

Martin Rempfer, Garching

# Einfluss des Reifenluftdrucks auf Lastkollektive im Traktor-Antriebsstrang

Die Dimensionierung von Antriebsstrangelementen bei Traktoren und Landmaschinen nach der Methode der Betriebsfestigkeit benötigt Lastkollektive, die unter repräsentativen Einsatzbedingungen der Maschine gewonnen werden. Nachfolgend soll speziell der Einfluss des Reifenluftdrucks beleuchtet werden, um die Auswirkungen moderner Reifen und deren Parameter auf die Getriebedimensionierung abschätzen zu können.

Um die steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

Hintergrund der laufenden Untersuchungen, die im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts am Lehrstuhl für Landmaschinen der TU München (Garching) durchgeführt werden, ist die Frage, ob die Verbesserungen im Bereich der Bereifung von Traktoren sowie der Einsatz von Reifendruckverstellanlagen

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

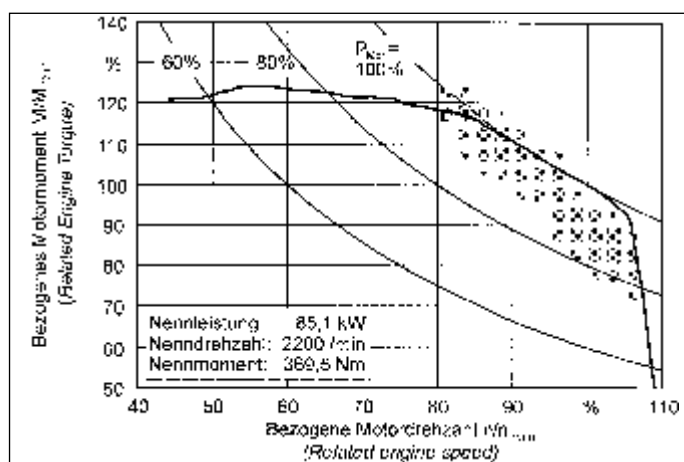


Fig. 1: Matrix of exceedance time of engine utilization concerning load spectrum  $\zeta=100\%$  (fig. 2 and 3). 36/36-transmission with three power shift gears, no shifting, no start and lifting operations, no head land operation. Loads with high frequency are smoothed.

Dipl.-Ing. Martin Rempfer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landmaschinen (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. K.Th. Renius) der TU München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching; e-mail: rempfer@ltm.mw.tum.de

## Schlüsselwörter

Traktor, Antriebsstrang, Lastkollektiv, Reifenluftdruck

## Keywords

Tractor, drive line, load spectra, tire inflation pressure

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

## Methode

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

## Lastkollektive

zu steigenden Anforderungen an Treibradreifen für Traktoren zu erfüllen (Wirtschaftlichkeit, Tragfähigkeit, Bodenschonung), werden Reifen mit höchster Tragfähigkeit bei kleinen Innendrücken und besonders großen Luftdruckverstellbereichen entwickelt. Niedrige Reifendrucke verbessern dabei das Betriebsverhalten auf dem Acker, hohe haben Vorteile auf der Straße [1]. Reifendruckverstellanlagen erleichtern diese Anpassung.

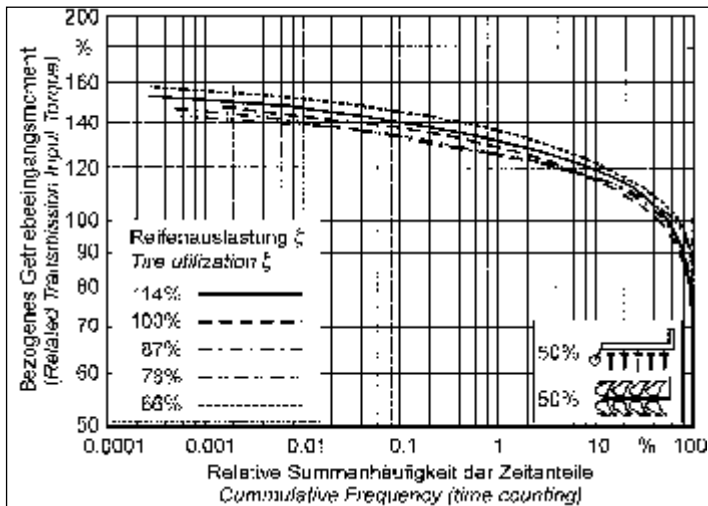


Bild 2: Vergleich der Lastkollektive des Getriebeeingangsmoments für gleiche Arbeiten bei verschiedenen Reifenauslastungen (eingestellt über den Reifendruck). 100% Last entspricht Motornennmoment

Fig. 2: Comparison of load spectra of transmission input torque for the same tasks with different tire utilization (adapted by the tire inflation pressure). 100% load means rated engine torque.

ren gut geeignet, wenn die Drehzahl nicht oder nur geringfügig variiert [3]. Dies bedeutet für die hier diskutierten Messungen, dass eine Auswertung nach Zeitanteilen unter Berücksichtigung der Drehzahl auch als Häufigkeitsverteilung der Lastspiele verstanden werden kann.

Darüber hinaus ist die Auswertung in Form von Zeitanteilen als einparametrisches Zählverfahren auch gut geeignet, um die Kollektive zu vergleichen und den Einfluss der betrachteten Parameter zu beurteilen.

Zur Einordnung der jeweiligen Motorauslastung während der Messung dienen sogenannte Verweildauermatrixen für das Motorkennfeld, wie sie auch von Vahlensieck schon vorgestellt wurden [2]. Bild 1 zeigt das am Rollenprüfstand des Lehrstuhls gemessene Motorkennfeld des verwendeten Traktors (ein Bericht dazu ist in Vorbereitung) sowie die Verweildauer während der den Kollektiven mit Reifenauslastung 100% zugrundeliegenden Messungen (hochfrequente Belastungsamplituden für die Verweildauermatrixen geglättet, bei den Lastkollektiven jedoch berücksichtigt).

Um eine allgemeine Anwendbarkeit der Kollektive zu ermöglichen, müssen geeignete Normierungen gefunden werden. Nach Renius [3] empfiehlt es sich, das Getriebe-moment auf das Motornennmoment (hier: 369,5 Nm bei 2200 min<sup>-1</sup>) zu beziehen. Die Drehmomente an den Rädern werden nach [3] mit den jeweiligen statischen Reifenhalm-messern (hier: 0,78 und 0,60 m) zur Summe der Radumfangskräfte zusammengefasst und auf das Fahrzeugleergewicht (hier: 50 kN) bezogen. Dadurch lassen sich die Kollektive auf alle Standardtraktoren mit unterschiedlichen Leistungen und Leergewichten anwenden.

## Ergebnisse

Zur Normierung der Reifenbelastung dient die Reifenauslastung  $\zeta$ , [4]. Sie bezieht die momentane auf die zulässige Radlast bei dem eingestellten Reifendruck und maximaler Fahrgeschwindigkeit 10 km/h.

Bild 2 und 3 zeigen die Gegenüberstellung von Zeitanteilekollektiven für das bezogene Getriebeeingangsmoment und die bezogene Radumfangskraft. Verglichen werden Messungen für fünf Reifenauslastungen (66% bis 114%).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lastkollektive sowohl am Getriebeeingang (Bild 2) wie auch an den Rädern (Bild 3) sehr nahe beieinander liegen. Es treten durch die Reifendruckanpassung verschiedene Effekte auf, die sich gegenseitig teilweise kompensieren.

Die Erhöhung der Reifenauslastung durch Absenken des Reifendrucks bringt eine Verbesserung des Triebkraftbeiwertes. Gleichzeitig sinkt der Rollwiderstand aufgrund der größeren Reifenaufstandsfläche und der geringeren Spurbildung. Die Summe aus Rollwiderstand und Triebkraft, also die Radumfangskraft steigt jedoch nur geringfügig an, was zur leichten Erhöhung der Antriebsmomente führt. Entgegengesetzt wirkt sich aus, dass sich bei der Reifendruckabsenkung der Rollradius, also der Hebelarm der Radumfangskraft reduziert.

Tendenziell ist festzustellen, dass sowohl eine zu geringe Auslastung wie auch eine Überlastung der Reifen zur Erhöhung der Lastkollektive führt. Grund hierfür ist der Fahrwerkswirkungsgrad, also das Verhältnis aus Zugleistung und Radnabenleistung. Dieser hängt entscheidend vom Reifendruck ab, da Schlupf und Kraftschlussbeiwert direkt

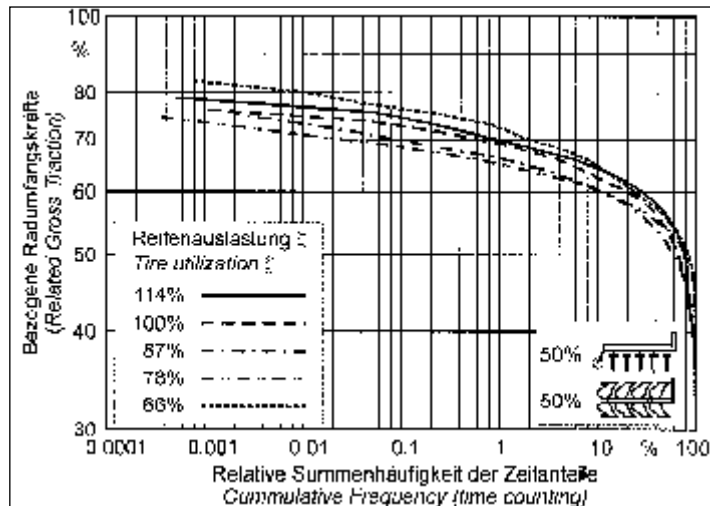


Bild 3: Vergleich der Lastkollektive der Radumfangskraft für gleiche Arbeiten bei verschiedenen Reifenauslastungen (eingestellt über den Reifendruck). 100% Last entspricht Traktorleergewicht

Fig. 3: Comparison of load spectra of the gross traction for the same tasks with different tire utilization (adapted by the tire inflation pressure). 100% load means tractor empty weight.

eingehen. Beide erhöhen sich jedoch bei steigender Reifenauslastung. Soll wie im hier vorgestellten Fall die Zugleistung (Zugkraft und Geschwindigkeit) gleich bleiben, führt die Erhöhung des Fahrwerkswirkungsgrades zu einer tendenziellen Abnahme der Lastkollektive im Antriebsstrang. Die Unterlastung der Reifen (zu hoher Schlupf) und die Überlastung (hoher Rollwiderstand) reduzieren die Fahrwerkswirkungsgrade.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Reifennendruck nur geringen Einfluss auf die Lastkollektive im Antriebsstrang hat. Sehr entscheidend ist, ob durch Gangwahl und Geräteeinstellung bei den gegebenen Bodengegebenheiten und der optimalen Reifenauslastung die Motorauslastung optimiert werden kann. Gelingt dies, so ist für hohe Reifenauslastungen auch mit schärferen Kollektiven zu rechnen.

## Literatur

- [1] Rempfer, M.: Grundlagen der automatischen Reifenluftdruckverstellung bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Agrartechnische Forschung 4 (1998), H. 1, S. 46-55
- [2] Vahlensieck, B.: Messung und Anwendung von Lastkollektiven für einen stufenlosen Kettenwandler-Traktorfahrtrieb. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 385. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1999
- [3] Renius, K.: Last- und Fahrgeschwindigkeitskollektive als Dimensionierungsgrundlage für die Fahrgetriebe von Ackerschleppern. Fortschritt-Berichte der VDI-Z, Reihe 1, Nr. 49. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1976
- [4] Steinkamp, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Ackerschlepper. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 27, 1975