

Bild 8. Hydraulikscharplan zur Anwendung eines Hydraulikzylinders als Begrenzungsstütze; a Druckbegrenzungsventil CNS 16-3-02 TGL 10947 (mit Aufnahmekörper), b Druckflüssigkeitsspeicher 6,3-160 TGL 10843, c Manometer 1/BM 20 (Durchmesser 100 mm, Druck 0 bis 16 MPa), d freier Hydraulikkreislauf, e Absperrventil A 20-160 TGL 21575 — M 27 × 2, f Arbeitszylinder S2-90/56 × 250 TGL 10906

Bild 7. Verwendung eines Hydraulikzylinders als Begrenzungsstütze beim Einsatz des B 372/2; a Schraubleisten, b Stützbock, c Gabel, d Arbeitszylinder S2-90/56 × 250, e Führungsteil, f Kupplungsdreieck, g oberer Lenker

ten Krumenbasislockerer B 246 A, Tieflockerer B 371, Aufsattel-Beetpflug B 500/B 501 u. a. ist die Original-Tiefenbegrenzung einzusetzen, beim Tieflockerer B 372/2 muß die Abstützung durch einen Hydraulikzylinder vorgenommen und zusätzlich ein Druckflüssigkeitsspeicher angebracht werden.

Die Stützräder müssen beim Tieflockerer B 372/2 am Gerät verbleiben und einen Teil der Vertikalkräfte abstützen.

Literatur

[1] Aufsattel-Beetpflug B 550. VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig, Bedienungsanweisung 1978, S. 9—10.

- [2] Forbriger, U.; Bosse, O.; Bade, K.-D.; Weinkauf, H.: Technische Lösungen zum Lockern von Krumenbasis- bzw. Pflugsohlenverdichtungen. agrartechnik (in Vorbereitung).
- [3] Rusch, S.: Mündliche Mitteilung. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim 1982.

A 3477

Eine Möglichkeit der Kraftstoffeinsparung beim Einsatz des Traktors ZT 300

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Hofmann, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Durch günstigere Wahl des Betriebspunktes sind beim Einsatz des Traktors ZT 300 Kraftstoffeinsparungen möglich. Eine Betrachtung des Kennlinienfelds des Motors (Bild 1) läßt erkennen, daß ein niedriger spezifischer Kraftstoffverbrauch bei einem hohen effektiven Mitteldruck und niedriger Drehzahl erreichbar ist. In das Kennlinienfeld ist dazu die Linie des bei veränderlichen Leistungen jeweils niedrigsten Kraftstoffverbrauchs $b_{e, \min}$ eingetragen. Diese verläuft im Leistungsbereich P_e von 68 bis 50 kW bei einem mittleren effektiven Druck p_e von ungefähr 0,7 MPa und sinkt dann bei etwa 25 kW auf 0,5 MPa ab. Aus dieser Feststellung läßt sich ableiten, daß bei allen Arbeiten ohne Zapfwellennutzung eine Kraftstoffeinsparung möglich ist, wenn man bei Leistungen unter der Maximalleistung die Motordrehzahl senkt. Der Nachweis erfolgt an einigen Beispielen aus dem Kennlinienfeld.

Betriebspunkte 1 und 2

Im Betriebspunkt 1 gibt der Motor eine Lei-

stung von $P_{e1} = 52,9 \text{ kW}$ bei $n_1 = 1890 \text{ U/min}$ ab, was einer Motorauslastung von 80% entspricht. Der spezifische Kraftstoffverbrauch beträgt dabei $b_{e1} = 248 \text{ g/kWh}$, der stündliche Kraftstoffverbrauch $B_{e1} = 13,14 \text{ kg/h}$. Für diesen Betriebspunkt werden die Flächenleistung N_{F1} in ha/h und der bezogene Kraftstoffverbrauch B_F in kg/ha — beide in der Zeit T_{01} — gleich 100% gesetzt.

Wird die Motordrehzahl bei dieser Arbeit auf $n_2 = 1400 \text{ U/min}$ unter Beibehaltung des gewählten Ganges reduziert, so erhält man den Betriebspunkt 2. In diesem Betriebspunkt gibt der Motor eine Leistung $P_{e2} = 39 \text{ kW}$ ab, der spezifische Kraftstoffverbrauch beträgt $b_{e2} = 236 \text{ g/kWh}$, der stündliche Kraftstoffverbrauch $B_{e2} = 9,19 \text{ kg/h}$. Da im selben Gang gefahren wird, reduziert sich die Fahrgeschwindigkeit im Verhältnis

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1400}{1890} = 0,74.$$

Die Flächenleistung N_{F2} sinkt also auf 74%,

Der bezogene Kraftstoffverbrauch verringert sich auf

$$\frac{B_{F2}}{B_{F1}} = \frac{B_{e2}}{B_{e1}} \frac{N_{F1}}{N_{F2}} 100\% = \frac{9,19}{13,14} \frac{1}{0,74} 100\% = 94,4\% ,$$

d. h., erreicht wird eine Kraftstoffeinsparung von 5,6% bei einem Verlust an Arbeitsproduktivität von 26%.

Ähnliche Werte erhält man bei geringerer Motorauslastung.

Motorauslastung 60%

Betriebspunkt 3

$P_{e3} = 39,7 \text{ kW}$, $n_3 = 1915 \text{ U/min}$,
 $b_{e3} = 272 \text{ g/kWh}$, $B_{e3} = 10,8 \text{ kg/h}$;
 $N_{F3} = 100\%$ und $B_{F3} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 4

Motordrehzahl im selben Gang auf $n_4 = 1400$ U/min reduziert; $P_{e4} = 29$ kW, $b_{e4} = 254$ g/kWh, $B_{e4} = 7,39$ kg/h

$$\frac{N_{F4}}{N_{F3}} = \frac{1400}{1915} 100\% = 73,1\%$$

$$\frac{B_{F4}}{B_{F3}} = \frac{7,39}{10,8} \frac{1}{0,731} 100\% = 93,6\%$$

Einer Kraftstoffeinsparung von 6,4% steht eine Verringerung der Arbeitsproduktivität von 26,9% gegenüber.

Motorauslastung 40%

Betriebspunkt 5

$P_{e5} = 26,5$ kW, $n_5 = 1935$ U/min, $b_{e5} = 313$ g/kWh, $B_{e5} = 8,28$ kg/h; $N_{F5} = 100\%$ und $B_{F5} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 6

Motordrehzahl im selben Gang auf $n_6 = 1400$ U/min reduziert; $P_{e6} = 19,1$ kW, $b_{e6} = 299$ g/kWh, $B_{e6} = 5,72$ kg/h

$$\frac{N_{F6}}{N_{F5}} = \frac{1400}{1935} 100\% = 72,3\%$$

$$\frac{B_{F6}}{B_{F5}} = \frac{5,72}{8,28} \frac{1}{0,723} 100\% = 95,5\%$$

Einer Kraftstoffeinsparung von 4,5% steht eine Verringerung der Arbeitsproduktivität von 27,7% entgegen.

Nach der gezeigten Methode der Motordrehzahlreduzierung auf 1400 U/min kann bei Einbußen an Arbeitsproduktivität je nach Motorauslastung 4,5 bis 6,4% Kraftstoff eingespart werden.

Da bei den Arbeiten auf dem Acker nicht mit der Maximalgeschwindigkeit des Traktors gefahren wird, kann der Verlust an Fahrgeschwindigkeit und damit an Arbeitsproduktivität durch das Einschalten eines schnelleren Ganges ausgeglichen werden. Dazu sollen die Betriebspunkte 1, 3 und 5 erneut untersucht werden.

Betriebspunkt 1

Motorauslastung 80%, I. Gruppe, 3. Gang $P_{e1} = 52,9$ kW, $n_1 = 1890$ U/min, $b_{e1} = 248$ g/kWh, $B_{e1} = 13,14$ kg/h, $v_1 = 7,97$ km/h (theoretisch ohne Schlupf); $N_{F1} = 100\%$ und $B_{F1} = 100\%$ gesetzt.

Wird nun anstelle der I. Gruppe die II. Gruppe unter Beibehaltung des 3. Ganges eingeschaltet, so muß die Drehzahl im Verhältnis der Übersetzungsverhältnisse der beiden gewählten Gänge reduziert werden, um die Fahrgeschwindigkeit beizubehalten. In diesem Fall ergibt sich eine Drehzahl von 1519 U/min. Die vom Motor geforderte Leistung bleibt konstant. Man muß also auf einer Hyperbel gleicher Leistung bis zur Drehzahl $n_2 = 1519$ U/min gehen, um den neuen Betriebspunkt 2' zu erhalten.

Betriebspunkt 2'

Motorauslastung 80%, II. Gruppe, 3. Gang $P_{e2'} = 52,9$ kW, $n_2' = 1519$ U/min, $b_{e2'} = 230$ g/kWh, $B_{e2'} = 12,16$ kg/h, $v_2' = 7,97$ km/h.

Da die Geschwindigkeit dieselbe wie im Betriebspunkt 1 ist, bleibt die Flächenleistung

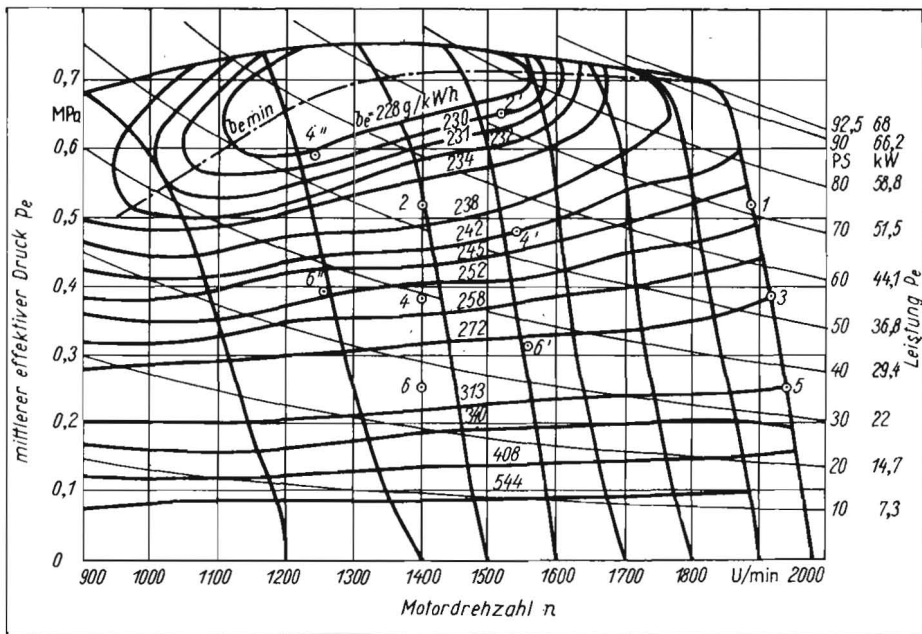


Bild 1 Motor-Kennlinienfeld des Traktors ZT 300

Tafel 1. Auswahl der Gänge beim Traktor ZT 300 (Gruppe/Gang)

empfohlener Gang nach Einsatzfibel	Vorschlag 1 (n = 1550 U/min)	Vorschlag 2 (n = 1250 U/min)
I/1	II/1	I/2
I/2	II/2	I/3
I/3	II/3	III/1
II/1	I/2	II/2
II/2	I/3	II/3
II/3	III/1	—

erhalten ($N_{F1} = N_{F2'}$). Der bezogene Kraftstoffverbrauch reduziert sich zu

$$\frac{B_{F2'}}{B_{F1}} = \frac{12,16}{13,14} 100\% = 92,6\%$$

Bei gleichbleibender Arbeitsproduktivität in T_{01} ist eine Kraftstoffeinsparung von 7,4% möglich. Ähnliche Einsparungen ergeben sich bei den Betriebspunkten 3 und 5.

Betriebspunkt 3

Motorauslastung 60%, I. Gruppe, 3. Gang $P_{e3} = 39,7$ kW, $n_3 = 1915$ U/min, $b_{e3} = 272$ g/kWh, $B_{e3} = 10,8$ kg/h, $v_3 = 8,07$ km/h; $B_{F3} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 4'

Motorauslastung 60%, II. Gruppe, 3. Gang $P_{e4'} = 39,7$ kW, $n_4' = 1539$ U/min, $b_{e4'} = 234$ g/kWh, $B_{e4'} = 9,61$ kg/h, $v_4' = 8,07$ km/h.

$$\frac{B_{F4'}}{B_{F3}} = \frac{9,61}{10,8} 100\% = 89\%$$

Bei einer Motorauslastung von 60% beträgt demnach die Kraftstoffeinsparung ohne Verlust an Arbeitsproduktivität 11%.

Betriebspunkt 5

Motorauslastung 40%, I. Gruppe, 3. Gang $P_{e5} = 26,5$ kW, $n_5 = 1935$ U/min, $b_{e5} = 313$ g/kWh, $B_{e5} = 8,28$ kg/h; $v_5 = 8,16$ km/h; $B_{F5} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 6'

Motorauslastung 40%, II. Gruppe, 3. Gang $P_{e6'} = 26,5$ kW, $n_6' = 1556$ U/min,

$b_{e6'} = 277$ g/kWh, $B_{e6'} = 7,34$ kg/h, $v_6' = 8,16$ km/h.

$$\frac{B_{F6'}}{B_{F5}} = \frac{7,34}{8,28} 100\% = 88,7\%$$

Bei einer Motorauslastung von 40% ist eine Kraftstoffeinsparung von 11,3% möglich. Aus dem Kennlinienfeld des Motors ist abzulesen, daß die Betriebspunkte 4' und 6' sehr weit von der Kurve des minimalen Kraftstoffverbrauchs $b_{e,min}$ entfernt sind, d. h., man müßte bei diesen Motorauslastungen die Drehzahl noch weiter senken und die abgesunkene Fahrgeschwindigkeit wieder durch Einschalten eines höheren Ganges ausgleichen. Dies soll wiederum an den Betriebspunkten 3 und 5 hergeleitet werden.

Betriebspunkt 3

Motorauslastung 60%, I. Gruppe, 3. Gang $P_{e3} = 39,7$ kW, $n_3 = 1915$ U/min, $v_3 = 8,07$ km/h, $B_{e3} = 10,8$ kg/h; $B_{F3} = 100\%$ gesetzt.

Betriebspunkt 4''

Motorauslastung 60%, III. Gruppe, 1. Gang $P_{e4''} = 39,7$ kW, $n_4'' = 1244$ U/min, $b_{e4''} = 228,5$ g/kWh, $B_{e4''} = 9,08$ kg/h, $v_4'' = 8,07$ km/h.

$$\frac{B_{F4''}}{B_{F3}} = \frac{9,08}{10,8} 100\% = 84,1\%$$

Bei einer Motorauslastung von 60% können 15,9% Kraftstoff eingespart werden.

Betriebspunkt 5

Motorauslastung 40%, I. Gruppe, 3. Gang $P_{e5} = 26,5$ kW, $n_5 = 1935$ U/min,

Fortsetzung auf Seite 452

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_{WSp}	—	Scherschlupf am passiv rollenden Werkzeug
v_f	m/s	Fortschrittgeschwindigkeit
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 bodenartsspezifischen 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