

beanspruchung besonders ungünstig. Es entstanden Zahn-Eckbelastungen, die zum Zahnbruch (Bild 19) führten.

6. Schlußbetrachtungen

Zusammengefaßt seien die Möglichkeiten des Verfahrens nochmals erläutert:

- Simulation praxisnaher Drehschwingungen auch mit negativem Drehmoment und den besonders schädigenden Drehmoment-Nulldurchgängen zur Ermittlung von Leistungsgrenze und Grenznutzungsdauer.
- Ermittlung der Schwachstellen hinsichtlich Verformung und Verschleiß zur Vermeidung von Instandsetzungen, zur Anhebung der Leistungsgrenze und Optimierung der Erzeugnisse bereits im Entwicklungsstadium.
- Durchführung von Schwingungsuntersuchungen, Ermittlung der kritischen Drehzahlen und der dabei auftretenden Beanspruchungsamplituden, Verlagerung der kritischen Drehzahlen und Dämpfungsmaßnahmen.
- Ermittlung von Grenznutzungsdauerkurven für komplette Antriebsaggregate usw.

Wird dieses Verfahren unter Berücksichtigung der Betriebsfestigkeits- und Schwingungslehre bereits im Entwicklungsstadium einer Maschine angewendet, dann ließen sich die

Instandsetzungen radikal einschränken. Die Qualität der Erzeugnisse wird gesteigert. Da man einen Drehschwingungsverlauf wiederholbar in ein Antriebssystem zeittraffend einleiten kann, lassen sich gleiche Erzeugnisse untereinander besser vergleichen. Besondere Anwendungsgebiete für diese Verfahren sind z. B. im Getriebe-, Landmaschinen-, Motoren-, Schienenfahrzeug- und im Kraftfahrzeugbau vorhanden.

Der ökonomische Nutzen kann noch nicht abgeschätzt werden.

Ein derartiger Prüfstand mit Kurbeltrieberregung wurde im IFL Dresden aufgebaut, er hat sich gut bewährt. Erste Erfahrungen liegen vor.

Diese Darlegungen sind nur als grobe Übersicht anzusehen. Bei der Lösung solcher Aufgaben ergeben sich noch eine Fülle von Teilproblemen in methodischer und technischer Hinsicht, über die im einzelnen noch später berichtet wird.

Schutzrechte für dieses Verfahren wurden im In- und Ausland angemeldet.

Literatur

Patentschrift 59 962 Kl. 42s

BÜHME, K.-H.: IFL-Bericht Nr. 6-132/65

SCHOBERT, H.: IFL-Bericht Nr. 6-59/69

A 7803

Automatisch lastabhängige Bremse durch Bremsdruckbegrenzer im Anhänger (Teil I)

Ing. E. SEILER*

Ziel des Einbaues der automatisch lastabhängigen Bremse ist es, den Bremsluftdruck der Achsen untereinander besser einer optimalen Abbremsung anzupassen. Funktionell wird dabei zur Steuerung die auf die Fahrbahn drückende Last genutzt, denn eine maximale Bremskraft kann nicht größer sein als Last mal Haftbeiwert Straße—Reifen.

1. Allgemeines

Der Einbau einer automatisch lastabhängigen Bremse, genannt ALB, wird in unserer StVZO noch nicht gefordert. Es ist aber bekannt, daß man in vielen Ländern daran arbeitet und in einigen Ländern für bestimmte Fahrzeuge der Einbau gesetzlich gefordert ist.

Bei guter Wartung und Pflege des Fahrzeuges, vor allem der Blattfedern, verbessert der Einbau der ALB das Bremsverhalten bei fast allen Beladungs- und Fahrbahnzuständen. Sie übernimmt aber nicht die Funktion einer Antiblockier-einrichtung. Hier bestimmt nach wie vor der Fahrer, wie stark aufgrund der Fahrbahnverhältnisse gebremst werden kann. Zur Sicherheit im Straßenverkehr gehört auch bei Einbau der ALB ein gefühlsmäßiges, rechtzeitiges Bremsen, denn über den vorhandenen Haftbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn müssen die Bremskräfte und die Seitenführungskräfte übertragen werden.

Mit eingebauter ALB wird die gesetzlich vorgeschriebene Verzögerung bei normalem Reibbeiwert (Trommel—Belag) mit Sicherheit gewährleistet und dann der Bremsluftdruck automatisch lastabhängig begrenzt. Im Fahrbetrieb ist Verstellen des Hand-Bremskraftreglers, Abschätzen der Last usw., nicht mehr notwendig.

Die Bremsanlage arbeitet automatisch lastabhängig. Der bisherige Hand-Bremskraftregler mit seinen Stellungen

Lösen — Leerlast — Halblast — Vollast entfällt. Die erforderliche Lösestellung wird bei ALB-Einbau durch ein halbautomatisches Dreivegeventil ermöglicht.

2. Einbau der ALB

Allgemein wird der automatisch lastabhängige Bremsdruckbegrenzer am Anhängerrahmen bzw. bei der Vorderachse am Drehschemel über Mitte Achse befestigt. Der bewegliche Hebel des Bremsdruckbegrenzers wird über ein Gestänge mit der Anhängerachse verbunden. Durch diesen Einbau wird der Federweg bei den jeweiligen Lasten zur Stellgröße für den Hebel des Bremsdruckbegrenzers. Den Einbau zeigt schematisch dargestellt Bild 1 bei verschiedenen Lasten und während des Bremsens. Dieser Einbau und Vorgang ist zunächst sehr einfach und unkompliziert. Jedoch sind dabei folgende Probleme zu beachten:

- Übereinstimmung des Federweges unter verschiedener Last mit dem ausgesteuerten Bremsluftdruck und
- Steuerung des Bremsluftdruckes bei unveränderter Last aber veränderter Verzögerung (Abbremsung).

Aus diesen beiden Punkten kann man entnehmen, daß für eine lastabhängige Regelung des Bremsdruckes über den ganzen Verzögerungs- und Lastbereich das Steuergerät auf zwei Regelgrößen reagieren müßte, und zwar

- jeweilige dynamische Achslast und
- vom Fahrer ausgesteuerter Bremsluftdruck.

Die damit verbundenen konstruktiven Probleme können hier des Umfangs wegen nicht behandelt werden.

Der vom VEB Berliner Bremsenwerk gegenwärtig zur Verfügung stehende automatisch lastabhängige Bremsdruckbegrenzer reagiert nur auf die jeweilige Achslast (Federweg) und arbeitet nach dem Prinzip der Begrenzungsregelung.

Mit ihm ist daher eine Bremsluftdruckregelung über den gesamten Verzögerungsbereich nicht möglich. Jedoch kann

* IFA-Kombinat „Anhänger“, VEB Kraftfahrzeugwerk „Ernst Grube“ Werdau

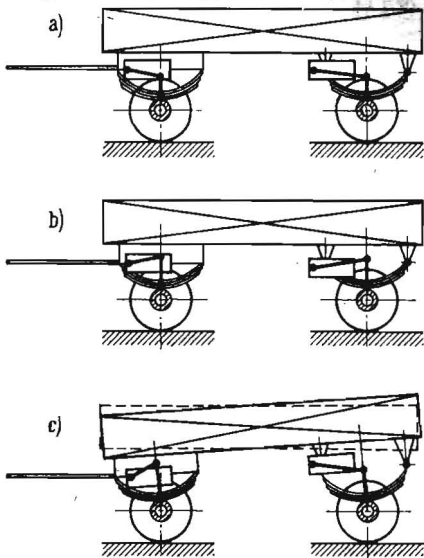


Bild 1. Einbau der ALB (Schema)

- a) ohne Nutzlast (leer) Anhängerrfedern sind wenig belastet, Anhängeraufbau steht hoch, Begrenzerhebel wird nach unten gezogen und steuert wenig Bremsluftdruck aus.
- b) Mit Nutzlast (Vollast) Unter der Nutzmasse geht der Anhängeraufbau nach unten und damit der Begrenzerhebel nach oben. Es wird viel Bremsluftdruck ausgesteuert.
- c) Mit Nutzlast und dynamischer Laständerung Durch die dynamische Achslastverlagerung beim Bremsen wird zusätzlich vorn mehr und hinten weniger Bremsluftdruck einreguliert.

damit ein sehr gutes Anhängerbremsverhalten erzielt werden. Dazu wird der Verzögerungsbereich beim Einsatz des automatisch lastabhängigen Bremsdruckbegrenzers in einen unregelmäßigen Bereich aufgeteilt. Diese Aufteilung sowie das Verhalten zeigt Bild 2.

Der Diagrammaufbau im oberen Bildteil ist so gewählt, daß für jede mögliche Abbremsung der erforderliche Haftbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn abgelesen werden kann. Würde der Haftbeiwert der Vorderachse (VA) und der Hinterachse (HA) immer auf der $a = \mu$ -Linie liegen, so wäre das Bremsverhalten ideal. Physikalisch bedingt verlaufen aber im unregelmäßigen Betrieb die Haftbeiwertkurven gekrümmt. Mit Einbau der ALB bietet sich nun an, im unteren

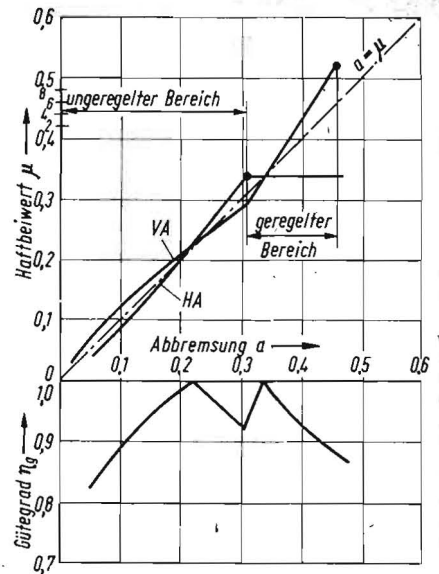


Bild 2. Allgemeines Bremsverhalten mit ALB (Bremsdruckbegrenzer)

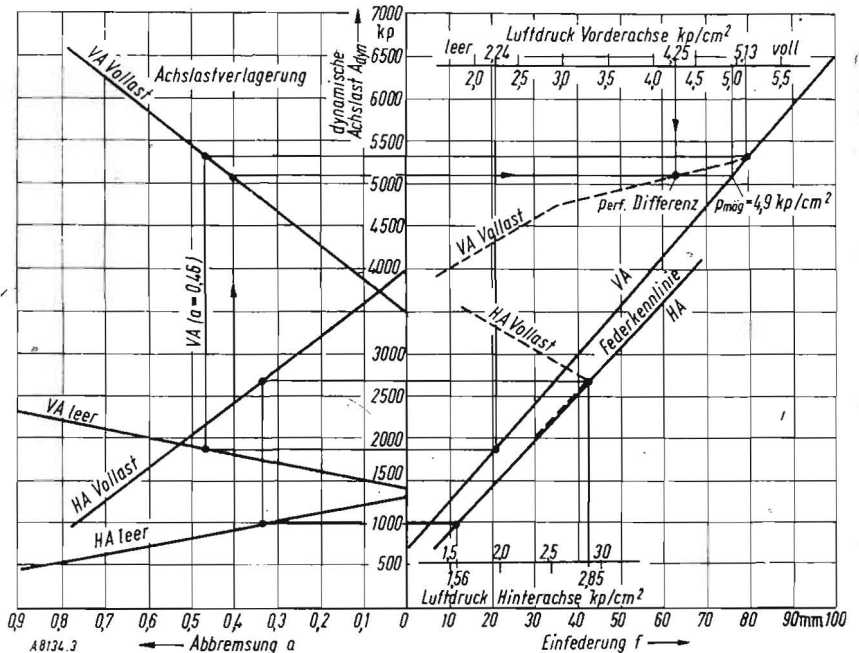
Bereich die Kurven enger zu legen ($\mu_V \approx \mu_H$), durch Einbau größerer Bremszylinder und Bremshebel an der HA.

Dadurch spricht auch die HA-Bremse beim Bremsen eher an als bisher und verbessert bei geringen Bremsungen (z. B. bei Straßenglätte) das Bremsverhalten. Wandert die Kurve der HA über die $a = \mu$ -Linie, so heißt das, daß die HA zuerst blockieren würde, wenn die Haftbeiwertgrenze erreicht wird. Dieses Zuerstblockieren der HA muß möglichst in geringen Grenzen gehalten werden, da der Anhänger in diesem Zustand zum Schleudern neigt. Um dies zu vermeiden, wird der Begrenzer der HA eher eingesetzt als der der VA (siehe Punkt auf der Geraden). Mit der VA kann nach diesem ersten Einsatzpunkt die Verzögerung weiter gesteigert werden bis auch sie im oberen Punkt begrenzt wird. Jeder Schnittpunkt mit der $a = \mu$ -Linie bedeutet ideales Bremsverhalten. An diesen Stellen ist der unten aufgetragene Gütegrad $\eta_g = 1$

Der Gütegrad wird bestimmt durch das Verhältnis der Abbremsung zu dem bei der Abbremsung erforderlichen größten Haftbeiwert.

Bild 3

Achslastverlagerung und Federdiagramm je Achse. Beispiel Vorderachse: um $a = 0,40$ zu erreichen, ist ein Luftdruck $p_{\text{perf.}} = 4,25 \text{ kp/cm}^2$ erforderlich. Bei $a = 0,40$ entsteht bei Vollast eine dynamische Achslast $A_{\text{dyn}} = 5100 \text{ kp}$. Durch dieses A_{dyn} erfolgt eine Einfederung, die den Bremsdruckbegrenzerhebel soweit verstellt, daß er einen Luftdruck $p_{\text{mögl.}} = 4,95 \text{ kp/cm}^2$ durchlassen würde. Der Differenzluftdruck $\Delta p = 4,95 - 4,25 = 0,7 \text{ kp/cm}^2$ kann zur weiteren Steigerung der Abbremsung verwendet werden



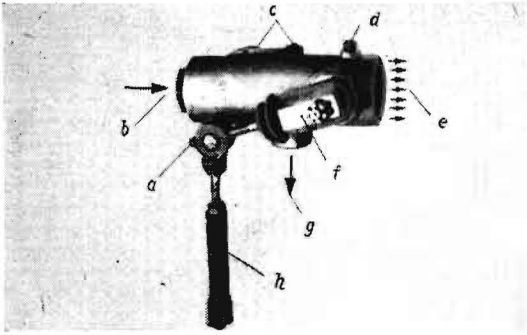


Bild 4. Bremsdruckbegrenzer (VEB Berliner Bremsenwerk). *a* Begrenzerhebel, *b* Bremslufteintritt, *c* Befestigungsschrauben, *d* Einstellschraube, *e* Entlüftung, *f* Schwingungsdämpfer, *g* Bremsluftaustritt — geregelt, *h* Verbindungsgestänge

Dem weiteren Verständnis des ALB-Einbaues soll Bild 3 dienen. Das Diagramm zeigt links die dynamische Achslast über der Abbremsung, also die Achslastverlagerung und rechts die dynamische Achslast über dem Federweg, d. h. ein Federdiagramm je Achse mit ungedeckelter Masse und Federhysterese. Es ist bekannt, daß zu jedem Punkt des Federweges eine bestimmte Last und damit — abhängig von der Abbremsung — auch ein bestimmter Bremsluftdruck gehört. Deshalb wurde am oberen Rand eine Bremsluftdruckskala aus den bekannten Werten für Leer- und Vollast der Vorderachse und entsprechend unten für die Hinterachse eingezeichnet.

Nimmt man einen bestimmten Beladungszustand an, so ergibt sich für jeden Abbremsungspunkt ein erforderlicher Bremsluftdruck. Trägt man diese ein und verbindet sie, so ergibt sich der gestrichelte Linienzug, oben für die VA und unten für die HA. Beide Linien kennzeichnen den erforderlichen Bremsluftdruck für eine bestimmte Beladung. Bei einer Abbremsung bewegt sich nun der erforderliche Bremsluftdruck auf dem gestrichelten Linienzug und die Begrenzerhebelstellung verändert sich entsprechend der Federkennlinie.

Dadurch, daß der Bremsdruckbegrenzer nur für jeweils einen Punkt stimmend angebauet wird ($HA a = \mu \approx 0,34$ und $VA a \approx 0,46$), läßt er vor diesem Punkt immer mehr Bremsluftdruck hindurch als erforderlich ist, siehe Strecke p_{erf} und $p_{\text{mögl}}$. Diese Differenz ermöglicht dem Fahrer eine weitere Steigerung der Abbremsung, bis der gestrichelte Linienzug die Federkennlinie trifft. Nach dem Schnittpunkt ist keine Steigerung der Abbremsung mehr möglich, da der Bremsdruckbegrenzer seiner Aufgabe gemäß z. B. bei leerem Anhänger den vom Fahrer angesteuerten vollen Bremsluftdruck nicht hindurchläßt, weil in diesem Falle die gestrichelte Linie wesentlich tiefer liegt. Wie weiter aus Bild 3 ersichtlich ist, trifft die Hinterachse früher auf die Federkennlinie und geht auf ihr zurück. Dadurch entsteht im μ - a -Diagramm (Bild 2) das Abschneiden der HA bei $\mu_H \approx 0,34$. Der Knick in der VA-Bremsdrucklinie (gestrichelter Linienzug im Bild 3) entsteht durch das frühere Einsetzen der Regelung an der HA.

3. Bremsdruckbegrenzer

Bild 4 zeigt den vom VEB Berliner Bremsenwerk zur Verfügung stehenden Bremsdruckbegrenzer. Durchgeführte Messungen ergaben sehr kurze Steuerzeiten, so daß mit diesem Gerät auch die dynamische Achslastverlagerung berücksichtigt werden kann. Hinsichtlich der Bremsdruckaussteuerung zum Begrenzerhebelweg (Federweg) zeigt er im erforderlichen Druckbereich ein lineares Verhalten. Beim Anbau des Bremsdruckbegrenzers muß durch Ermittlung der statischen Achslasten, Schwerpunkthöhen, Achslast-

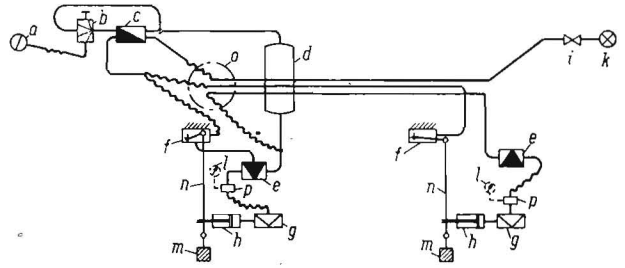


Bild 5. Bremschema. *a* Kupplungskopf mit Stift, *b* Dreiwegeventil, *c* Anhänger-Steuerventil, *d* Luftbehälter, *e* Schnellbremsventil, *f* automatisch lastabhängiger Bremsdruckbegrenzer, *g* Schnelllöseventil, *h* Bremszylinder, *i* Absperrhahn, *k* Kupplungskopf mit Ventil, *l* Manometer, *m* Achse des Anhängers, *n* Verbindungsgestänge, *o* Anhänger-Drehkranz, *p* Anschluß für Manometer

verlagerung, dynamischen Achslasten und einer möglichst genauen Federkennlinie mit Hysterese sowie unter Beachtung von eingebautem Achstyp, Bremszylinderdurchmesser und Bremshebellängen dafür gesorgt werden, daß beim jeweils erforderlichen Bremsluftdruck der Begrenzerhebelweg mit dem Federweg des Anhängers bei bestimmten Abbremsungen übereinstimmt. Alle Zusammenhänge wurden formelmäßig erfaßt, die nötigen Festlegungen erfolgen zum Teil durch Auftragen von Diagrammen.

Es sei noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Bremsdruckbegrenzer den vom Fahrer angesteuerten Bremsluftdruck nicht erhöhen, sondern nur verringern kann. Daher ist es nach wie vor verantwortungslos, wenn ein voller Anhänger an einen leeren LKW angehängt und gefahren wird. Der umgekehrte Fall, voller Motorwagen mit leerem Anhänger, wird dagegen mit der ALB einwandfrei beherrscht.

4. Bremsanlage mit ALB

Bild 5 zeigt das Bremschema eines Anhängers mit eingebauter ALB. Allgemein kann gesagt werden, daß die normale verbesserte Bremsanlage mit eingebautem Schnellbrems- und Schnelllöseventil nur geringfügig geändert wird. Bei diesem Bild wurde der Begrenzer vor das Schnellbremsventil gesetzt. Erfolgt ein umgekehrter Einbau, d. h. Schnellbremsventil vor Begrenzer, so kann eine der drei nach hinten führenden Leitungen entfallen, wenn das Schnellbremsventil der HA nach vorn zum Luftbehälter gesetzt wird.

Durch den ALB-Einbau verändert sich:

- Der bisher am Anhängersteuerventil *c* angeschraubte Handbremskraftregler entfällt;
- Die dadurch fehlende Handlösemöglichkeit wird wieder hergestellt durch den Einbau eines Dreiwegeventiles *b*;
- Der automatisch lastabhängige Bremsdruckbegrenzer *f* wird an der VA und HA eingebaut und durch Gestänge *n* mit der Achse bzw. mit dem Anhängerrahmen verbunden;
- Der leitungsmäßig günstigste Anschluß ist zwischen Schnellbremsventil *e* und Schnelllöseventil *g*;
- Zur Verbesserung des Bremsverhaltens im unregelmäßigen Bereich (geringe Abbremsung) werden die Bremszylinder *h* der HA durch größere ersetzt;
- Nach Einbau erfolgt die Einstellung mit Bremsluftdruck durch den Einbau eines Manometers am Anschluß *p* und Verstellen des Verbindungsgestänges *n* sowie der Begrenzerhebellänge;
- Sollte an der VA des Anhängers ein Regelventil eingebaut sein, so entfällt dieses.

(Wird fortgesetzt)

A 8134/1