

Motorbremse an LKW

Ing. H. Schulz, KDT

Der Bestand an LKW in der sozialistischen Landwirtschaft hat 20 000 Stück überschritten. Der größte Anteil davon sind LKW mit einer Gesamtmasse von über 5,5 t, die laut StVZO, § 46, Abs. (2) zu den geforderten zwei unabhängigen Bremsen mit einer Motorbremse oder mit einer in der Bremswirkung gleichartigen Vorrichtung ausgerüstet sein müssen. Zum Erfüllen dieser gesetzlichen Festlegung werden bei uns in der DDR seit einigen Jahren Motorbremsen verwendet. Das Betätigen der Motorbremse ist relativ einfach, vielfach aber ihre Wirkungsweise und ihre Wirkung in Verbindung mit dem gesamten Fahrzeug nicht genug bekannt, so daß sie oft nicht ausreichend genutzt wird, zumal in den Betriebsanleitungen hierüber nahezu nichts ausgesagt wird.

1. Aufgabe, Vorteile und Wirkungsweise

Eine Motorbremse ist ein echter, verschleißloser und billiger Dauerverzögerer. Die Aufgabe einer Motorbremse ist das Erhöhen der Sicherheit und das Entlasten der Radbremsen, insbesondere bei langen Talfahrten, aber auch im Linien- oder Stadtverkehr. Das Verwenden einer Motorbremse ermöglicht ebenfalls das Steigern der Geschwindigkeit bei Talfahrten, da nicht nur bei niedriger, sondern auch bei mittlerer Geschwindigkeit noch eine verhältnismäßig große Bremskraft zur Verfügung steht.

Zu erwähnen wäre, daß die Motorbremse fast ausnahmslos Vorteile bringt, z. B. ergibt sich bei Gefällefahrt der nicht zu unterschätzende Vorteil, daß die Motortemperatur nur wenig absinkt, was nicht unwesentlich zum Erhöhen der Motornutzungsdauer beiträgt.

Bekannt ist, daß im normalen Fahrbetrieb fast ausnahmslos die Eigenverluste der Fahrzeugmotoren zum Verzögerungs-bremsen mit herangezogen werden. Da aber die Eigenverluste eines normalen Motors nur einen geringen Teil des Antriebsdrehmoments (bei LKW-Motoren $\approx 0,25 M_{d \max}$) ausmachen, kann die damit erreichbare Verzögerung, im Vergleich zur Beschleunigung mit dem vollen Motordrehmoment, auch nur diesen Anteil ausmachen. Dieses Bremsmoment wird aber immer durch die zwischen Motorschwungrad und Treibradumfang entstehenden Übertragungsverluste (15 bis 20 Prozent des durchgeleiteten Moments) vergrößert.

Genügt die Bremswirkung des Motors zum Erreichen der benötigten Verzögerung nicht, so müssen die Radbremsen der LKW zusätzlich in Anspruch genommen werden. Die kinetische Energie des LKW wird dabei in Reibungswärme umgeformt. Auf langen Gefällestrecken kann aber ein starkes Erwärmen der Bremsstrommeln, der Bremsbacken und der in ihrer Nähe befindlichen Teile des Fahrgestells eintreten und zu unerwünschten Folgeschäden führen.

Wird der Eigenwiderstand des Motors durch Einbau einer Drosselklappe in die Abgassammelleitung (Bild 1) erhöht, so kann diese Widerstandserhöhung zum weiteren Schonen der Reibungsbremsen genutzt werden. Eine solche Motor- oder „Auspuffbremse“ ist in die Abgasleitung durch Klemmen oder Flanschen eingebaut und hat besondere Bedeutung bei Fahrzeugen mit einem hohen Masse-Leistungs-Verhältnis, was bekannterweise bei LKW der Fall ist.

Zur Wirkungsweise ist zu sagen:

Wird die Motorbremse betätigt, verschließt eine Drosselklappe den Abgasleitungsquerschnitt bis auf die Abblasse-schlitze oder -bohrungen, die den Abgasgegendruck begrenzen. Mit dem Betätigen der Motorbremse wird gleichzeitig die Regelstange der Einspritzpumpe auf die Stellung „Null-förderung“ geschoben (Bild 2). Nach dem Schließen der

Drosselklappe im Abgassammelrohr kann das Gas nicht mehr frei entweichen: es erhöht den Druck im Raum zwischen den Auslaßventilen und der Drosselklappe. Durch das Einstellen der Einspritzpumpe auf „Nullförderung“ wird im Arbeitstakt keine Verbrennungswärme zugeführt, so daß die verdichtete Luft während des Arbeitstakts nur entspannt wird. Beim Öffnen des Auslaßventils am Ende des Arbeitstakts findet die expandierende Luft im Abgassammelrohr einen Gegendruck vor. Im Ausstoßtakt wird die Luft unter Erhöhung des im Abgassammelrohr vorhandenen Staudrucks in das Abgassammelrohr übergeschoben.

2. Einfluß auf den Wärmezustand des Motors

Versuche haben ergeben, daß unter der Wirkung der abgas-drosselnden Motorbremse der von einem schiebenden LKW getriebene, ohne Einspritzung drehende Motor langsamer und weniger als sonst abkühlt, da der Motor als Verdichter betrieben wird und hierbei zusätzlich Verdichtungswärme erzeugt. Bild 3 zeigt tendenziell die Bremsleistung eines abgas-gedrosselten Motors in Abhängigkeit von der Motordrehzahl. Zum Vergleich ist die Vollastleistung des Motors, wie auch der Wirkungsgrad der Motorbremse $\eta_B = (P_B/P_e) \cdot 100$ eingetragen. Ein besonderer Vorteil der Motorbremse gegenüber der Radreibungsbremse ist, daß der Wirkungsgrad mit der Motordrehzahl steigt und damit eine progressive Bremswirkung erreicht wird [1].

Bild 4 zeigt die Tendenz des Temperaturverlaufs an der Zylinderwand bei Talfahrt eines LKW mit und ohne Motorbremse sowie des Bremsleistungsgewinns mit Motorbremse, auch unter Berücksichtigung der Übertragungsverluste. Hieraus sind sehr anschaulich der bedeutend geringere Abfall der Motortemperatur mit Motorbremse und der damit ein-tretende Bremsleistungszuwachs des Motors zu ersehen.

3. Bringt die Motorbremse Nachteile?

Zum Bremsen wird, wie bereits erwähnt, der im Abgassammelrohr entstehende Staudruck ausgenutzt. Dieser Druck macht mit 2,5 bis 3 kp/cm² etwa $1/20$ -bis $1/30$ des bei der Verbrennung auftretenden Spitzendrucks aus. Hieraus könnte abgeleitet werden, daß dieser Druck dem Motor nicht gefährlich werden kann. Zu beachten ist aber, daß der Staudruck in den Ansaugtakten (Unterdruck im Zylinder) die Auslaßventile einseitig von „hinten“ belastet (s. Bild 1). Die

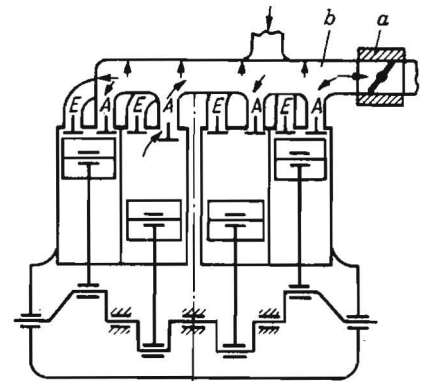


Bild 1. Motor mit abgasdrosselnder Motorbremse:
a Motorbremse mit Drosselklappe; b Abgassammelrohr

Bild 2
 Betätigung der Motorbremse am LKW W 50 L:
 a Sperrklinke zum Betätigen der Motorbremse;
 b Fahrfußhebel („Gashebel“); c Motorbrems-
 ventil, d Kurvenscheibe, e Schwinge, f Dreh-
 zahlverstellung der Einspritzpumpe, g Betäti-
 gungszylinder, h Drosselhebel, i geflächte
 Motorbremse

→ Betätigen der Motorbremse
 --- Kraftstoff, „Nullförderung“

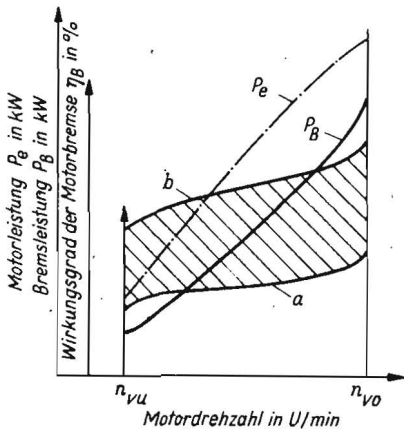
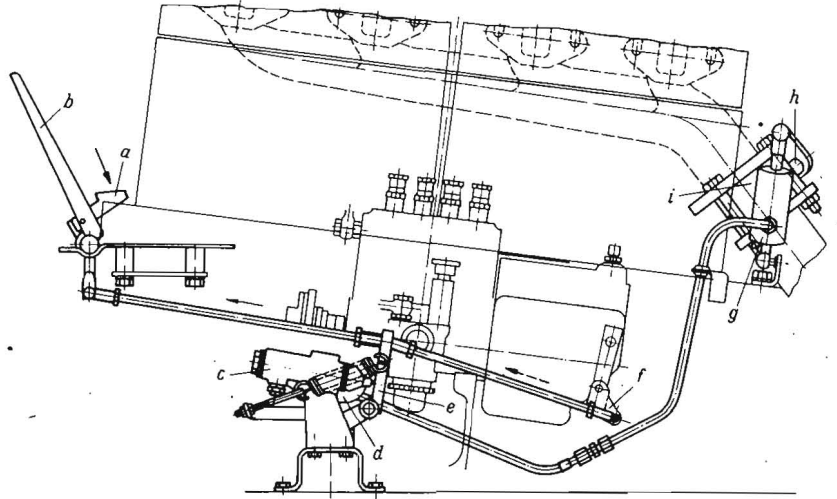


Bild 3. Bremsleistung und Wirkungsgrad einer Motorbremse (schematisch); a η_B ohne Motorbremse, b η_B bei wirkender Motorbremse, P_B Bremsleistung, P_e Vollleistungskurve bei treibendem Motor

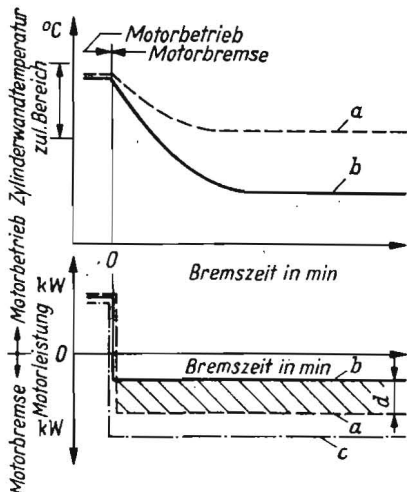


Bild 4. Zylinderwandtemperaturen und Bremsleistungsgewinn mit einer Motorbremse (schematisch); a mit Motorbremse, b ohne Motorbremse, c Bremsleistung an den Rädern beim Fahren mit Motorbremse unter Berücksichtigung der Übertragungsverluste, d Bremsleistungszunahme durch die Motorbremse

belastete Fläche (Projektionsfläche) eines Auslaßventils multipliziert mit der Staudruckhöhe ergibt eine Kraft, die entgegen der Schließkraft der Auslaßventilfeder wirkt. Diese Federkraft ist nicht veränderlich, wohl aber der Staudruck, er steigt nämlich mit zunehmender Drehzahl $\sqrt{2}$. Wegen dieser Tatsache sind werksseitig an der Drosselklappe Abblastschlitz- oder -bohrungen angebracht, die den Staudruck bei Motornendrehzahl so begrenzen, daß die Schließkraft der Auslaßventilfedern nicht überwunden wird.

Bekanntlich kann ein Dieselmotor durch seinen Regler nicht überdrehen, jedenfalls nicht, solange der Motor als Motor läuft, also antreibt. Anders sieht die Sache aus, wenn ein Motor als Bremse wirkt, also angetrieben wird. Hier ist der Regler wirkungslos, da der Motor ja mit „Nullförderung“ arbeitet. Wenn nun der Fahrer nicht aufpaßt und sofern kein Drehzahlmesser vorhanden ist, kann es vorkommen, daß der Motor gezwungenermaßen mit Überdrehzahl läuft. Mit der Drehzahl steigt auch der Staudruck. Als Folge davon können die Auslaßventile ungesteuert öffnen und auf die Kolben aufschlagen. Dieses Aufschlagen muß nicht unbedingt zu Sofortschäden führen, abgerissene Ventile können aber auch kurzfristig die Folge sein. Ventiltellerabdrücke des Auslaßventils auf dem Kolbenboden sind bei Motoren mit Auspuffbremse ein untrügerisches Zeichen, daß die Motoren mit Überdrehzahl beim Bremsen gefahren wurden. Weiter tritt unter solchen Umständen der Fall ein, daß ein knallharter Aufschlag des Ventilmechanismus erfolgt. Die Ursache dafür ist das entstehende große Ventilspiel durch das ungewollte Öffnen der Ventile, verbunden mit hohen Nockenbeschleunigungen bei überhöhter Drehzahl. Intuitiv muß daraus gefolgert werden, daß die Nutzungsdauer der genannten Teile dadurch nicht erhöht wird.

Der Fahrer darf also beim Motorbremsbetrieb keine Überdrehzahl fahren. Er muß, sofern kein Drehzahlmesser vorhanden ist, die beim Beschleunigen erreichbaren maximalen Geschwindigkeiten kennen, diese sind dann auch die Grenzen, mit denen bergab mit Motorbremse gefahren werden kann.

4. Bremswirkung mit der Motorbremse

Beim Bremsen mit dem Motor werden die durch Reibung der Kolben an den Zylinderwänden erzeugten Widerstände, die Reibung der Wellen in den Lagern und die Überschieberverluste und beim Wirken der Motorbremse besonders die Verdichtungsverluste ausgenutzt. Bild 5 zeigt schematisch die damit erreichbaren Motorbremsmomente und den Drehmomentenzuwachs mit Auspuffbremse in Abhängigkeit von

der Motordrehzahl. Die damit erreichbare Bremskraft wird nach folgender Gleichung bestimmt [3]:

$$F_B = \frac{M_{MB} i_O i_w}{r_b \eta_T} \quad (1)$$

- M_{MB} Bremsmoment des Motors
- i_O Hinterachsübersetzung
- i_w Wechselgetriebeübersetzung
- r_b betrieblicher Rollhalbmesser
- η_T Wirkungsgrad der Übertragungsteile zwischen Schwungrad und Triebbrädern

Die Gleichung für die Verzögerung eines LKW beim Bremsen mit dem Motor ohne Radgleiten lautet:

$$a_B = \frac{1}{\delta m_F} (F_{MB} + F_F + F_{St} + F_L) \quad (2)$$

- δ Koeffizient für den Einfluß der rotierenden Fahrzeugmassen
- m_F Fahrzeugmasse
- F_{MB} die durch den Motor erzeugte Bremskraft
- F_F Rollwiderstand
- F_{St} Steigungswiderstand
- F_L Luftwiderstand

Aus Gleichung 1 geht hervor, daß die durch den Fahrer erfolgende Gangwahl (Übersetzung i_w) direkt die Größe der Bremskraft beeinflusst. Die niedrigen Gänge mit den größten Übersetzungen bremsen also am stärksten, was auch im Motorbrems-Fahrzustands-Diagramm (MFD) nachgewiesen werden kann (Bild 6).

5. Entlastung der Radbremsen

Bekanntlich wird auch bei Talfahrten mit LKW ohne Motorbremse der Motor zum Bremsen verwendet und die Radbremse in der Regel in Intervallen genutzt, wenn sich das Fahrzeug zu stark beschleunigt. Durch das stärkere Bremsen des Motors mit Auspuffbremse nehmen die Zeitdauer und die Häufigkeit der Bremsintervalle mit der Radbremse ab und als Folge davon sinken die Bremsentemperatur (Bild 7) und der Verschleiß. Hinzu kommt noch, daß der Fahrer durch das geringe Betätigen weniger belastet wird und das gefürchtete Nachlassen der Bremswirkung infolge Erwärmung durch die geringe Bremsentemperatur nicht eintritt.

6. Zusammenfassung und Empfehlungen

Für LKW ab 5,5 t Gesamtmasse sind nach der StVZO Motorbremsen vorgeschrieben. Die mit Motorbremsen zusammenhängenden Probleme wurden im Beitrag dargestellt. Festzustellen ist dabei, daß Motorbremsen für LKW fast ausnahmslos Vorteile bringen. Zu nennen wären:

höhere Sicherheit, verschleißlose Zusatzbremse, Verringern des Radbremsenverschleißes, Erhöhen der Geschwindigkeit auf Gefällen, Entlasten des Fahrers und hohes Temperaturniveau des Motors, das zum Senken von Verschleiß und Verbrauch und zum Erhöhen der Nutzungsdauer führt. Das zweckmäßige Nutzen der Motorbremse ist somit ein Beitrag zum ökonomischen Materialeinsatz und zur sparsamen Energieanwendung.

Zu empfehlen ist:

- Es sollte immer der Gang gewählt werden, bei dem der Motor (zuzüglich Übertragungsverluste) eine Bremskraft bei entsprechender Geschwindigkeit ergibt (s. Bild 6), so daß man die Radbremsen nicht oft beanspruchen muß.
- Die Motorbremse ist dort zu nutzen, wo es sich anbietet, insbesondere aber bei langen Talfahrten, um die Motortemperatur zu halten und um damit den Verschleiß und den Kraftstoffverbrauch zu senken.

Bild 5 Drehmomentverlauf am Schwungrad eines Motors beim Bremsen und Antrieben (schematisch); a mit Motorbremse, b ohne Motorbremse, c beim Motorbetrieb

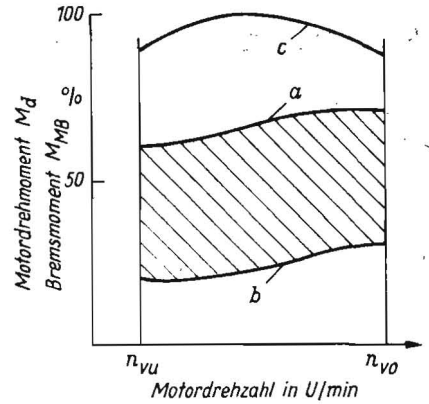


Bild 6 Motorbrems-Fahrzustands-Diagramm (MFD) (verfügbare Bremskraft bezogen auf die Gesamtmasse eines LKW)

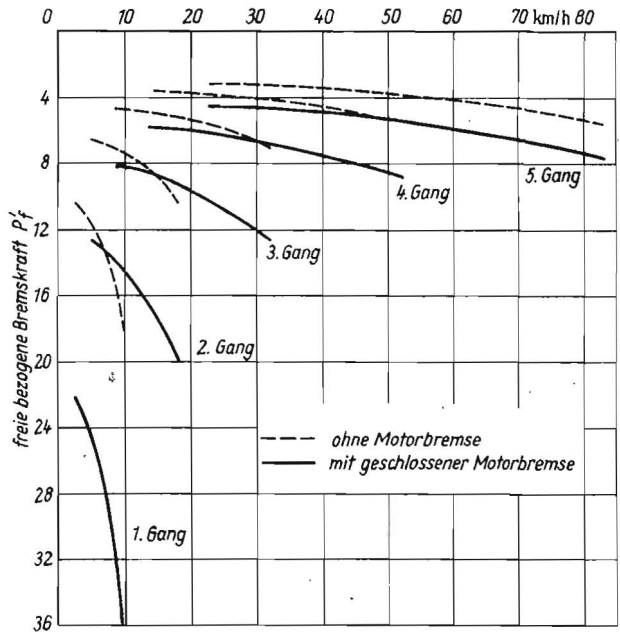
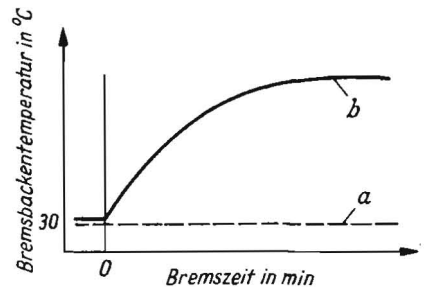


Bild 7 Bremsbackentemperaturen (schematisch); a Talfahrt mit Motorbremse; b Talfahrt ohne Motorbremse



- Beim Nutzen der Motorbremse ist mit Drehzahlmesser zu fahren, oder es müssen die maximalen Geschwindigkeiten in den einzelnen Gängen bekannt sein, damit das Überdrehen des Motors vermieden wird. Das Überdrehen kann zu Schäden am Motor führen.

Literatur

- [1] Johannis E.: Der Einfluß der Motorbremse auf den Wärmezustand des Fahrzeugdieselmotors. ATZ 57 (1955) H. 1.
- [2] -: Ist die Motorbremse für den Motor schädlich? Omnibus-Revue (1964) H. 9.
- [3] Saljagin, V. N.: Avtomobil'naja Promyslennost (1959) H. 4.