

Energieaufwand für Saatbettbereitungswerkzeuge in Abhängigkeit von der Antriebsart

Dr.-Ing. J. Konzack, KDT¹⁾

Verwendete Formelzeichen

F_{RO}	N	Rollwiderstand des Traktors
F_S	N	Schubkraft des Werkzeugs
F_{UT}	N	Umfangskraft am Traktortreibrad
F_x	N	Horizontalkraft am Traktortreibrad
F_Z	N	Zugkraft des Traktors
M_W	Nm	Drehmoment an der Werkzeugwelle
M_Z	Nm	Drehmoment an der Zapfwelle
n_W	1/s	Drehzahl der Werkzeugwelle
n_Z	1/s	Drehzahl der Zapfwelle
P_A	W	über die Zapfwelle vom Traktor abgegebene Leistung
P_{AW}	W	vom Werkzeug zur weiteren Nutzung abgegebene Leistung

1) Dieser Artikel entstand während der Tätigkeit des Verfassers an der Technischen Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Fortsetzung von Seite 45

$v_5 = 8,16 \text{ km/h}$, $B_{e5} = 8,28 \text{ kg/h}$;
 $B_{F5} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 6''

Motorauslastung 40%, III. Gruppe, 1. Gang
 $P_{e6''} = 26,5 \text{ kW}$, $n_{6''} = 1257 \text{ U/min}$,
 $b_{e6''} = 250 \text{ g/kWh}$, $B_{e6''} = 6,62 \text{ kg/h}$,
 $v_{6''} = 8,16 \text{ km/h}$.

$$\frac{B_{F6''}}{B_{F3}} = \frac{6,62}{8,28} 100\% = 80\%$$

Bei einer Motorauslastung von 40% ist sogar eine Kraftstoffeinsparung von 20% erreichbar.

Insgesamt kann theoretisch abgeleitet werden, daß man beim Einsatz des Traktors ZT 300 Kraftstoff einspart, wenn vom Motor ein hohes Drehmoment gefordert und — falls seine Leistung nicht voll beansprucht wird — die Drehzahl so weit wie möglich gesenkt wird. Dies ist besonders bei niedriger Motorauslastung erforderlich.

Tafel 1 soll die Auswahl der zu fahrenden Gänge erleichtern. Für Vorschlag 1 muß die Drehzahl auf etwa 1550 U/min, für Vorschlag 2 auf etwa 1250 U/min gesenkt werden. Bei niedriger Motorauslastung wird vor allem Vorschlag 2 empfohlen.

Vorschläge zu Arbeiten mit Zapfwellennutzung

Wird der Motor nicht höher als 50% ausgelastet, so sind diese Arbeiten bei reduzierter Motordrehzahl von 1000 U/min möglich, wenn das Zapfwellengetriebe für die Zapfwelldrehzahl von 1000 U/min eingestellt wird. Bei der o. g. reduzierten Motordrehzahl erreicht die Zapfwelle dann gerade eine Drehzahl von 540 U/min. Der jeweilige Gang nach Vorschlag 2 in Tafel 1 ist zu verwenden.

Die im Beitrag für den Traktor ZT 300 abgeleiteten Aussagen können analog auf andere Traktortypen übertragen werden.

P_{AWa}	W	vom aktiv rollenden Werkzeug zur weiteren Nutzung abgegebene Leistung
P_{AWp}	W	vom passiv rollenden Werkzeug zur weiteren Nutzung abgegebene Leistung
P_B	W	Beschleunigungsleistung
P_{BO}	W	dem Boden zugeführte Leistung
P_G	W	Getriebeverlustleistung
P_L	W	Luftwiderstandsleistung
P_M	W	erforderliche Motorleistung
P_{Ma}	W	... beim aktiv rollenden Werkzeug
P_{Mf}	W	... beim frei rollenden Werkzeug
P_{Mp}	W	... beim passiv rollenden Werkzeug
P_R	W	Rollwiderstandsleistung
P_S	W	Schubleistung
P_{ST}	W	Steigleistung
P_u	W	Verlustleistung der Übertragungsglieder des Werkzeugs
P_W	W	dem Werkzeug zugeführte Leistung
P_Z	W	Zugleistung
P_μ	W	Schlupfverlustleistung an den Traktortreibrädern
$P_{\mu a}$	W	... beim aktiv rollenden Werkzeug
$P_{\mu f}$	W	... beim frei rollenden Werkzeug
$P_{\mu p}$	W	... beim passiv rollenden Werkzeug
s_T	—	Schlupf an den Traktortreibrädern
s_W	—	Schlupf am Werkzeug
s_{Wf}	—	Schlupf am frei rollenden Werkzeug
s_{Ws}	—	Scherschlupf am Werkzeug
s_{Wsa}	—	Scherschlupf am aktiv rollenden Werkzeug
s_{Wsp}	—	Scherschlupf am passiv rollenden Werkzeug
v_f	m/s	Fortschrittschwindigkeit
v_u	m/s	Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitsorgane des Werkzeugs
v_{uT}	m/s	Umfangsgeschwindigkeit der Traktortreibräder
w_A	Nm/dm ³	vom Werkzeug zur weiteren Nutzung abgegebene spezifische Energie
w_B	Nm/dm ³	spezifische Beschleunigungsenergie
w_{BO}	Nm/dm ³	dem Boden zugeführte spezifische Energie
w_D	Nm/dm ³	spezifische Deformationsenergie
w_R	Nm/dm ³	spezifische Reibenergie
w_{RO}	Nm/dm ³	spezifische Rotationsenergie
w_S	Nm/dm ³	spezifische Schubenergie
w_{TR}	Nm/dm ³	spezifische Translationsenergie
w_W	Nm/dm ³	dem Werkzeug zugeführte spezifische Energie
w_Z	Nm/dm ³	spezifische Zugenergie
η	—	Getriebewirkungsgrad
η_{GR}	—	... des Radantriebs
η_{GZ}	—	... des Zapfwellenantriebs
η_u	—	... der Übertragungsglieder des Werkzeugs

1. Problemstellung

Durch die Saatbettbereitung wird der Boden auf die Aufnahme des Saat- oder Pflanzgutes vorbereitet. Er muß dabei in Abhängigkeit vom Ausgangszustand durch das Werkzeug gelockert, gemischt, gekrümelt, eingeebnet und/oder verdichtet werden [1]. Eine große Bedeutung hat die Schaffung einer frucht- und bodenartspezifischen Aggregatgrößenzusammensetzung und Bodendichte im

Saatbett, wofür derzeit ein relativ hoher Energieaufwand benötigt wird. Deshalb ist die Entwicklung von Saatbettbereitungswerkzeugen erforderlich, die die Senkung des spezifischen Energieaufwands bei Erfüllung der Arbeitsqualität ermöglichen. Diese Forderung hat eine große volkswirtschaftliche Bedeutung, denn gegenwärtig beträgt der anteilige DK-Verbrauch für Saatbettbereitung und Aussaat etwa 11% des Gesamtverbrauchs der Landwirtschaft der DDR [2].

Neben der Verbesserung der Wirkpaarung Arbeitsorgan — Boden und der Senkung des Energieaufwands, bezogen auf das erzielte Arbeitsergebnis, ist die Erhöhung des Wirkungsgrades der Energieübertragung vom Motor des Antriebsaggregats zum Arbeitsorgan ein Weg zur Senkung des spezifischen Energieaufwands bei der Bodenbearbeitung [3]. In den Untersuchungsergebnissen von Stoppel und Bunk [4] wird nachgewiesen, daß aus energetischer Sicht die über die Zapfwelle angetriebenen Werkzeuge den gezogenen Werkzeugen aufgrund des besseren Wirkungsgrades der Energieübertragung überlegen sind. Zum Zerkleinern und Verdichten des Bodens als Teilaufgaben der Saatbettbereitung können rollende Werkzeuge eingesetzt werden. Im folgenden werden Untersuchungen zum Energieaufwand für rollende Werkzeuge in Abhängigkeit von der Antriebsart durchgeführt.

2. Rollende Werkzeuge

Ein rollendes Werkzeug ist ein rotierendes Werkzeug mit annähernd parallel zur Bodenoberfläche und annähernd senkrecht zur Fortbewegungsrichtung liegender Drehachse. Nach der Art der Zuführung der Energie zum Werkzeug werden passiv rollende, frei rollende und aktiv rollende Werkzeuge unterschieden. Der Schlupf des rollenden Werkzeugs, der mit der Beziehung

$$s_W = 1 - \frac{v_f}{v_u} \quad (1)$$

bestimmt wird, liegt im Bereich $-\infty < s_W \leq 0,3$. Bei frei rollenden Werkzeugen, bei denen sich der Schlupf in Abhängigkeit von den Konstruktions-, Betriebs- und Bodenparametern einstellt, dient die dem Werkzeug zugeführte Energie in Form von Zugenergie lediglich der Überwindung des Bodenwiderstands:

$$w_W = w_Z = w_{BO} \quad (2)$$

Von diesen Werkzeugen wird an der Werkzeugwelle keine Rotationsenergie abgegeben und auch keine aufgenommen. Die frei rollenden Werkzeuge bilden die Grenze zwischen passiv und aktiv rollenden Werkzeugen. Passiv rollenden Werkzeugen wird die Energie ebenfalls nur in Form von Zugenergie zugeführt. Diese dient zur Überwindung des Bodenwiderstands sowie zur Erzeugung von Rotationsenergie an der Werkzeugwelle:

$$w_W = w_Z = w_{BO} + w_{RO} \quad (2.1)$$

Aktiv rollenden Werkzeugen wird Rotationsenergie in die Werkzeugwelle eingeleitet. In

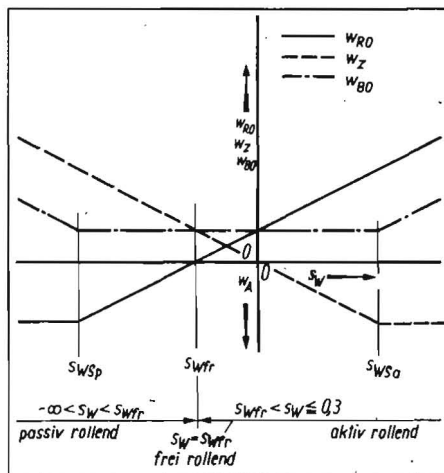


Bild 1. Energiebilanz am rollenden Werkzeug in Abhängigkeit vom Werkzeugschlupf

Abhängigkeit vom Werkzeugschlupf, bei dem diese Werkzeuge betrieben werden, kann von den aktiv rollenden Werkzeugen Schubenergie abgegeben oder zusätzlich zur eingeleiteten Rotationsenergie Zugenergie benötigt werden:

$$w_W = w_{RO} + w_Z = w_{BO} \quad (2.2)$$

im Fall $s_w < s_{wfr} \leq 0$,

$$w_W = w_{RO} = w_{BO} + w_S \quad (2.3)$$

im Fall $s_w > 0$.

2.1. Energiebedarf rollender Werkzeuge

Vom rollenden Werkzeug wird i. allg. ein Teil der ihm zugeführten Energie w_W durch seine Arbeitsorgane in den Boden eingeleitet und ein Teil zur weiteren Nutzung freigesetzt (Bild 1):

$$w_W = w_{BO} + w_A \quad (3)$$

Die von den Arbeitsorganen des Werkzeugs den Bodenaggregaten zugeführte Energie setzt sich aus Deformations-, Beschleunigungs- und Reibenergie zusammen [5, 6]:

$$w_{BO} = w_D + w_R + w_B \quad (4)$$

Die Größe dieser einzelnen Teilenergien ist von den jeweiligen Konstruktions-, Betriebs- und Bodenparametern abhängig, die auch das vom Werkzeug erzielte Arbeitsergebnis, die Änderung des Bodenzustands, bestimmen.

Die vom Werkzeug zur weiteren Nutzung abgegebene Energie w_A ist beim aktiv rollenden Werkzeug im positiven Bereich des Werkzeugschlupfes Translationsenergie w_{TR} in Form von Schubenergie w_S und beim passiv rollenden Werkzeug im Fall $s_w < s_{wfr}$ Rotationsenergie w_{RO} (Bild 1).

Im positiven Schlupfbereich steigt mit zunehmendem Schlupf s_w die vom Werkzeug freigesetzte Schubenergie w_S bis zum Schlupf s_{wSa} , bei dem die von den Arbeitsorganen in den Boden eingeleiteten Belastungen die Festigkeit des Bodens überschreiten. Analog den Vorgängen an angetriebenen Traktorrädern bleibt im Fall $s_w > s_{wSa}$ die vom Werkzeug erzeugte Schubenergie w_S nahezu konstant, wobei die dem Boden zugeführte Energie w_{BO} steigt. Wenn sich dabei das vom Werkzeug erzielte Arbeitsergebnis nicht im gleichen Maß verbessert, so wird in diesem Schlupfbereich dem Boden ein erhöhter Anteil Verlustenergie zugeführt.

Im negativen Schlupfbereich nimmt, beim Schlupf des frei rollenden Werkzeugs s_{wfr} , beginnend, mit weiter abnehmendem Schlupf die vom passiv rollenden Werkzeug erzeugte Rotationsenergie w_{RO} zu. Wird durch die von den Arbeitsorganen in den Boden eingeleiteten Belastungen die Festigkeit des Bodens überschritten, so bleibt mit weiter sinkendem Schlupf im Fall $s_w < s_{wSp}$ die erzeugte Rotationsenergie w_{RO} nahezu konstant, wobei die dem Boden zugeführte Energie w_{BO} steigt. Auch vom passiv rollenden Werkzeug wird im Schlupfbereich $s_w < s_{wSp}$ dem Boden ein erhöhter Anteil Verlustenergie zugeführt, wenn nicht das vom Werkzeug erzielte Arbeitsergebnis im gleichen Maß verbessert wird, wie die dem Boden zugeführte Energie steigt.

Die vom passiv rollenden Werkzeug erzeugte Rotationsenergie w_{RO} kann bei der Kopplung von mehreren bei unterschiedlichem Schlupf arbeitenden rollenden Werkzeugen oder bei der Kopplung mit anderen aktiv angetriebenen

Werkzeugen genutzt werden. Kommen nur passiv rollende Werkzeuge zum Einsatz und wird zum Erzielen bestimmter Arbeitseffekte das Werkzeug in dem Schlupfbereich betrieben, in dem vom Werkzeug Rotationsenergie freigesetzt wird, so kann diese Energie dem Traktor wieder zugeführt werden, wenn sie nicht abgebremst in Verlustenergie umgewandelt werden soll.

Die im positiven Schlupfbereich vom aktiv rollenden Werkzeug freigesetzte Translationsenergie w_{TR} in Form von Schubenergie w_S kann bei der Kopplung mit Werkzeugen, die Translationsenergie w_{TR} in Form von Zugenergie w_Z benötigen, diesen zugeführt werden. Kommen nur aktiv rollende Werkzeuge zum Einsatz, so kann die von diesen Werkzeugen freigesetzte Schubenergie w_S dem Traktor wieder zugeführt werden und einen Teil des Rollwiderstands kompensieren.

2.2. Energieaufwand beim Einsatz rollender Werkzeuge

Zum Vergleich der vom Traktormotor geforderten Energieaufwendungen beim Einsatz von passiv und aktiv rollenden Werkzeugen wird eine Leistungsbilanz am System Traktor—Werkzeug durchgeführt. Dabei werden bei beiden Werkzeugen gleiche Arbeitsbreiten und Arbeitstiefen vorausgesetzt.

Die vom Motor des Traktors abgegebene Leistung P_M läßt sich in folgende Teilleistungen aufgliedern: Getriebeverlusterleistung P_G , Luftwiderstandsleistung P_L , Steigleistung P_{ST} , Beschleunigungsleistung P_B , Rollwiderstandsleistung P_R , Schlupfverlusterleistung P_{μ} , Zugleistung P_Z und über die Zapfwelle vom Traktor abgegebene Leistung P_A [7]. Sie ergibt sich demzufolge aus der Summe

$$P_M = P_G + P_L + P_{ST} + P_B + P_R + P_{\mu} + P_Z + P_A \quad (5)$$

Im weiteren werden die Luftwiderstandsleistung P_L , die Steigleistung P_{ST} sowie die Beschleunigungsleistung P_B vernachlässigt, da für den folgenden Vergleich angenommen wird, daß das System Traktor—Werkzeug mit konstanter Geschwindigkeit in der Ebene fährt. Die Rollwiderstandsleistung P_R , die sich aus der Beziehung

$$P_R = F_{RO} v_t \quad (6)$$

errechnet, kann im weiteren als konstante Größe angenommen werden, da beim Vergleich derselbe Traktor verwendet wird und gleiche Fahrbahnverhältnisse vorausgesetzt werden. Die Schlupfverlusterleistung P_{μ} ist bei konstanter Fortschrittgeschwindigkeit vom Schlupf der Traktortreibräder s_T sowie von der an den Traktortreibrädern wirkenden Umfangskraft F_{UT} abhängig. Unter Berücksichtigung der bereits getroffenen Annahmen setzt sich die Umfangskraft F_{UT} aus dem Rollwiderstand F_{RO} und der vom Traktor aufzubringenden Horizontalkraft F_x zusammen. Es gilt:

$$F_{UT} = F_{RO} + F_x \quad (7)$$

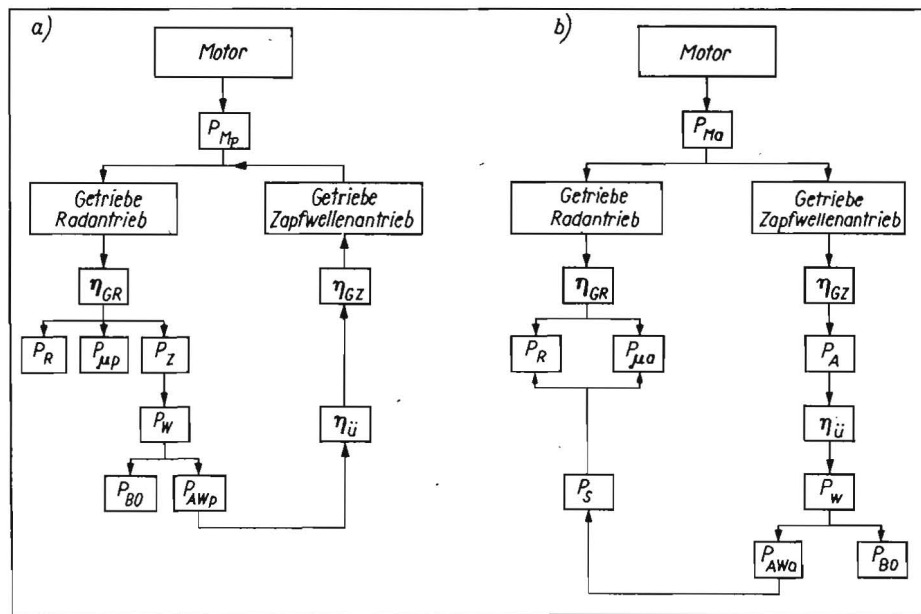
$$\text{mit } F_x = F_Z \text{ im Fall } s_w \leq 0 \quad (8)$$

$$\text{sowie } F_x = -F_S \text{ im Fall } s_w > 0. \quad (9)$$

Der Schlupf der Traktortreibräder s_T ist unter gleichen Bedingungen (Traktor, Fahrbahnverhältnisse) eine Funktion der an den Traktortreibrädern wirkenden Umfangskraft F_{UT} . Unter Verwendung von Gl. (8) erhält man die

Bild 2. Leistungsbilanz am System Traktor—Werkzeug

- a) beim Einsatz von passiv rollenden Werkzeugen
- b) beim Einsatz von aktiv rollenden Werkzeugen im positiven Schlupfbereich



Schlupfverlustleistung P_{μ} aus

$$P_{\mu} = (F_{RO} + F_x) s_T v_{UT} \quad (10)$$

Dem rollenden Werkzeug wird in Abhängigkeit von der Antriebsart vom Traktormotor die Leistung über die Zapfwelle und/oder als Zugleistung zugeführt:

$$P_A = M_Z 2\pi n_Z \quad (11)$$

$$P_Z = F_Z v_f \quad (12)$$

Bei der Übertragung der von der Zapfwelle abgegebenen Leistung zum Werkzeug treten weitere Leistungsverluste $P_{\bar{u}}$ auf, die durch die angewandten Übertragungsglieder bestimmt werden. Die dem Werkzeug zugeführte Leistung P_W errechnet sich somit aus

$$P_W = P_Z + P_A - P_{\bar{u}}, \quad (13)$$

wobei in Abhängigkeit von der Antriebsart und vom Schlupf des Werkzeugs einzelne Glieder der Gleichung „Null“ sein können.

Durch die Wechselwirkung zwischen Werkzeug und Boden kann in Abhängigkeit vom Schlupf des Werkzeugs ein Teil der dem Werkzeug zugeführten Leistung zur weiteren Nutzung zurückgewonnen werden. Entsprechend Abschn. 2.1. gilt allgemein:

$$P_W = P_{BO} + P_{AW} \quad (14)$$

Kommt nur ein rollendes Werkzeug zum Einsatz, so wird die vom Werkzeug zur weiteren Nutzung freigesetzte Leistung wieder zum Traktor zurückgeführt. Beim passiv rollenden Werkzeug wird die Leistung

$$P_{AWp} = M_W 2\pi n_W \quad (15)$$

sowie beim aktiv rollenden Werkzeug im Fall $s_W > 0$

$$P_{AWa} = P_S = F_S v_f \quad (16)$$

in den Traktor eingeleitet (Bild 2).

Unter Berücksichtigung des Leistungsflusses im System Traktor—Werkzeug und des Getriebewirkungsgrades des Radantriebs η_{GR} , des Zapfwellenantriebs η_{GZ} sowie der Übertragungsglieder des Werkzeugs $\eta_{\bar{u}}$ erhält man für die Motorleistung beim passiv rollenden Werkzeug

$$P_{Mp} = (P_R + P_{\mu p} + P_{BO} + P_{AWp}) \frac{1}{\eta_{GR}} - P_{AWp} \eta_{GZ} \eta_{\bar{u}} \quad (17)$$

sowie beim aktiv rollenden Werkzeug

$$P_{Ma} = (P_R + P_{\mu a} - P_{AWa}) \frac{1}{\eta_{GR}} + (P_{BO} + P_{AWa}) \frac{1}{\eta_{GZ} \eta_{\bar{u}}} \quad (18)$$

Für den Vergleich der erforderlichen Motorleistung beim Einsatz von passiv und aktiv rollenden Werkzeugen mit den Gln. (17) und

(18) werden weitere Vereinfachungen getroffen. Die dem Boden zugeführte Leistung P_{BO} sowie die von den Werkzeugen zur weiteren Nutzung abgegebene Leistung P_{AWp} und P_{AWa} sollen für das passiv rollende und für das aktiv rollende Werkzeug dem Betrag nach gleich groß sein. Weiterhin soll gelten:

$$\eta = \eta_{GR} = \eta_{GZ} \eta_{\bar{u}} \quad (19)$$

Unter Verwendung dieser Vereinfachung erhält man die erforderliche Motorleistung für das passiv rollende Werkzeug aus

$$P_{Mp} = (P_R + P_{BO} + P_{\mu p}) \frac{1}{\eta} + P_{AWp} \left(\frac{1}{\eta} - \eta \right), \quad (17.1)$$

für das frei rollende Werkzeug aus

$$P_{Mfr} = (P_R + P_{BO} + P_{\mu fr}) \frac{1}{\eta} \quad (17.2)$$

sowie für das aktiv rollende Werkzeug aus

$$P_{Ma} = (P_R + P_{BO} + P_{\mu a}) \frac{1}{\eta} \quad (18.1)$$

Aus den Gln. (17.1, 17.2 und 18.1) geht hervor, daß, wenn die dem Boden zugeführte Leistung P_{BO} und die Rollwiderstandsleistung P_R gleich sind, beim Einsatz von passiv rollenden Werkzeugen gegenüber dem Einsatz von frei rollenden Werkzeugen vom Traktormotor eine höhere Leistung aufzuwenden ist. Dies resultiert aus der höheren Schlupfverlustleistung $P_{\mu p}$ entsprechend Gl. (10) und aus den Leistungsverlusten, die bei der Rückführung der vom passiv rollenden Werkzeug freigesetzten Leistung zum Traktorgetriebe auftreten. Bei aktiv rollenden Werkzeugen wird gegenüber den frei rollenden Werkzeugen eine geringere Leistung vom Traktormotor benötigt, da bei den aktiv rollenden Werkzeugen die Schlupfverlustleistung $P_{\mu a}$ geringer ist als $P_{\mu fr}$ bei den frei rollenden Werkzeugen. Ist die von den aktiv rollenden Werkzeugen erzeugte Schubkraft F_S dem Betrag nach gleich groß dem Rollwiderstand des Traktors F_{RO} , so tritt keine Schlupfverlustleistung $P_{\mu a}$ auf. Wie aus Gl. (18.1) hervorgeht, treten beim Einsatz von aktiv rollenden Werkzeugen keine Leistungsverluste bei der Nutzung der von den Werkzeugen erzeugten Schubleistung auf. Da von den aktiv rollenden Werkzeugen im positiven Schlupfbereich keine Zugkraft F_Z benötigt wird, können in diesem Schlupfbereich die Masse des Traktors unter Beibehaltung der Motorleistung wesentlich verringert und somit die Rollwiderstandsleistung P_R gesenkt werden.

Unter der Annahme, daß sowohl von passiv rollenden als auch von aktiv rollenden Werkzeugen das gleiche Arbeitsergebnis erzielt wird, ergibt dieser Vergleich energetische Vorteile von aktiv rollenden Werkzeugen gegenüber passiv rollenden und frei rollenden Werkzeugen. Diesen energetischen Vorteilen steht jedoch ein höherer konstruktiver Aufwand für den Werkzeugantrieb gegenüber.

3. Zusammenfassung

Die Erhöhung des Wirkungsgrades der Energieübertragung vom Motor des Traktors zum Arbeitsorgan des Werkzeugs ist ein Weg zur Senkung des spezifischen Energieaufwands für die Bodenbearbeitung. Zum Zerkleinern und Verdichten des Bodens als Teilaufgaben der Saattbettbereitung sind rollende Werkzeuge geeignet, die nach der Energiezuführung in passiv rollende, frei rollende und aktiv rollende Werkzeuge unterschieden werden. Sowohl bei passiv rollenden als auch bei aktiv rollenden Werkzeugen kann ein Teil der dem Werkzeug zugeführten Energie zur weiteren Nutzung zurückgewonnen werden. Ein Vergleich der vom Traktormotor aufzuwendenden Energie beim Einsatz von passiv und aktiv rollenden Werkzeugen zeigt, daß im System Traktor—Werkzeug bei aktiv rollenden Werkzeugen geringere Energieverluste auftreten. Das resultiert aus der Senkung des Zugkraftbedarfs bei aktiv rollenden Werkzeugen im Schlupfbereich $s_{Wfr} < s_W \leq 0$ sowie aus der Erzeugung einer Schubkraft im positiven Schlupfbereich, wodurch die Energieverluste an den Traktortreibrädern infolge des Treibradschlupfs gesenkt werden. Im Gegensatz zu passiv rollenden Werkzeugen kann bei aktiv rollenden Werkzeugen die von den Werkzeugen zur weiteren Nutzung freigesetzte Energie verlustlos genutzt werden. Die Anwendung aktiv rollender Werkzeuge bietet die Möglichkeit des Einsatzes von Traktoren mit geringerer Masse bei gleichbleibender Leistung und somit der Verringerung von Verlustenergie infolge des Rollwiderstands des Traktors. Diese energetischen Vorteile der aktiv rollenden Werkzeuge gegenüber den passiv rollenden Werkzeugen bedingen jedoch einen höheren konstruktiven Aufwand für den Werkzeugantrieb.

Literatur

- [1] Heyde, H.; Kühn, G.: Landmaschinenlehre, Band 2. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
- [2] Eifler, R.: Technisch-technologische Probleme rationaler Energieanwendung in der Bodenbearbeitung. agrartechnik 30 (1980) H. 11, S. 511—514.
- [3] Soucek, R.: Zu einigen Problemen von Theorie und Praxis der Bodenbearbeitung. agrartechnik 30 (1980) H. 2, S. 69—70.
- [4] Stoppel, A.; Bunk, A.: Ein Beitrag zum Leistungs- und Energiebedarf gezogener und angetriebener Bodenbearbeitungsgeräte. Grundlagen der Landtechnik 28 (1978) H. 6, S. 214—218.
- [5] Regge, H.: Untersuchungen mit Bodenfräswerkzeugen unter Feldbedingungen bezüglich des Energiebedarfes und der Bodenzerkleinerung. TU Dresden, Dissertation 1966 (unveröffentlicht).
- [6] Kalk, W.-D.: Untersuchungen des Einflusses der Abdeckung einer Bodenfräse auf das Arbeitsergebnis der Fräse. TU Dresden, Dissertation 1972 (unveröffentlicht).
- [7] Hofmann, K.: Fahrmechanischer Vergleich verschiedener Traktorkonstruktionen. TU Dresden, Habilitation 1969. A 3334