

Zum Schlupf beim Fahrzeugeinsatz

Dipl.-Ing. H. Schulz, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Das kraftschlüssige Erzeugen von Antriebskräften ohne Schlupf ist bekannterweise nicht möglich. Beim Fahrzeugeinsatz muß es aber immer darum gehen, daß diese durchweg Verlust bedeutende und den Einsatz bewertende Größe so gering als möglich ist. Der Schlupf von Antriebsrädern ist wie folgt definiert:

$$S = \frac{s_{th} - s_F}{s_{th}} = 1 - \frac{s_F}{s_{th}}; \quad (1)$$

s_F wirklich zurückgelegter Weg
 s_{th} „schlupfloser“ Abrollweg.

Ein Rad rollt schlupflos ab, wenn am Radumfang keine resultierenden Horizontalkräfte und damit auch keine horizontale Bodenverformung in der Berührungsfläche auftreten. Angenommen werden kann, daß bei einem schlupflos abrollenden Rad lediglich durch ein Antriebsmoment der Eigenrollwiderstand überwunden wird; es zieht nicht und wird auch nicht gezogen [1] [2].

Der Schlupf ist nicht unmittelbar zu messen. Für seine Bestimmung gibt es verschiedene Methoden, die aber direkt oder indirekt das Ermitteln des schlupflosen Weges s_{th} und damit des wirksamen Rollradius r_w voraussetzen ($s_{th} = 2 r_w \pi n$; n beliebige Anzahl von Radumdrehungen) [2] [3]. Bei den verschiedenen Ermittlungsverfahren können Abweichungen auftreten, die sich auch bei der Darstellung der die Betriebseigenschaften von Antriebsrädern (Reifen) charakterisierenden Antriebskraft-Schlupf-Kurven auswirken können. Zum Ermitteln derartiger Charakteristiken schlägt Steinkampf [4] vor, meßbare Werte, wie die freie Antriebskraft (bzw. Antriebskraftbeiwert κ) und den Rollwiderstand (bzw. Rollwiderstandsbeiwert ρ), in Verbindung mit dem Fahrwerkwirkungsgrad η_F anzuwenden, so daß der Schlupf nicht über den Rollradius r_w zu ermitteln ist.

Optimale Fahrwerkwirkungsgrade ergeben sich nach der Beziehung

$$\eta_F \approx \frac{F_Z}{F_Z + F_R} \left(1 - \frac{S}{100} \right); \quad (2)$$

F_Z Zugkraft (Antriebskraft)
 F_R Rollwiderstand
 S Schlupf

für verschiedene Reifenbauformen bei Schlupf im Bereich von 8 bis 20% (Bild 1). Das sollten Schlupfbereiche für den Dauereinsatz sein.

Durch den Schlupf wird infolge der dadurch verringerten Fahrgeschwindigkeit die Zeit zum Bearbeiten einer Fläche verlängert, so daß sich der Verbrauch an Kraftstoff über eine längere Zeit erstreckt und proportional mit dieser Zeit anwächst.

Ohne Schlupf beträgt die Zeit zum Bearbeiten einer bestimmten Schlaglänge l

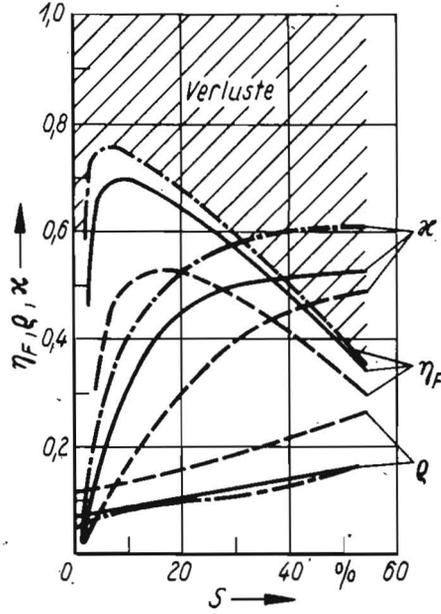


Bild 1. Kennlinien von Antriebsradreifen (AS) in Abhängigkeit vom Schlupf bei guten Fahrbahnverhältnissen;
 — Diagonalreifen
 - - - Hochstollenreifen
 - · - · Radialreifen

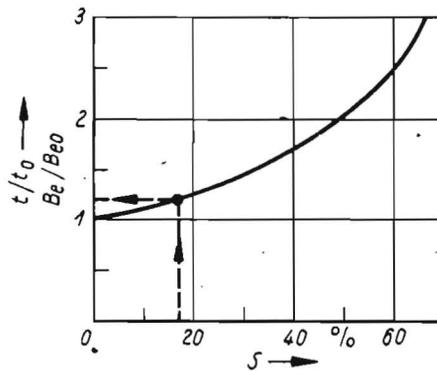


Bild 2. Einfluß des Schlupfes auf die relative Bearbeitungszeit und den relativen Kraftstoffverbrauch;
 B_e Kraftstoffverbrauch während der Zeit t ,
 B_{e0} Kraftstoffverbrauch während der Zeit t_0

$$t_0 = \frac{l}{v_{th}}; \quad (3a)$$

v_{th} theoretische oder konstruktiv mögliche Geschwindigkeit
 und bei der wirklichen Arbeitsgeschwindigkeit

$$t = \frac{l}{v_F}; \quad (3b)$$

Es verhält sich also

$$\frac{t}{t_0} = \frac{v_{th}}{v_F}; \quad t = t_0 \frac{v_{th}}{v_F}$$

$$\text{und mit } \frac{v_{th}}{v_F} = \frac{1}{1 - \frac{S}{100}}$$

$$t = \frac{t_0}{1 - \frac{S}{100}} \quad (4)$$

Die Bearbeitungszeit t steigt also hyperbolisch mit dem Schlupf S an (Bild 2).

Der Kraftstoffverbrauch zum Bearbeiten einer Fläche während der Zeit t erhöht sich im gleichem Maß, wie die Bearbeitungszeit durch den Schlupf verlängert wird, wobei der Verbrauch, bezogen auf die als Zugleistung zu bezeichnende Nutzleistung, schon durch die mechanische Verlustleistung ($P_S \approx F_U v_{th} S$) die der Schlupf bedingt, erhöht wird.

Ein Teil des Schlupfes tritt bekannterweise durch den Formänderungsschlupf des Reifens auf. Damit ist ein Energieverlust verbunden. Nach [5] beträgt der Energieverlust je Einheit des Verformungsweges

$$W_V = S F_U; \quad (5)$$

F_U Umfangskraft; $F_U = F_Z + F_R$.

Unter der Annahme, daß der Reifenabrieb m_v dem Energieverlust proportional ist ($m_v \sim W_V$), wird in [5] folgende Abhängigkeit für den Reifenabrieb angegeben:

$$m_v = \frac{\alpha \gamma S^2 E l^2}{2}; \quad (6)$$

α Elastizitätsfaktor, Elastizität von Gummi gegenüber unelastischen Körpern
 γ Abriebfaktor
 E Elastizitätsmodul des Reifengummis
 l Länge der Auflagefläche.

Der Reifenabrieb wächst also mit dem Quadrat des Schlupfes.

Literatur

- [1] Drexler, H.J.: Das Verhalten der Räder von allradangetriebenen Schleppern bei kleinen Schlupfwerten. Grundle. d. Landt. 22 (1972) H. 6, S. 171—174.
- [2] Steinkampf, H.: Zur Methodik der Rollradien- und Radschlupfmessung. Grundle. d. Landt. 21 (1971) H. 2, S. 40—44.
- [3] Rothe, J.: Fahrmechanik landwirtschaftlicher Fahrzeuge. In: Schulz, H. u.a.: Landwirtschaftliche Fahrzeuge und Krane. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag 1977.
- [4] Steinkampf, H.: Probleme der effizienten Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung bei leistungsstarken Schleppern. Grundle. d. Landt. 24 (1974) H. 1, S. 14—20.
- [5] Heider, H.: Betrieb und Instandhaltung von Kraftfahrzeugen. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen 1968. A 1929

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:
 Elektrik; der Elektro-Praktiker; Fernmeldetechnik; messen—steuern—regeln;
 Nachrichtentechnik—Elektronik; radio—fernsehen—elektronik