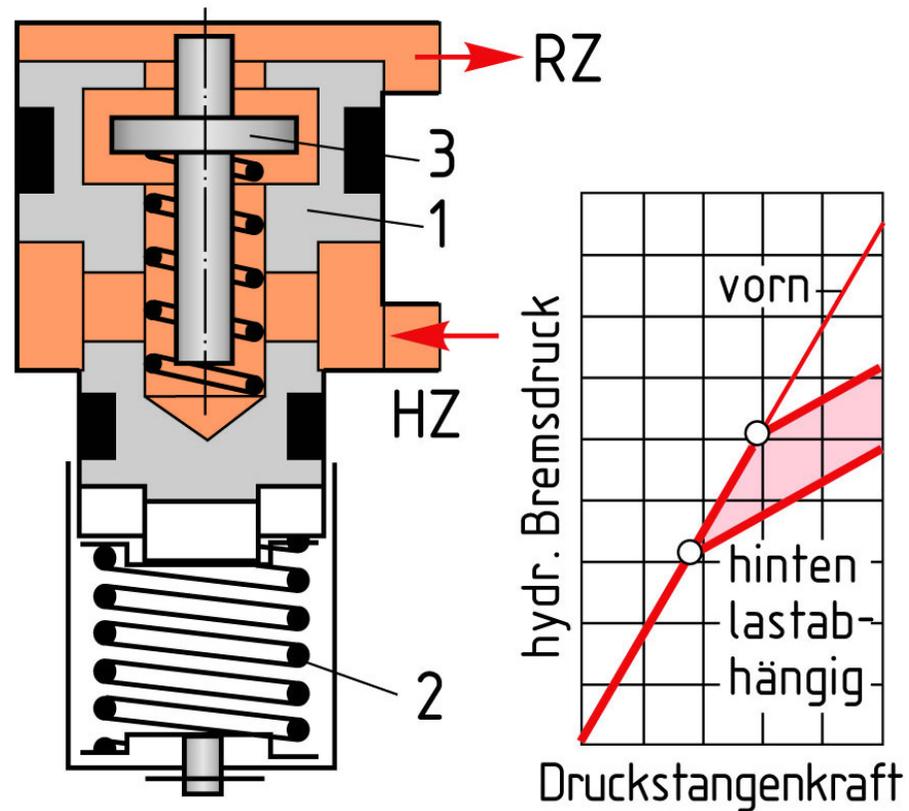
Bremskraftbegrenzer

- 1 Ventilkolben
- 2 Kolbenfeder
- 3 Ventilsitz
- RZ Radzylinder
- HZ Hauptbremszylinder



Bremskraftminderer (Bremsdruckübersetzer)

- 1 Stufenkolben
- 2 Kolbenfeder
- 3 Schnüffelventil



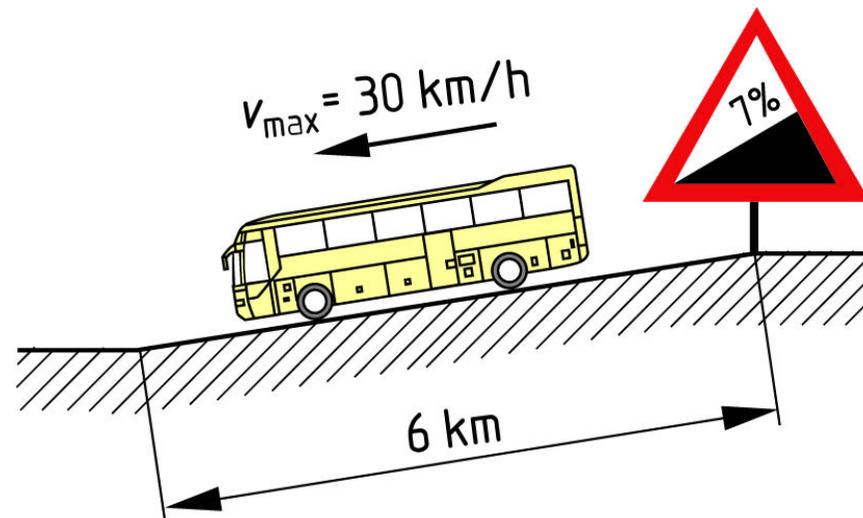
4.7 Dauerbremsanlagen

- Motorbremssysteme
- Hydrodynamische Retarder
- Elektrodynamische Retarder

Gesetzliche Grundlagen

Die deutsche Straßenverkehrszulassungsordnung schreibt verbindlich Dauerbremsen für alle Nkw und Anhänger ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 9 t und für Busse ab 5,5 t vor.

Dabei muss allein mit der installierten Dauerbremse auf einer 7%-igen Gefällstrecke eine Beharrungsgeschwindigkeit von 30 km/h über eine Strecke von 6 km eingehalten werden können.



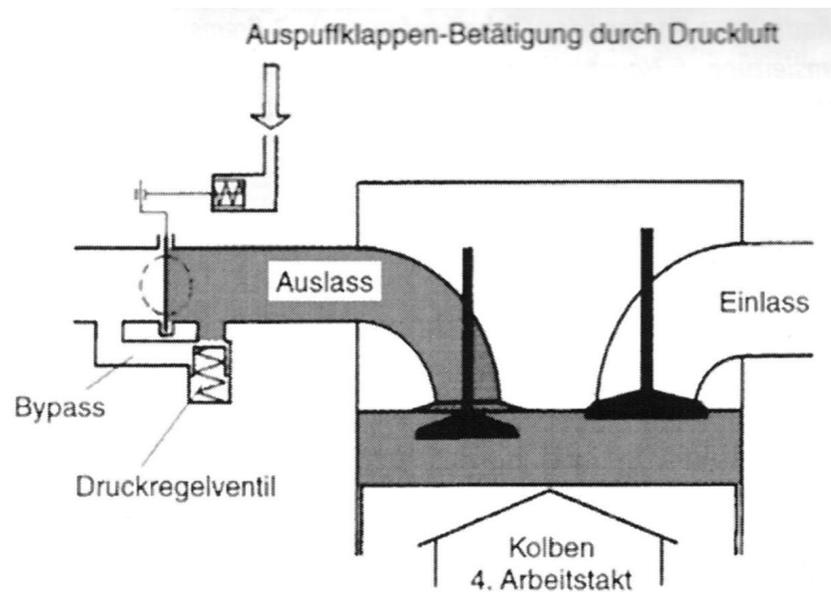
Übungsaufgabe

Bestimmen Sie die erforderliche Bremskraft und die erforderliche Bremsleistung, die entsprechend der deutschen Straßenverkehrszulassungsordnung für eine Fahrt auf einer 7%-igen Gefällstrecke mit einer Beharrungsgeschwindigkeit von 30 km/h erforderlich ist. Bestimmen Sie außerdem die Bremsarbeit, die auf einer Länge von 6 km anfällt. Die für diese Bremsung erforderliche Dauerbremse soll mit Hilfe eines Retarders auf der Kardanwelle zwischen Getriebe und Antriebsachse realisiert werden. Wie groß ist das erforderliche Moment am Retarder für diese Bremsung. Bei den Berechnungen kann der Luftwiderstand des Fahrzeugs vernachlässigt werden.

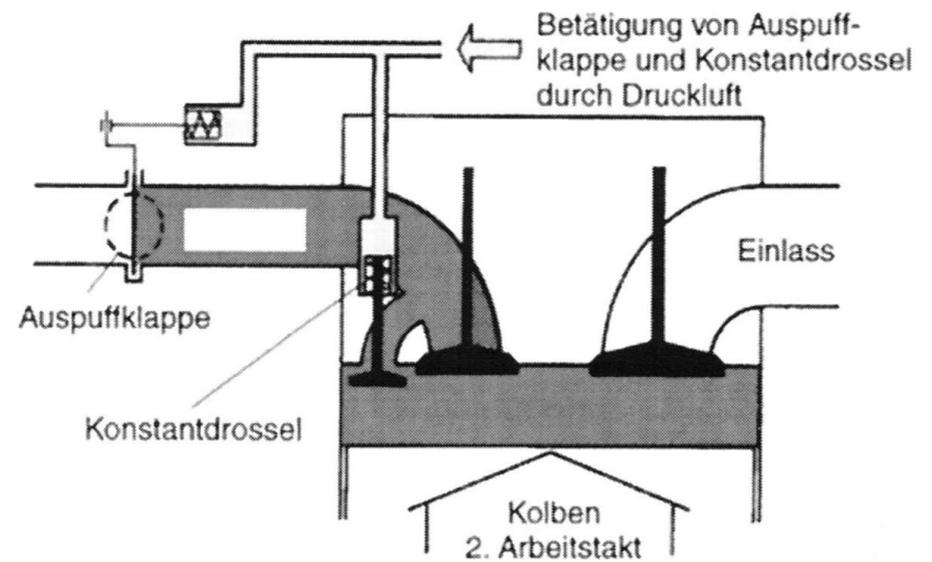
Gesamte Fahrzeugmasse einschließlich Zuladung	m_F	=	9 t
Rollwiderstandsbeiwert	f_R	=	0,015
dynamischer Rollradius	r_{dyn}	=	538 mm
Achsübersetzung	i_{sek}	=	4,2

Motorbremssystem

Auspuffklappe



Auspuffklappe und Konstantdrossel



Quelle: Haken

Hydrodynamischer Retarder



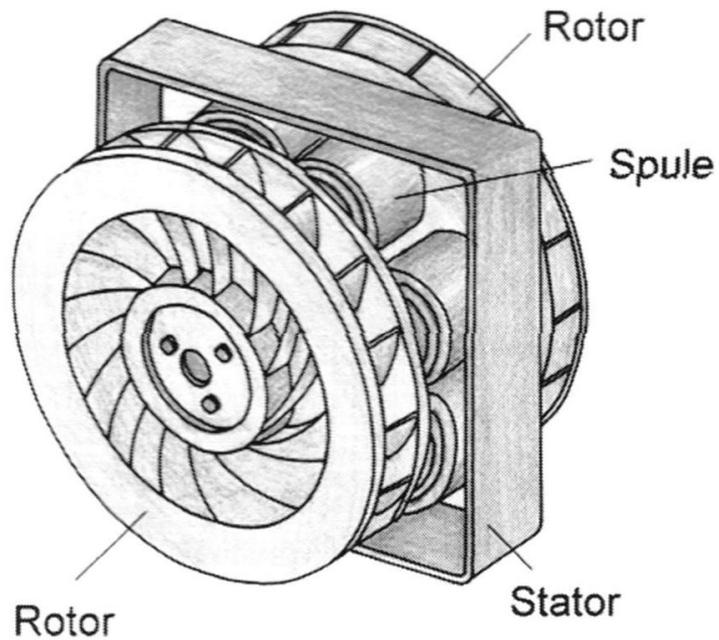
- 11 Rotor
- 12 Stator
- 13 Gehäuse
- 14 Ölsumpf
- 15 Öleinfüllung

Das Betriebsmedium Öl wird durch den Rotor beschleunigt, im Stator umgelenkt und dem Rotor wieder zugeführt.

Quelle: Voith

Elektrodynamischer Retarder

Prinzipieller Aufbau



Quelle: Haken

Einbau im Fahrzeug



Quelle: Kloft

Beispiel für technische Daten elektrodynamischer Retarder

Retarder zum Einbau in den Gelenkwellenstrang										
		PK.1	PK	P 5.1	P 5	P 7.1	P 7	P 11.1	P 11	P 10
Retardertyp										
Maximales Bremsmoment	Nm	420	525	1200	1500	1750	2250	2800	3300	3300
<i>Fahrzeugesamtgewicht</i>										
normaler Einsatz	to	4	5	10	15	20	25	32	50	50
intensiver Einsatz	to	3	4	6	10	15	20	25	32	32
Luftspalt	mm	0,8-1,0	0,8-1,0	1,5-1,7	1,6-1,8	1,5-1,7	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8
Gesamtgewicht Retarder	kg	65	76	129	149	194	242	290	350	337
Gewicht - Stator	kg	46	57	89	109	126	174	190	250	237
Gewicht-Rotoren	kg	19	19	40	40	68	68	100	100	100
Einbaulänge	mm	230	230	280	280	315	315	305	305	355
Max. Drehzahl	U/min	6000	6000	5000	5200	4000	4000	3600	3600	3600
Spannung	V	12/24	12/24	24	24	24	24	24	24	24
Stromverbrauch +/- 2 %	A	130/65	130/65	111	126	136	136	163	165	145
Max. Übertragungsmoment	Nm	3000	3000	11500	11500	12500	12500	25522	25522	25522
Max. " kurzzeitig	Nm	3600	3600	15500	15500	16300	16300	32000	32000	32000
Masseträgheit der Rotoren	kgm ²	0,23	0,23	1,72	1,72	1,91	1,91	2,95	2,95	2,95

Quelle: Kloft