

## Methodische Hinweise zur Errechnung von Fahrzeugbedarf und Fahranteil beim Mähdrusch

Für die effektive Ausnutzung der materiellen Fonds in den LPG und VEG, die beim Mähdrusch meist kooperativ zusammenarbeiten, ist es nicht unerheblich, wieviel Transportfahrzeuge in konkreten Fälle für einen Mähdrescherkomplex eingesetzt werden. Zur Ermittlung der entsprechend den gegebenen Bedingungen jeweils erforderlichen Transportfahrzeuge beim Mähdrusch gibt es jedoch noch keine allgemeingültige Methode.

Mit vorliegendem Artikel soll ein Beitrag zur Lösung dieses Problems geleistet und zur Diskussion gestellt werden. Ein weiteres Anliegen besteht darin, eine Methode zur Errechnung des Fahranteils darzustellen. Nach ZIMMERMANN und EBERHARDT /1/ hat der Fahranteil des LKW im landwirtschaftlichen Arbeitsverfahren erhebliche Auswirkungen auf die Kosten je Einsatzstunde. Für die exakte Ermittlung der Kosten des Transports mit LKW durch den Technologen ist also die Errechnung des Fahranteils Voraussetzung. Verfasser hat dazu bereits früher /2/ erste Vorstellungen dargelegt. Der dort vorgeschlagene Weg zur Errechnung des Fahranteils gilt im Prinzip für alle transportverbundenen Arbeitsverfahren, in denen das Transportfahrzeug zum Beladen ohne Unterbrechung an der Belademaschine bleiben muß, wie das z. B. beim Sammelroden, Mähhäckseln oder auch beim Beladen mit Kran oder Förderband der Fall ist. Anders verhält es sich jedoch beim Mähdrusch. Dazu ist deshalb eine entsprechende Ergänzung notwendig.

Ausgangspunkt ist die

### Errechnung des Fahrzeugbedarfs bei Mähdrusch

Die Formeln zur Errechnung des Fahrzeugbedarfs sollen hier an einem Beispiel veranschaulicht werden. Dazu seien folgende Bedingungen unterstellt:

Ernteertrag	35 dt/ha
Erntemaschinen	5 Mähdrescher E 512 im Komplex
Durchsatz in $T_{02}$	6 t/h
Transportentfernung	6 km
Transportmittel	LKW W 50 LAK + HK 5
Lademasse	9 t
Fassungsvermögen des Bunkers	1,5 t
Zeit für Übernahme einer Bunkerfüllung und Fahrt zum nächsten MD	4 min
Zeit für Wiegen und Abkippen	10 min
Wartezeit an der Annahmestelle	20 min
durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit	25 km/h

Aus 1,5 t je Bunker geteilt durch 6 t/h Durchsatz ergibt sich demnach eine Druschzeit von 15 min je Bunkerfüllung. Bei Einsatz von 5 Mähdreschern muß somit von den Transportfahrzeugen im Durchschnitt alle 3 min eine Bunkerfüllung übernommen werden. Die Fahrzeuge benötigen aber zur Übernahme einer Bunkerfüllung und Fahrt zum nächsten Mähdrescher 4 min. Sollen keine Wartezeiten für die Mähdrescher auftreten, dann müssen also ständig mehr als ein Fahrzeug auf dem Feld sein.

Allgemein kann die Anzahl der gleichzeitig zur Körnerübernahme auf dem Feld erforderlichen Fahrzeuge wie folgt ermittelt werden:

$$B_{\text{Ü}} = \frac{T_{\text{EF}} \cdot A_{\text{B}}}{T_{\text{BZ}}} \quad (1)$$

$$= \frac{4 \cdot 5}{15} = 1,33$$

\* Institut für landwirtschaftliche Betriebs- und Arbeitsökonomik Gundorf der DAL zu Berlin (Direktor: Dr. G. REICHEL)

Darin bedeuten:

$B_{\text{Ü}}$	gleichzeitig Körner übernehmende Fahrzeuge
$T_{\text{EF}}$	Zeit für Übernahme einer Bunkerfüllung und Fahrt zum nächsten Mähdrescher in min
$T_{\text{BZ}}$	Bunkerfüllzeit in min
$A_{\text{B}}$	Anzahl Belademaschinen (im Beispiel Mähdrescher)

Vor Berechnung der insgesamt erforderlichen Transportfahrzeuge muß nun noch die Beladezeit ( $T_{\text{B}}$ ) ermittelt werden, was mit folgender Formel möglich ist:

$$T_{\text{B}} = B_{\text{Ü}} \cdot \frac{T_{\text{BZ}}}{A_{\text{B}}} \cdot n_{\text{z}} \quad [\text{min}] \quad (2)$$

Hierin ist

$n_{\text{z}}$  Anzahl der erforderlichen Bunkerfüllungen je Fahrzeug

Wie eigene und einschlägige Berechnungen bzw. zylographische Untersuchungen von KASTEN u. a. /3/ sowie von FLEISCHER /4/ ergaben, ist der Wert für  $B$  in jedem Fall auf volle Einheiten aufzurunden. Diese Feststellung wird von HEIMBÜRGE /5/ aufgrund von Untersuchungen in der Praxis während der Erntekampagne 1968 und 1969 bestätigt. Obgleich diese Aufrundung erhöhte Wartezeiten für die Fahrzeuge zur Folge hat, ist sie notwendig, da es sonst zu Wartezeiten bei den Mähdreschern kommt, was im allgemeinen teurer wird.

In unserem Beispiel erhalten wir folglich durch Einsetzen in Formel (2):

$$T_{\text{B}} = 2 \cdot \frac{15}{5} \cdot 6 = 36 \text{ min}$$

Die Anzahl der insgesamt für das Arbeitsverfahren Mähdrusch-Körnertransport erforderlichen Transportfahrzeuge ergibt sich schließlich nach der Formel:

$$B_{\text{R}} = \frac{B_{\text{Ü}} (T_{\text{B}} + T_{\text{F}} + T_{\text{E}} + T_{\text{W}})}{T_{\text{B}}}$$

$$= \frac{2 (36 + 28,8 + 10 + 20)}{36} = 5,27 \quad (3)$$

Darin sind:

$B_{\text{R}}$	errechneter Fahrzeugbedarf insgesamt
$T_{\text{B}}$	Beladezeit je Fahrzeug in min
$T_{\text{F}}$	Fahrzeit (hin und zurück) in min
$T_{\text{E}}$	Entlade- und Wiegezeit in min
$T_{\text{W}}$	Wartezeit an der Annahmestelle in min

Der so errechnete Fahrzeugbedarf ist wiederum auf ganze Einheiten aufzurunden. In unserem Beispiel sind also zur Gewährleistung eines für die Mähdrescher wartezeitfreien Arbeitsverfahrens sechs Transportfahrzeuge notwendig. Zum gleichen Ergebnis kommt man auch, wenn man den insgesamt zu ermittelnden Fahrzeugbedarf aus rechen-technischen Gründen in den Fahrzeugbedarf für die Körnerübernahme ( $B_{\text{Ü}}$ ) und in den Fahrzeugbedarf für das Abfahren ( $B_{\text{F}}$ ) unterteilt und die Teilwerte addiert, wie dies KASTEN u. a. /3/ praktizierten. Aus  $B_{\text{R}} = B_{\text{Ü}} + B_{\text{F}}$  läßt sich folgende allgemeine Formel ableiten:

$$B_{\text{R}} = \left[ \frac{T_{\text{EF}} \cdot A_{\text{B}}}{T_{\text{BZ}}} \right] + \frac{M_{\text{B}} \cdot A_{\text{B}} \cdot (T_{\text{F}} + T_{\text{E}} + T_{\text{W}})}{T_{\text{BZ}} \cdot M_{\text{F}}}$$

$$= \left[ \frac{4 \cdot 5}{15} \right] + \frac{1,5 \cdot 5 \cdot (28,8 + 10 + 20)}{15 \cdot 9}$$

$$= 2 + 3,27 = 5,27 \quad (4)$$

Darin bedeuten:

$B_F$  abfahrende Fahrzeuge  
 [ ] Wert in der Klammer ist auf die nächste ganze Zahl aufzurunden.

$M_B$  Inhalt einer Bunkerfüllung in t  
 $M_F$  Lademasse der Transportfahrzeuge in t

Für die Festlegung der einzusetzenden Fahrzeuge ( $B_F$ ) sind die Teilwerte  $B_0$  und  $B_F$  getrennt aufzurunden und dann zu addieren, also in unserem Beispiel:  $B_E = 2 + 4 = 6$ . Die Ermittlung des Fahrzeugbedarfs beim Mähdrusch führt auch nach MIETHE, KINDER und SEILZ /6/ zum richtigen Ergebnis, wenn

$$\frac{T_{FZ}}{A_B} \geq T_{EF}$$

Da diese Bedingung in unserem Beispiel jedoch nicht erfüllt wird, reicht der nach diesen Autoren errechnete Fahrzeugbedarf zu einem für die Mähdrescher wartezeitfreien Ablauf nicht aus (4,26  $\cong$  5 Fahrzeuge gegenüber einem tatsächlichen Bedarf von 5,27  $\cong$  6 Fahrzeugen). Sowohl der errechnete Fahrzeugbedarf ( $B_R$ ), als auch die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge ( $B_E$ ) sind wichtige Ausgangsdaten für die

### Errechnung des Fahranteils (FA)

Der für die Berechnung der Transportkosten zugrunde zu legende Fahranteil wird durch die Motorlaufzeit während einer Schicht charakterisiert. Als Motorlaufzeit sind nach MÜLLER /7/ folgende Teilzeiten zu betrachten:

$T_1$	Last- und Leerfahrt
$T_{21}$	Wendezeit
$T_{22}$	Zeit für Übernahme und Übergabe bei laufendem Motor, Zeit für Anhängerwechsel
$T_{23}$	Hilfszeit bei der Übernahme und Übergabe (z. B. Zwischenfahrtzeit beim Abbunkern)
$T_{13}$	Wegezeit zum Einsatzort und zurück, soweit diese nicht in die Umlaufstrecke fällt.

Während einer Schicht auftretende Umsetzungszeit ( $T_{64}$ ) gehört ebenfalls zur Motorlaufzeit. Im allgemeinen ändert sich aber nach einer Umsetzung auch die Transportentfernung, so daß eine erneute Berechnung des Fahrzeugbedarfs und folglich auch des Fahranteils notwendig wird. Deshalb kann die Umsetzungszeit bei der Errechnung des Fahranteils meistens außer acht gelassen werden. Nur bei gleichbleibender Transportentfernung nach einer Umsetzung ist die Umsetzungszeit bei der Errechnung des Fahranteils zu berücksichtigen.

Da die Beladezeit nach der Leistung der Belademaschinen in der  $T_{02}$  errechnet wird, treten bei irgendwelchen Stör- oder Verlustzeiten ( $T_3, T_4, T_5, T_{61}, T_{62}$ ) der Belademaschinen Wartezeiten (Standzeiten) bei den Transportfahrzeugen auf. Ein Teil der Standzeiten kann vermieden werden, wenn die unterschiedlichen Vorbereitungs-, Abschluß- und Transportzeiten ( $T_{61}, T_{62}, T_{63}$ ) für Transportfahrzeuge und Belademaschinen bei der Arbeitsdisposition Berücksichtigung finden. Standzeit ergibt sich auch aus der Aufrundung des errechneten Fahrzeugbedarfs, also aus der Differenz zwischen errechnetem Fahrzeugbedarf und tatsächlich eingesetzten Fahrzeugen.

Unter Beachtung der vorstehenden Bemerkungen kann der Fahranteil nach folgender Formel errechnet werden:

$$FA = \frac{100 B_B (T_B + T_F + T_E + T_K) \cdot (O_S + S_S + U_S)}{B_E (T_B + T_F + T_E + T_K + T_W) \cdot N_S} [\%] \quad (5)$$

Es bedeuten:

$T_B$	Motorlaufzeit beim Beladen eines Fahrzeuges in min (bei Mähdrusch: $T_{EF} \cdot n_z$ )
$T_E$	Motorlaufzeit beim Entladen eines Fahrzeuges in min
$T_K$	Zeit für Fahrzeugwechsel und/oder Koppeln in min
$O_S$	Operativzeit einer Belademaschine in min/Schicht
$S_S$	Fahrzeit eines LKW vom Standort zum Feld und zurück in min/Schicht
$U_S$	Umsetzungszeit eines LKW in min/Schicht
$N_S$	Schichtdauer eines LKW in min

In unserem Beispiel unterstellen wir für

$O_S$	420 min
$S_S$	20 min
$N_S$	525 min

und erhalten durch Einsetzen der entsprechenden Werte in Formel (5):

$$FA = \frac{100 \cdot 5,27 (24 + 28,8 + 10) \cdot (420 + 20)}{6 (36 + 28,8 + 10 + 20) \cdot 525} = 48,8\%$$

Dieser relativ niedrige Fahranteil liegt vor allem in den hohen Wartezeiten während des Umlaufs eines Fahrzeuges begründet. Dabei ergibt sich die Wartezeit der Fahrzeuge auf dem Feld ( $T_{WF}$ ) nach der Formel

$$T_{WF} = T_B - n_z \cdot T_{EZ} [\text{min}] \quad (6)$$

$$= 36 - 6 \cdot 4 = 12 \text{ min}$$

Zusammen mit der Wartezeit an der Annahmestelle treten somit 32 min (= 33,8 Prozent) Standzeit während eines Umlaufs auf. Die Standzeiten auf dem Feld können dadurch eingeschränkt werden, daß die Fahrzeuge im Bedarfsfall bereits Körner übernehmen, wenn der Bunker erst teilweise gefüllt ist. Dadurch wird die Bunkerkapazität in gewissem Umfang als „Puffer“ genutzt. Die Standzeiten an der Annahmestelle lassen sich durch Rationalisierungsmaßnahmen vermindern. Insgesamt hängt die Höhe der Wartezeiten wesentlich davon ab, um welchen Betrag die errechnete Zahl der Transportfahrzeuge unter den jeweiligen Bedingungen aufgerundet werden muß.

Formel (5) kann auch für die Errechnung des Fahranteils in allen anderen transportverbundenen Arbeitsverfahren verwendet werden. Es ist aber im konkreten Fall stets genau zu prüfen, welche Teilzeiten eines Umlaufs bzw. der Schicht Standzeiten sind.

Hinsichtlich der Errechnung der Transportkosten je ha bzw. t sei auf entsprechende frühere Ausführungen /2/ hingewiesen. Die Anwendung der im vorliegenden Beitrag dargestellten Formeln ermöglicht die rationellere Nutzung der lebendigen Arbeit und der vorhandenen Grundfonds. Damit wird die Notwendigkeit einer exakten Einsatzvorbereitung unterstrichen. Diese Aufgabe kann nicht dem Brigadeführer allein obliegen, sondern wird in zunehmendem Maße von auf die Einsatzvorbereitung spezialisierten Leitungskräften (z. B. Technologen) wahrgenommen.

### Zusammenfassung

Es werden Formeln dargestellt, die es dem Technologen oder dem Komplexleiter ermöglichen, den Fahrzeugbedarf und den Fahranteil der Transporteinheiten beim Mähdrusch zu errechnen. Auf der Grundlage des Fahranteils können mit Hilfe spezifischer Kostenrichtwerte für LKW Transportkosten je ha bzw. je t ermittelt werden. Die Formel zur Errechnung des Fahranteils kann auch für alle anderen transportverbundenen Arbeitsverfahren Anwendung finden.

### Literatur

- [1] ZIMMERMANN, E. / M. EBERHARDT: Ergänzung zu den „Methodischen Hinweisen und Richtwerten für die Kalkulation von Verfahrenskosten der Pflanzenproduktion“. Böhlitz-Ehrenberg 1969, als Manuskript vervielfältigt
- [2] GRAMER, O.: Methodische Hinweise zur Errechnung des Fahranteils und der Transportkosten beim Einsatz von LKW. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) II. 6, S. 274 bis 276
- [3] KASTEN, A., u. a.: Bestimmung von optimalen Kombinationen von Arbeitskräften und Mechanisierungsmitteln für transportverbundene Arbeiten beim kooperativen Maschineneinsatz in der Pflanzenproduktion (ausgewählte transportverbundene Arbeitsverfahren). Teil „Mähdruschfrüchte“. Teilabschlußbericht, Schlieben 1970, 112 S.
- [4] FLEISCHER, E.: Zur zyklographischen Darstellung des Arbeitsablaufs optimierter transportverbundener Fliebarbeitsverfahren — Ein Beitrag zur Verifizierung von Organisationsmethoden —. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) II. 6, S. 278 bis 283
- [5] HEIMBERGE, H.: Technologische Wechselwirkungen und Transportleistung beim Körnertransport vom Mähdrescherkomplex E 512 zum VFB Kombinat für Getreidewirtschaft. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) II. 2, S. 63 bis 69
- [6] MIETHE, H.-D. / K. KINDER / SEILZ, L.: Nomogramme für die Schätzung des Transportraumbedarfs von Mähdrescherbrigaden. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) II. 6, S. 276 bis 278
- [7] MÜLLER, H.: Arbeitsmaterial, unveröffentlicht, Gundorf 1970

A 8336