

Fahrerassistenzsysteme für Traktoren

Fahrerassistenzsysteme sind aus der heutigen Automobil und Nutzfahrzeugbranche nicht mehr wegzudenken. Es ist davon auszugehen, dass auch im Bereich der Traktoren diese Assistenzsysteme in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen werden. Die hier angesprochenen Assistenzsysteme können den Bremsvorgang verbessern, zusätzlich die Fahrstabilität erhöhen und so die Fahrsicherheit für den Fahrer und die anderen Verkehrsteilnehmer entscheidend steigern. In diesem Beitrag soll der grundsätzliche Aufbau solcher Systeme dargestellt und in Bezug zu Traktoren gesetzt werden.

Dipl.-Ing. Kay Lehmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachgebietes Konstruktion von Maschinensystemen (Leitung: Prof. Dr.-Ing. Henning Jürgen Meyer) der Technischen Universität Berlin, Sekr. LT1 Zoppoter Str. 35, 14199 Berlin; e-mail: Kay.Lehmann@tu-berlin.de

Schlüsselwörter

Traktor, Bremsen, Fahrerassistenzsysteme

Keywords

Tractor, brakes, driver assistance system

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • Bosch, Sicherheits- und Komfortsysteme. 3. Auflage. Robert Bosch GmbH [Hrg.], Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2004
- [2] • Wiegandt, M.: Grundlagen eines Traktorbremensmanagements. Forschungsbericht des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik, Shaker Verlag, Aachen, 2004

Fahrerassistenzsysteme dienen der Unterstützung und Entlastung des menschlichen Fahrers. Es sind zwei Kategorien zu unterscheiden. Ein Teil der Systeme dient vor allem der Komfortsteigerung (Einparkhilfen) und soll dem Fahrer in unangenehmen Situationen behilflich sein. Zur zweiten Kategorie gehören die sicherheitsrelevanten Systeme, die den Fahrer bei Aufgaben unterstützen, die durch technische Systeme besser oder zumindest in gleicher Qualität bewältigt werden können. Zu den bekanntesten sicherheitsrelevanten Systemen gehören das Antiblockiersystem (ABS) und das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP), auf die später näher eingegangen wird. Weiterhin findet man heute häufig folgende Systeme:

- Antriebs-Schlupfregelung (ASR), die dem Durchrutschen der Räder vor allem beim Anfahren vorbeugen soll
- Bremsassistent, der entsprechend der Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals im Bedarfsfall eine Vollbremsung einleitet
- Adaptive Cruise Control (ACC) zur adaptiven Geschwindigkeitsregelung
- Abstandsregler

Alle zuvor genannten Systeme sind jedoch vor allem im PKW-Bereich etabliert. Während im LKW-Bereich für größere Fahrzeuge ABS bereits gesetzlich vorgeschrieben ist und ESP ebenfalls vermehrt Einzug in die Fahrzeuge hält, verläuft diese Entwicklung bei Traktoren anders. Nur wenige

Traktoren (von einigen Spezialfahrzeugen abgesehen) sind mit Assistenzsystemen ausgestattet. Grund für diese Entwicklung ist erstens die grundsätzlich andere Fahrzeugkonzeption von Traktoren gegenüber Nutzfahrzeugen und Automobilen und zweitens das andere Einsatzgebiet. Der nachgewiesene vorhandene Nutzen von Fahrerassistenzsystemen in Nutzfahrzeugen und Automobilen sowohl für den Fahrer als auch andere Verkehrsteilnehmer ist die Motivation in diesem Beitrag, solche Systeme für Traktoren zu diskutieren.

Funktionsweise der Fahrerassistenzsysteme ABS und ESP

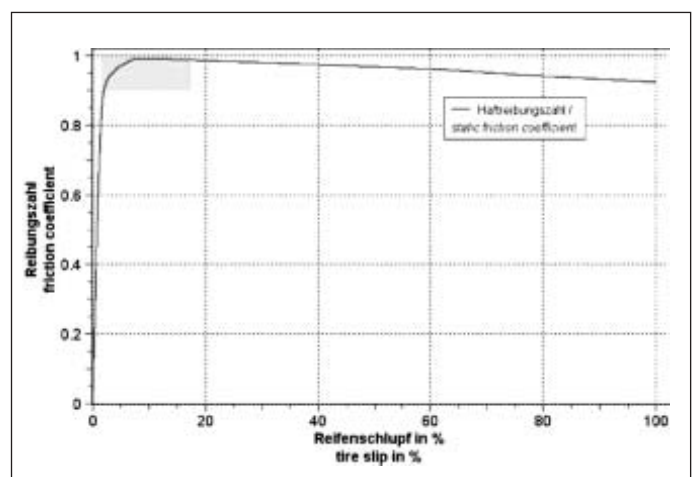
Der Schwerpunkt für die Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme von Traktoren sollte zunächst auf den erfolgreichen und etablierten Systemen ABS und später ESP liegen. Die Funktion dieser beiden Systeme wird im Folgenden näher erläutert. Dabei muss angemerkt werden, dass die neueren ESP-Ausführungen die ABS-Funktionalität bereits enthalten.

Antiblockiersystem - ABS

Das am meisten verbreitete System ist mit Sicherheit das ABS. Ziel von ABS ist es, dem Blockieren der Räder vorzubeugen und dadurch die Lenkbarkeit zu erhalten und den optimalen Reifenschlupf einzustellen. Dabei wird der Lenkbarkeit, also der Beherrsch-

Bild 1 Verlauf der Haftreibungszahl in Abhängigkeit vom Reifenschlupf auf trockener Straße

Fig. 1: Course of the static friction coefficient depending on tire slip on a dry street



barkeit und Stabilität des Fahrzeugs, die Priorität eingeräumt. Das bedeutet, dass beim ABS nicht zwingend auch eine Verbesserung des Bremsweges erreicht wird. Dies ist nur in solchen Fällen möglich, in denen die Reibungszahl bei Haftreibung höher ist als die der Gleitreibung. Für die meisten Reibpaarungen Reifen/Fahrbahn trifft dies glücklicherweise auch zu, jedoch bildet beispielsweise Schnee hier eine Ausnahme. Nach [1] kann dieser Effekt durch die zusätzliche Bremswirkung eines sich bildenden Schneeketts begründet werden. Ein solcher Effekt ist eventuell auch auf den Offroadbereich übertragbar, so dass diese Prioritätensetzung hinsichtlich der Fahrstabilität und Lenkbarkeit betont werden soll.

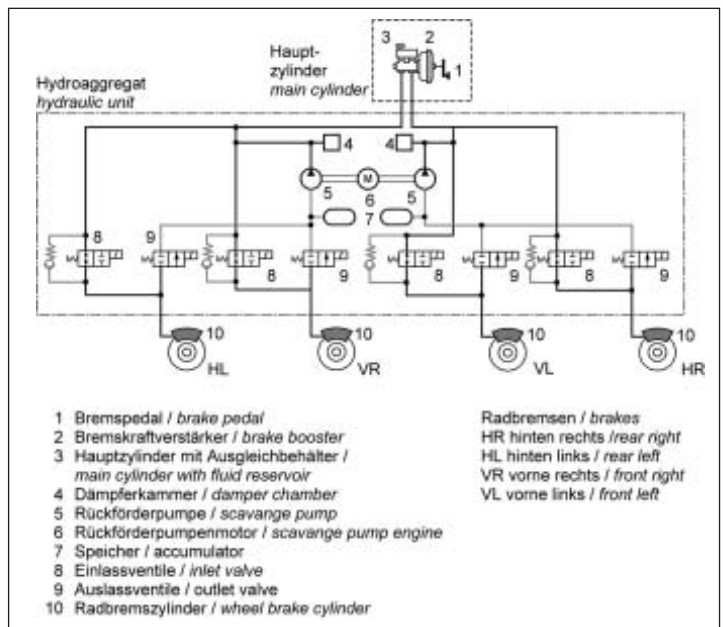
Um seine Zielsetzung zu erreichen, wird beim ABS versucht, den Reifenschlupf (meist über Hilfsgrößen, wie den Vergleich von Raddrehzahlen) zu erfassen und diesen im Falle der Bremsung möglichst im Bereich der maximalen Haftreibungszahl zu halten. Bild 1 zeigt nach [1] einen typischen Reibungszahlverlauf in Abhängigkeit vom Reifenschlupf. Ebenfalls gekennzeichnet ist der Regelbereich des ABS. Es ist zu erkennen, dass die Regelung in einem relativ niedrigen Schlupfbereich einsetzt und die Reibungszahl auf dem maximalen Niveau hält.

Der Eingriff des ABS bewirkt, dass einerseits der Bremsdruck bei Bedarf verringert wird. Andererseits wird durch Schließen eines Ventils das Bremspedal von der Bremse entkoppelt, so dass eine Pedaldruckerhöhung durch den Fahrer nicht zu einer weiteren Erhöhung des Bremsdrucks führt. Bild 2 zeigt zur Verdeutlichung der Funktion den prinzipiellen Aufbau eines ABS-Systems.

Elektronisches Stabilitätsprogramm - ESP
Das elektronische Stabilitätsprogramm ist das eine Art Gesamtregelungskonzept zu verstehen. Es integriert die Assistenzsysteme ABS und ASR und greift sowohl in das Bremssystem ein als auch in das Motormanagement (Motorschleppmomentregelung MSR). Ziel ist es, kritische Fahrsituationen zu entschärfen, die den Fahrer überfordern können. Dazu wird das Bremssystem zur Lenkung des Fahrzeuges „mißbraucht“ und durch selektive Bremsung einzelner Räder das Fahrzeug in der gewünschten Spur gehalten. Diese Zielsetzung geht einher mit einem nennenswerten sensorischen Aufwand. Neben der obligatorischen Erfassung des Radschlupfs an allen vier Reifen, benötigt man Informationen über die gewünschte Fahrtrichtung oder Spur, also den Lenkradeinschlag. Ebenso ist zum Erkennen von kritischen Fahrsituationen die Giergeschwindigkeit um die Fahrzeughochachse notwendig. Jedoch erreicht man durch ESP signifikante Sicherheitssteigerungen, wie

Bild 2 Schematischer Aufbau eines ABS

Fig. 2: Schematic structure of ABS



- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 Bremspedal / brake pedal | Radbremsen / brakes |
| 2 Bremskraftverstärker / brake booster | HR hinten rechts / rear right |
| 3 Hauptzylinder mit Ausgleichbehälter / main cylinder with fluid reservoir | HL hinten links / rear left |
| 4 Dämpferkammer / damper chamber | VR vorne rechts / front right |
| 5 Rückförderpumpe / scavenge pump | VL vorne links / front left |
| 6 Rückförderpumpenmotor / scavenge pump engine | |
| 7 Speicher / accumulator | |
| 8 Einlassventile / inlet valve | |
| 9 Auslassventile / outlet valve | |
| 10 Radbremszylinder / wheel brake cylinder | |

man an dem berühmt gewordenen Elchtest der A-Klasse von Mercedes Benz sehen kann. Ähnlich wie bei der A-Klasse besteht auch bei Traktoren durch den hohen Schwerpunkt, die großen Federwege und verschiedenen Beladungssituationen die Gefahr des Umstürens bei solchen Fahrmanövern in höheren Geschwindigkeitsbereichen.

Stand der Technik - Bremssysteme von Traktoren

Um einen Überblick über mögliche Einsatzszenarien von Fahrerassistenzsystemen zu bekommen, ist eine Betrachtung verfügbarer Bremssysteme und deren Eignung für die genannten Systeme unerlässlich.

In modernen Traktoren ist die Bremsung sowohl der Hinterachse als auch der Vorderachse inzwischen Standard geworden. Frühere Arbeitsmaschinen waren häufig nur über die Hinterachse gebremst, was eine Beeinflussung der Fahrstabilität über die Bremse erschwert hätte. Positiv ist zu bewerten, dass zumindest die Hinterachsbremse im Normalfall auch für die einzelnen Räder getrennt betätigt werden kann. Zwar sind die vom Fahrer zu bedienenden Pedale während normalen Transportfahrten mechanisch zu verbinden, jedoch ist die getrennte Betätigungsmöglichkeit hydraulisch bereits vorhanden, was weniger Veränderungen hinsichtlich einer vollständigen ESP-Implementierung im Traktor ermöglicht. Die Vorderachsbremse ist diesbezüglich kritischer zu sehen, da häufig noch eine Bremsung vor dem Differential vorgesehen ist, so dass nur die gesamte Achse gebremst wird. Im ungünstigsten Fall findet man bei allradgetriebenen Fahrzeugen eine Kopplung der Vorderachse mit der Hinterachsbremse, die dementsprechend die gesamte Bremsleistung verarbeiten muss. Um ein System ähnlich dem ESP in Traktoren einsetzen zu können, ist jedoch eine getrennte Bremsmöglichkeit der einzelnen Räder wünschenswert.

Interaktion mit weiteren Regelsystemen

Ein wichtiger Aspekt, der bei der Entwicklung des Bremsmanagements von Traktoren beachtet werden muss, ist die Interaktion der verschiedenen Regelkreise. So wird bei den modernen Maschinen auch der Motor zur Bremsung hinzugezogen, so dass dieser und auch die inzwischen üblichen stufenlosen Getriebe bei dem Gesamtkonzept mit berücksichtigt werden müssen. Dieser Bereich wird in [2] näher untersucht und ein Schritt in die Richtung eines Gesamtregelungskonzeptes zum Bremsmanagement unter Einbeziehung des Motormanagements getan. Neben dem Motormanagement ist auch das Fahrwerksmanagement zu berücksichtigen, da nur bei ausreichendem Bodenkontakt eine optimale Bremswirkung zu erreichen ist. Die Steigerung der Sicherheit durch aktiven Eingriff in das Fahrwerk ist neben dem Bremsmanagement ebenso ein Forschungsschwerpunkt am Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen der TU Berlin. Weiterhin darf die EHR des Heckdreipunktes nicht außer Acht gelassen werden.

All diese Regelungen müssen in einem marktreifen System optimal aufeinander abgestimmt sein und zusammenspielen.

Fazit

Die Bremssysteme in Traktoren unterscheiden sich von denen, die in typischen Fahrzeugen mit ESP oder ABS zum Einsatz kommen. Der Einsatz solcher Fahrerassistenzsysteme erfordert also die Anpassung der Bremssysteme und der Assistenzsysteme an die besonderen Anforderungen in Traktoren. Dabei bedarf es auch der Optimierung hinsichtlich der Interaktion der verschiedenen Regelungen, die man in einem Traktor antrifft.