

Dipl.-Landw. H. TISCHLER, Halle*)

Zur Ermittlung der erforderlichen Zahl von Transportmitteln bei der Fließernte

Diskussionsbeitrag zu „Eine Methode zur Ermittlung des erforderlichen Transportraums“ [Ing. W. RÖSEL, Deutsche Agrartechnik (1959) H. 3].

Die Fließernte mit gleichzeitigem Transport der Erntegüter stellt zweifellos besondere Ansprüche an die Organisation des Transportes. Daher sind Möglichkeiten zu suchen, die eine schnelle und genaue Berechnung der Zahl der erforderlichen Transportmittel gestatten. Formeln und einfache Rechenhilfsmittel wären eine wesentliche Hilfe bei der Einsatzplanung. Diesem Zweck sollten auch die von RÖSEL ausführlich dargelegte Formel und die von anderen Autoren an anderen Orten veröffentlichten Formeln dienen. Wären die ohne Zweifel unabhängig voneinander entwickelten Formeln inhaltlich gleich, so könnte die Übereinstimmung der Theorien als ein gutes Vorzeichen für ihre praktische Anwendungsmöglichkeit angesehen werden. Leider ist dies nicht der Fall. Im folgenden sollen deshalb die Formeln verschiedener Autoren gegenübergestellt und auf ihre Allgemeingültigkeit überprüft werden.

Da die verschiedenen Autoren ihre Formeln mit unterschiedlichen Kurzzeichen schreiben, sind diese hier dahingehend geändert worden, daß sachlich übereinstimmende Faktoren einheitlich bezeichnet wurden. Als Grundlage für die Bezeichnung der Einzelfaktoren wurden dabei - in Anlehnung an SWIRSH-TSCHEWSKI und andere sowjetische Autoren [1], [2], [4], [13], [14] und an die in der Sowjetunion [7] und der ČSR [5] üblichen Prüfverfahren - die vom Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim bei den Maschinenprüfungen eingeführten [8] und von RÖSEL [9], [10], [11] verwendeten Bezeichnungen gewählt, soweit dies möglich war.

Die Formeln lauten:

$$A_1 = \frac{t_T}{t_B} + 1 \quad (1)$$

nach [12].

$$A_1 = \frac{t_T + \sum t_{HV}}{F} + 2 \quad (2)$$

nach [15] Gl. (7).

$$A_1 = 1 + \frac{t_T \cdot N_M}{T_H} + \frac{t_E \cdot N_M}{T_H} \quad (3a)$$

nach [3] Gl. (7).

$$A_1 = \frac{N_M}{T_H} \cdot \left(\frac{T_H}{N_M} + t_T + t_E \right) \quad (3b)$$

nach [6] Gl. (4).

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_0 \cdot t_T}{T_H \cdot K_U} + f \cdot a_1 \quad (4)$$

nach [9] Gl. (14).

Darin bedeuten:

- A_1 Zahl der notwendigen Transportmittel,
- t_T Wegezeit für eine Fahrt von der Beladestelle zum Entladeplatz und wieder zurück [Transportmittelstunden],
- t_B Beladezeit [Transportmittelstunden],
- $\sum t_{HV}$ Summe der Verlustzeiten, entstanden durch Umhängen der Anhänger, durch Warten während des Be- und Entladens usw. [Transportmittelstunden],
- F Dauer einer Phase des Transportspiels [h] s.²⁾,
- N_M Ernteleistung der ladenden Erntemaschine [dt/h],
- T_H Ladegewicht je Transportmittel [dt/Transportmittel],
- t_E Entladezeit [Transportmittelstunden],
- K_0 Koeffizient zur Charakterisierung der Ausnutzung der Durchführungszeit = $t_G : t_D$. Hierbei ist t_G die Grundzeit = die Zeit, die unmittelbar der Arbeitsverrichtung dient, in der also die Erntemaschine erntet und t_D die Durchführungszeit = die Gesamtarbeitszeit am Arbeitsort, ohne organisatorische Bedingungen und nicht durch die Erntemaschine verursachte Stillstandzeiten,
- K_U = Ausnutzungskoeffizient der Umlaufzeit (nach RÖSEL) $\frac{t_T}{t_T + \sum t_{HV}}$
- f Verfahrensfaktor, durch den berücksichtigt werden soll, ob die Be- und Entladezeit oder eine dieser beiden Zeiten in die Umlaufzeit des Transportmittels eingerechnet wurde oder nicht (nach RÖSEL),
- a_1 Anzahl der Anhänger je Schlepper.

Zu bemerken ist, daß die Formel von RÖSEL¹⁾ dadurch vereinfacht wurde, daß auch die Angabe des Ladegewichts je Transportmittel in dt entfiel. Dadurch entfällt der im Divisor

stehende, durch Kürzung von $\frac{2}{10}$ entstandene

Faktor 5, während gleichzeitig über dem Bruchstrich der Faktor 2 wieder erscheint.

Auf Grund dessen kann, da $\frac{2s}{V_T} = t_T$, die

Formel kürzer in der angegebenen Fassung geschrieben werden.

Die bereits bei der bloßen Betrachtung der Formeln auffallenden Unterschiede werfen die Frage auf, welche der Formeln die größte Allgemeingültigkeit für die Bestimmung des Transportmittelbedarfs bei Fließernte besitzt und in welchem Maße sie von einer allgemeinen Gültigkeit abweichen.

Die Technologie des Fließertransports

Für die exakte Beurteilung der Allgemeingültigkeit der Formeln ist es erforderlich, die Technologie des Fließertransports und die Faktoren genauer zu untersuchen, die diese Technologie beeinflussen.

¹⁾ $A_1 = \frac{N_M \cdot K_0 \cdot s}{5 \cdot V_T \cdot K_U \cdot T_H} + f \cdot a_1$

Der Fließertransport ist seinem Wesen nach ein Zyklus, in den das Transportmittel zu Arbeitsbeginn einfährt und den es am Ende der Arbeitszeit verläßt. Die Länge des Transportzyklus, gemessen an der Zahl der zu durchlaufenden Arbeitsgänge, ist abhängig von der Art des Transportmittels, der Dauer der einzelnen Arbeitsgänge und der durch die Art des Transportmittels gegebenen organisatorischen Möglichkeiten. Bei Transportmitteln mit Eigenantrieb (LKW, Schlepper mit Kipp-Pritschen ohne Anhänger) muß die Zahl der Arbeitsgänge auf die vier Hauptarbeitsgänge (Beladen, Fahrt zum Entleerungsort, Entleeren, Fahrt zum Beladeort)

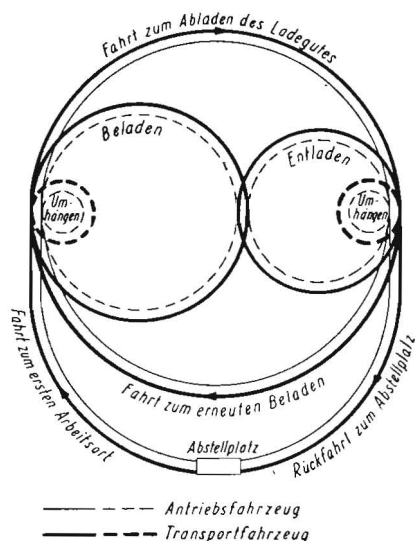


Bild 1. Die Technologie des Transports bei Fließerarbeit

beschränkt bleiben. Transportmittel mit Fremdantrieb bieten in Abhängigkeit von ihrer Art des Be- und Entladens und von der konstruktiven Gestaltung der dafür evtl. eingesetzten technischen Hilfsmittel sowie von der technischen Ausführung des Transportmittels die Möglichkeit, für das Antriebsfahrzeug das Be- und Entladen oder nur einen dieser Arbeitsgänge aus seinem Umlaufzyklus durch Einfügung kurzer Zwischenarbeitsgänge auszugliedern. Diese verlängern allerdings den Zyklus des angehängten Transportmittels, wie aus der schematischen Darstellung (Bild 1) der Technologie des Transports zu ersehen ist. Dadurch werden zwar Antriebsfahrzeuge eingespart, die Zahl der Transportmittel muß sich aber erhöhen.

Für den Fall des Fremdantriebs von Transportmitteln ergibt sich somit, wenn zwischen jedem Hauptarbeitsgang umgehängt wird, der längste Umlauf, in dem - abgesehen von organisatorischen, maschinellen und funktionellen Störungen, die zunächst unberücksichtigt bleiben sollen - nachstehende

*) Landmaschinen-Institut der Martin-Luther-Universität Halle (Direktor: Prof. Dr. K. RIEDEL).

Arbeitsgänge aufeinander folgen: 1. Beladen, 2. Umhängen, 3. Fahrt zum Entladeort, 4. Umhängen, 5. Entladen, 6. Umhängen, 7. Fahrt zum Beladeort, 8. Umhängen, 9. Beladen usw.

Die Dauer des Zyklus (t_z) entspricht der Summe der Einzelarbeitsgänge, die das Transportmittel durchlaufen muß.

$$t_z = t_B + t_T + t_E + \sum t_{HV} \quad [\text{Transportmittelstunden}] \quad (5)$$

Je kürzer die Dauer der Einzelarbeitsgänge und je seltener umhängt werden muß (d. h. je kleiner $\sum t_{HV}$), um so kürzer ist auch die Gesamtumlaufzeit des Transportmittels.

Die Zahl der Transportmittel je Zyklus wird durch das Verhältnis der Gesamtumlaufzeit t_z des Transportmittels zu der Zeit t_F bestimmt, nach deren Verlauf jeweils ein weiteres Transportmittel erforderlich ist. Die Zahl der insgesamt benötigten Transportmittel ergibt sich somit als

$$A_1 = \frac{t_z}{t_F} \quad [\text{Transportmittel}] \quad (6)$$

Die Dauer von t_F ist abhängig von der Arbeit, die innerhalb des Transportmittelzyklus oder aber auch außerhalb desselben als Fließarbeit ausgeführt werden soll und zu deren kontinuierlichem Fortgang fortlaufend oder in rhythmischen Abständen Transportmittel erforderlich sind. Innerhalb des Transportmittelzyklus scheiden die Arbeitsgänge Umhängen sowie Fahrt zum Be- und Entladeort als bestimmende Fließarbeiten aus, da ein Transport niemals wegen des Fahrens von einem Ort zum anderen ausgeführt wird und das Umhängen - wie oben angeführt - eine organisatorische Maßnahme zur Einsparung von Antriebsfahrzeugen ist. Auch der direkte Anschluß dieser Arbeitsgänge an eine Fließarbeit ist ohne vorherige Einschaltung der Arbeitsgänge Be- und Entladen nicht denkbar. Demnach kann t_F nur der Dauer dieser letztgenannten Arbeitsgänge bzw. unter Einschluß derselben bestimmter Vorarbeiten (im Falle des Beladens) oder Nacharbeiten (im Falle des Entladens) entsprechen. Im folgenden wird zunächst das Beladen bzw. die Vorarbeit dazu als Fließarbeit aufgefaßt. Die Dauer der Beladezeit (t_B) ist abhängig von der Ladeleistung der zum Beladen eingesetzten Personen bzw. technischen Hilfsmittel und dem Aufnahmevermögen des Transportmittels. Diesem Umstand trugen VRANA³⁾ LEWIKOWA⁴⁾, PAWLOWSKI⁴⁾ und RÖSEL⁵⁾ dadurch Rechnung, daß sie bei der Entwicklung ihrer Formeln das Aufnahmevermögen des Transportmittels (T_H) durch die Ladeleistung dividierten. Bei RÖSEL ist

³⁾ VRANA [15] faßt diese Arbeitsgänge zu drei Phasen zusammen:

1. Beladen (Arbeitsgang 1),
 2. Wegfahrt und Umhängen (Arbeitsgänge 2, 3, 4, 6, 7, 8) und
 3. Entladen des Transportmittels (Arbeitsgang 5).
- Er geht von der Dauer der Phase 2 aus, weil diese durch technische Daten fixiert ist und bezeichnet sie mit F. Die Dauer der beiden anderen Phasen könne durch Einsatz einer größeren oder geringeren Zahl von Arbeitskräften variiert und ebenfalls auf den Wert F gebracht werden. Diese Maßnahme ist jedoch nur in bestimmten Grenzen möglich, da die Arbeitskräfte sich gegenseitig behindern, wenn ihre Zahl zu groß wird.

⁴⁾ VRANA: $\frac{T_H}{n_1} = \frac{T_H \cdot i_n}{n_1} = t_B [\text{h/Transportmittel}]$,

wobei die unbekannt Bezeichnungen i_n die Zeitnorm, in der eine AK eine dt Ladegut zu laden hat $[AKh/dt]$ und n_1 die Zahl der ladenden Arbeitskräfte $[AK]$ darstellen.

⁴⁾ LEWIKOWA und auch PAWLOWSKI: $t_B = \frac{T_H}{N_M} [\text{h/Transportmittel}]$.

⁵⁾ RÖSEL: $t_B = \frac{T_H}{N_M \cdot K_9} [\text{h/Transportmittel}]$.

das zwar nicht besonders erwähnt, aber in seiner Formel (14) praktisch ausgeführt.

VRANA benutzt die Formel zur Berechnung der Zahl der Arbeitskräfte, die er bei einer gegebenen Dauer der Beladezeit einsetzen muß. Daher kann seine Formel bei den folgenden Überlegungen zunächst unberücksichtigt bleiben.

LEWIKOWA, PAWLOWSKI und RÖSEL gehen bei ihren Überlegungen davon aus, daß der Transportmittelzyklus an die Ernte mit einer selbstladenden Erntemaschine angeschlossen ist. Die Ladezeit wird in diesem Fall einerseits durch die Leistung der Erntemaschine und andererseits durch das Aufnahmevermögen des Transportmittels bestimmt, d. h. das Aufnahmevermögen des Transportmittels $[dt/\text{Transportmittel}]$, dividiert durch die Leistung der Erntemaschine $[dt/h]$, ergibt die Beladezeit für ein Transportmittel. Darin sind sich die genannten Verfasser einig. Während LEWIKOWA und PAWLOWSKI jedoch die theoretische Leistung der Erntemaschine zugrunde legen

$$N_M = 0,1 \cdot b \cdot v \cdot E \quad [dt/h] \quad (7)$$

verlangt RÖSEL, daß die praktische Leistung der Erntemaschine, von ihm unzutreffend als Verfahrensleistung⁶⁾ bezeichnet, die Grundlage für die Berechnung der Beladezeit bilden muß:

$$N'_M = 0,1 \cdot b' \cdot v' \cdot E \cdot K_9 \quad [dt/h] \quad (8)$$

In den beiden Formeln bedeuten:

- N_M theoretische Ladeleistung der Lademaschine $[dt/h]$,
- b konstruktive Arbeitsbreite der Lademaschine $[m]$,
- v konstruktive Arbeitsgeschwindigkeit der Lademaschine $[km/h]$,
- E Ertrag der Erntefläche $[dt/ha]$,
- N'_M praktische Ladeleistung der Lademaschine $[dt/h]$,
- b' praktische Arbeitsbreite der Lademaschine $[m]$ und
- v' praktische Arbeitsgeschwindigkeit der Lademaschine $[km/h]$.

(Der Faktor 0,1 ergibt sich aus der Umrechnung der Dimensionen km in m und m^2 in ha).

Da die Beladezeit von allen drei Verfassern als die Zeit angesehen wird, nach der das nächste Transportmittel zur Verfügung stehen muß und in diesem Falle $t_F = t_B$ gesetzt ist, erhebt sich die Frage nach der Berechtigung der Formeln (7) und (8).

Es erscheint selbstverständlich, daß die theoretische Leistung der Erntemaschine nicht die Grundlage derartiger Berechnungen sein kann: Einerseits muß die praktische Arbeitsbreite nicht mit der theoretischen Arbeitsbreite übereinstimmen, man denke an den Blattlader T 273, dessen konstruktive Arbeitsbreite, $b = 850$ mm, weit unter der praktischen Arbeitsbreite $b' = 2500$ mm liegt, da Schwaden von sechs Reihen = $6 \times 41,7$ cm aufgenommen werden. Andererseits wird die praktische Arbeitsgeschwindigkeit nie der durch die konstruktive Gestaltung des Gerätes gegebenen Geschwindigkeit gleich sein. Diesen beiden Gesichtspunkten trug RÖSEL bereits bei der Erläuterung der Leistung der Erntemaschine Rechnung, in-

⁶⁾ Da das Verfahren durch die Zusammenarbeit der ladenden Erntemaschine mit den Transportmitteln gekennzeichnet ist, beeinflussen auch die Transportmittel die Verfahrensleistung. Daraus geht hervor, daß die praktische Leistung der Erntemaschine N'_M bei der isolierten Betrachtung nicht der Verfahrensleistung gleichgesetzt werden kann.

dem er $N_M = 0,1 \cdot b' \cdot v' \cdot E$ setzte. Somit ist Formel (8) richtiger als Formel (7). Bleibt die Frage zu klären, ob die Multiplikation der so errechneten Leistung der Maschine mit dem Koeffizienten zur Charakterisierung der Ausnutzung der Durchführungszeit K_9 für die Berechnung von t_B zweckmäßig ist.

Dazu folgende Überlegung:

$$t_D = t_G + t_H + t_W + t_{VUS} \quad [h], \quad (9)$$

darin ist

- t_H Summe der Hilfszeiten (Wendezeiten, Versorgungszeiten, Leerfahrten),
- t_W Wartungs- und Pflegezeiten (während der Arbeit der Maschine periodisch erforderliches Abschmieren, Nachspannen von Ketten, Messer- und Scharwechsel),
- t_{VUS} vom Arbeiter unabhängige Verlustzeiten (Kettenrisse, abgescherte Schrauben, Verstopfungen, Neueinstellungen usw.).

Arbeitet die Lademaschine ohne maschinelle und funktionelle Störungen, also ohne Verlustzeiten t_{VUS} , obwohl aus früheren Arbeitsversuchen oder aus den Prüfberichten der als Lademaschine arbeitenden Erntemaschine ein niedrigerer Wert des Koeffizienten zur Charakterisierung der allgemeinen Betriebssicherheit $K_2 = \frac{t_G}{t_G + t_{VUS}}$ zu entnehmen und

dementsprechend auch der Ausnutzungs-koeffizient der Durchführungszeit gering angesetzt war, so muß die Lademaschine auf die Transportmittel warten. Dadurch erhöht sich die Gesamtarbeitszeit je ha bzw. je dt als Folge organisatorisch bedingter Wartezeit und die mögliche Leistung der Lademaschine verringert sich, ihre Leistungsfähigkeit kann also nicht ausgenutzt werden. Die Überlegungen zur Bestimmung der erforderlichen Transportmittel sollen aber dazu dienen, die organisatorisch bedingten Stillstände vor allem der ladenden Erntemaschine auszuschalten und eine möglichst hohe Ausnutzung der potentiellen Leistung der Erntemaschine zu erreichen. Daher erscheint es richtiger, zur Berechnung der Ladezeit die für die Arbeit der Maschine auf dem Feld zur Verfügung stehende Zeit nur um die Zeiten zu vermindern, die periodisch während jeder Beladung eines Transportmittels auftreten, während die nicht genau vorherbestimmbaren Verlustzeiten t_{VUS} , d. h. die funktionellen oder maschinellen Störungen, außer acht gelassen werden sollten. Das geschieht in Formel (9), indem t_{VUS} gleich null gesetzt wird. Wird daraus der Ausnutzungs-koeffizient der Durchführungszeit errechnet, so ist dieser gleich dem Ausnutzungs-koeffizienten der Operativzeit, da die Operativzeit $t_0 = t_D - t_{VUS}$ ist. Im Interesse der vollen Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der ladenden Erntemaschine ist es daher günstiger, wenn statt des Ausnutzungs-koeffizienten der Durchführungszeit (K_9) zur Berechnung der Beladezeit der Koeffizient zur Charakterisierung der Ausnutzung der Operativzeit $K_8 = \frac{t_G}{t_0}$ verwendet wird. Dann gilt

$$t_B = \frac{T_H}{N_M \cdot K_8} \quad [h/\text{Transportmittel}]. \quad (10)$$

Dies bedeutet zugleich, daß jede auftretende maschinelle oder funktionelle Störung dann für alle Transportmittel, die an die Arbeit der Lademaschine gekoppelt sind, und auch für die Entladekolonne einen Stau von der Dauer der Störung und damit eine Arbeitsaufwands- und Kostensteigerung je dt Ladegut zur Folge hat. Dadurch wird die Bedeutung

der Forderung nach störungsfrei arbeitenden Lademaschinen besonders hervorgehoben.

Formel (10) hat Gültigkeit, solange das Transportmittel gleichzeitig auch Sammelbehälter ist, die Erntemaschine also unmittelbar auf das Transportmittel ladet. Nur dann ist $t_B = t_F$. Sammelt die Erntemaschine das Ladegut in einem Zwischenbehälter, so ist t_F abhängig von dessen Fassungsvermögen (V), von der Leistung der Lademaschine ($N_M \cdot K_8$), von dem Fassungsvermögen des Transportmittels (T_H) und der Dauer der Entleerung des Zwischenbehälters (t_{EZ}) auf das Transportfahrzeug.

Daraus ergibt sich

$$t_F = m \cdot (t_V + t_{EZ}) \quad [h]. \quad (11)$$

Darin ist

m Zahl der Zwischenbehälterfüllungen, die zum Füllen eines Transportmittels erforderlich sind $= \frac{T_H}{V}$,

t_V die zum Füllen eines Zwischenbehälters erforderliche Zeit $= \frac{V}{N_M \cdot K_8}$ [h/Zwischenbehälter].

Ist das Aufnahmevermögen des Zwischenbehälters gleich dem des Transportmittels, also $T_H = V$, so ist demnach $t_F = t_V + t_{EZ}$. Wird statt eines Zwischenbehälters unmittelbar das Transportmittel beladen, so entspricht t_V der Beladezeit des Transportmittels t_B , während t_{EZ} zu null wird, da das Transportmittel nicht vor der Fahrt zum Abladeort des Ladegutes entleert wird. Damit ist Formel (11) die allgemeine Formel für die Zeit, nach der jeweils ein neues Transportmittel zur Verfügung stehen muß, wenn die Fließarbeit am Beginn des Transportzyklus steht und entweder das Beladen selbst oder die Vorarbeit zum Beladen und das Beladen betrifft. Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob eine Lademaschine verwendet wird oder nicht. Wesentlich ist, daß das Beladen oder das Sammeln der Ladung als Fließarbeit gestaltet ist. Die Zahl der Transportmittel ist demnach bei in Fließarbeit ausgeführtem Anfangsglied:

$$A_1 = \frac{t_z}{m \cdot (t_V + t_{EZ})} = \frac{t_B + t_T + \sum t_{HV} + t_E}{m \cdot (t_V + t_{EZ})} \quad [\text{Transportmittel}]. \quad (12)$$

Dabei ist, für den speziellen Fall $t_B = t_F$ die Formel (12) der Formel (3b) in der Formeltabelle ähnlich und unterscheidet sich von dieser im Prinzip nur durch die richtige errechnete Ladeleistung der Erntemaschine. LEWIKOWA und PAWLOWSKI gingen bei der Entwicklung ihrer Formeln von dem LKW als Transportmittel aus, bei dem es keine Umhängezeiten gibt, wenn der LKW nach der in der Sowjetunion üblichen Weise ohne Anhänger fährt, t_{HV} also gleich null ist. Wird in Formel (12) statt t_F nach Formel (11) t_B nach Formel (10) eingesetzt, so ergibt sich

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_8}{T_H} \cdot \left(\frac{T_H}{N_M \cdot K_8} + t_E + \sum t_{HV} \right). \quad (13)$$

Ist, wie VRANA verlangt, die Zeit zum Abladen des Erntegutes (t_E) der Beladezeit gleich, so erhält Formel (12) für diesen speziellen Fall das gleiche Aussehen wie Formel (2), da dann

$$\frac{t_B + t_E}{t_B} = 2 \quad \text{und dementsprechend} \\ A_1 = \frac{t_T + \sum t_{HV}}{t_B} + 2 \quad \text{ist.}$$

Eine Übereinstimmung mit der von ROSENKRANZ und PAUL vorgeschlagenen Formel ist nicht herbeizuführen, da von ihnen anscheinend mindestens ein Arbeitsgang außer acht gelassen wurde. Damit ist diese Formel im allgemeinen abzulehnen. Sie entspricht nur dem speziellen Fall, bei dem t_T zu null wird, in dem also das Transportmittel während des Beladens neben, hinter oder vor der Erntemaschine fährt und sofort nach dem Beladen entleert wird, wie z. B. bei der Ablage von Rüben in Feldrandmieten. Für diesen speziellen Fall ist Formel (2) falsch.

Aber auch Formel (4) läßt sich mit der Technologie des Transports bei Fließarbeit nur dann in Einklang bringen, wenn der sogenannte Verfahrensfaktor f und der Koeffizient der Ausnutzung der Umlaufzeit K_V als eine Umschreibung der Gleichheit der Be- und Entladezeit des Transportmittels, des dadurch erforderlichen Summanden 2 und der evtl. erforderlichen Umhängezeit ($\sum t_{HV}$) angesehen wird. Bei Fließarbeit ist nämlich die Be- und Entladezeit immer im Umlauf des Transportmittels enthalten, wie auch aus Bild 1 hervorgeht. Ob sie als Verlustzeiten gelten oder nicht, ist für die Transportmittelumlaufzeit, also die Gesamtzeit während der das Transportmittel zur Verfügung stehen muß, gleichgültig.

Bei Handarbeit läßt sich die Gleichheit der Be- und Entladezeit nach VRANA durch den Einsatz einer größeren oder geringeren Anzahl von Arbeitskräften erreichen. Es wäre jedoch widersinnig, z. B. die Möglichkeit des Abkippen des Ladegutes mit Hilfe von Kippanhängern nicht auszunutzen und statt dessen das Transportmittel mit einem langsamer arbeitenden Kran oder gar von Hand zu entladen. LEWIKOWA weist im Gegensatz dazu nach, daß die Verkürzung der Entladezeit durch verschiedene Entlademethoden unter Umständen eine nicht unbedeutliche Verminderung der erforderlichen Transportmittel zur Folge haben kann.

Voraussetzung für die Fließarbeit ist allerdings, daß t_B und $t_E < t_F$ sein müssen. Transportmittel können nur dann entladen werden, wenn sie beladen zur Verfügung stehen. Leere Transportmittel können dagegen nur dann kontinuierlich für eine Fließarbeit verfügbar sein, wenn man sie in der gleichen Zeit, in der sie rhythmisch benötigt werden, oder in einer kürzeren Zeit entleert.

Die Dauer der Entladezeit ist abhängig von der Leistung der eingesetzten Arbeitskräfte bzw. technischen Hilfsmittel. Als technische Hilfsmittel kommen sowohl solche in Betracht, die nicht zur technischen Ausrüstung des Transportmittels gehören (Krane, Netze und dergleichen), als auch solche, die einen Bestandteil der technischen Ausrüstung des Transportmittels bilden (Kipp-Pritschen, Rollboden usw.).

Soll das Entladen der Transportmittel die Fließarbeit sein, wie dies z. B. beim Stallmiststreuer denkbar ist, oder soll es durch Übergabe des Ladegutes an Maschinen oder Anlagen mit einem kontinuierlich durchgeführten Verarbeiten einer bestimmten Menge erfolgen (z. B. beim Dreschen auf dem Hof oder bei der Anfuhr von Kartoffeln zur kontinuierlichen Kartoffeldämpfanlage), so ist t_F in diesen Fällen gleich der Entladezeit des Transportmittels (t_E) bzw. dem Quotienten aus dem Aufnahmevermögen des Transportmittels (T_H), dividiert durch die Leistung der verarbeitenden Maschine oder Anlage ($N_M \cdot K_8$). Kann die verarbeitende Maschine oder Anlage über einen Zwischenbehälter

beschickt werden, der ein schnelleres Entladen gestattet, als es der Verarbeitungsdauer entspricht, so ist die Berechnung von t_F analog Formel (7) möglich, da der nächste Entladevorgang des Transportmittels dann erst nach der zur Verarbeitung der Zwischenbehälterfüllung erforderlichen Zeit notwendig ist.

Werden LKW mit Anhängern oder Schlepper mit zwei Anhängern eingesetzt, so kommt dies lediglich einem größeren Aufnahmevermögen der Transportmittel (T_H) gleich, falls zwischen dem Beladen des ersten und des zweiten Transportmittels kein Umhängen erforderlich ist, anderenfalls erhöht sich durch den Einsatz praktisch zweier Transportmittel auch die Umhängezeit ($\sum t_{HV}$). Dagegen ändert sich die Wegezeit vom Belade- zum Entladeort und zurück nur dann, wenn die Fahrgeschwindigkeit sich auf Grund der größeren Last, die transportiert werden muß, verringert. Die Berechnung der dann erforderlichen Transportmittel kann im übrigen nach Formel (12) erfolgen, indem die Transporteinheit zunächst einem einzelnen Transportmittel gleichgesetzt wird (natürlich unter Berücksichtigung des erhöhten Aufnahmevermögens), und die Zahl der errechneten Transporteinheiten mit der Zahl der je Transporteinheit verwendeten Transportmittel multipliziert wird. Dadurch ergibt sich

$$A_2 = A_1 \cdot a_1, \quad (14)$$

darin ist

A_2 Zahl der insgesamt erforderlichen Transportmittel bei Verwendung von mehr als einem Transportmittel je Transporteinheit.

a_1 Zahl der Transportmittel je Transporteinheit.

Die Zahl der notwendigen Schlepper bzw. Antriebsfahrzeuge ergibt sich in ähnlicher Weise nach Formel (12), wenn die vom Antriebsfahrzeug oder Schlepper nicht ausgeführten Arbeitsvorgänge gleich null gesetzt und dementsprechend aus dem Zähler des Bruches herausgenommen werden.

Die Summe der Umhängezeiten muß in Abhängigkeit von den gegebenen Möglichkeiten in all den Fällen als konstant angesehen werden, in denen gleich oft umgehängt werden muß. Die Dauer eines einmaligen Umhängens ist durch Zeitstudien entweder bekannt oder kann relativ schnell bestimmt werden. Für die Summe der Umhängezeiten ist es erforderlich, die Dauer des einmaligen Umhängens mit der Häufigkeit zu multiplizieren, mit der es im Transportmittelzyklus auftritt.

Zusammenfassung

Auf Grund einer Analyse des Transportmittelumschlages bei Fließarbeit wurde eine Formel zur Berechnung der bei Fließarbeit erforderlichen Transportmittel entwickelt. Dabei sind die nach Kenntnis des Verfassers an anderen Stellen veröffentlichten Formeln mit der entwickelten Formel verglichen und auf ihre Allgemeingültigkeit überprüft worden. Diese Überprüfung ergab, daß einige Autoren ihre Formeln für spezielle Sonderfälle des Transports bei Fließarbeit entwickelt hatten, die sich auf die hier entwickelte allgemeine Formel zur Berechnung der bei Fließarbeit erforderlichen Zahl von Transportmitteln

$$A_1 = \frac{t_B + t_T + \sum t_{HV} + t_E}{m \cdot (t_V + t_{EZ})}$$

zurückführen lassen.

Literatur

- [1] BELASCH, G. N.: Über den Wirkungsgrad des Maschinen-Schlepper-Aggregats. Selchosmaschina, Moskau (1954) H. 3, S. 25 bis 27
- [2] KAGAN, B. G., NJADELEW, O. W. und JAKOWLEWA, S. A.: Technisch-organisatorische Betriebslehre für Ackerschlepper und Landmaschinen in der Feldwirtschaft. VEB Verlag Technik, Berlin 1957. S. 102 bis 104.
- [3] LEWIKOWA, N.: Die Berechnung der Transportmittel für eine Silagevollerntemaschine. Am Landmaschinen-Institut der Martin-Luther-Universität Halle vorliegende Übersetzung eines Aufsatzes aus dem Moskauer Institut für Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft.
- [4] LICHATEW, W. S.: Zur Frage des Wirkungsgrades des Schlepper-Aggregates. Selchosmaschina (1955) H. 11, S. 23 bis 25.
- [5] MEDEK, K.: Methodik für die Prüfung von Rübenerntemaschinen. Forschungsarbeit Nr. 28-03-01/56 405 aus dem Institut für Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft in Repy bei Prag.
- [6] PAWLOWSKI, G.: Berechnung des Bedarfs an Transportmitteln für die Erntearbeiten, Maschino-Traktornaja Stanziya, Moskau (1955) H. 6, S. 37 bis 39.
- [7] Programm und Prüfmethode zur Untersuchung von Rübenerntekomplexen. Am Landmaschinen-Institut der Martin-Luther-Universität Halle vorliegendes Maschinenmanuskript einer Übersetzung aus dem Russischen.
- [8] Prüfungsrichtlinien des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim.
- [9] RÖSEL, W.: Eine Methode zur Ermittlung des erforderlichen Transportraums. Deutsche Agrartechnik (1959) H. 3, S. 138 bis 141.
- [10] RÖSEL, W.: Die Schleppergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der zapfwellengetriebenen Landmaschine. Deutsche Agrartechnik (1955) H. 5, S. 165 bis 168.
- [11] RÖSEL, W. und SCHMIDT, K.: Größere Flächenleistung ohne erhöhten Aufwand. Deutscher Bauernverlag, Berlin 1958.
- [12] ROSENKRANZ, O. und Paul, J.: Lehrbriefe für das Fernstudium an der Landwirtschaftlich-gärtnerischen Fakultät der Karl-Marx-Universität Leipzig, Landarbeitslehre 2, Manuskriptdruck aus dem VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, Leipzig 1955, S. 71, 72 und 137.
- [13] SWIRSHTSCHEWSKI, B. S.: Die Ausnutzung des Maschinen-Traktorenparcs. 2., überarbeitete Auflage, Verlag Selchosgis, Moskau 1950.
- [14] SWIRSHTSCHEWSKI, B. S.: Über die Bewertung der Arbeitsfähigkeit der Landmaschinen mit Hilfe der Ausnutzungskoeffizienten. Selchosmaschina (1954) H. 1, S. 16 bis 20.
- [15] VRANA, L.: Zur Organisation der Arbeit bei der Abfuhr der Zuckerrüben mit Traktoren Mechanisace zemedelstvi (1957) H. 20, S. 460 ff. A 3541

Ing. W. RÖSEL *)

Zur Ermittlung der erforderlichen Zahl von Transportmitteln

Stellungnahme zum vorliegenden Diskussionsbeitrag von Dipl.-Landw. H. TISCHLER

Der Diskussionsbeitrag von TISCHLER schließt mit der Gleichung

$$A_1 = \frac{t_B + t_T + \sum t_{HV} + t_E}{m \cdot (t_V + t_{EZ})} \quad (1)$$

die mit seiner Gleichung (12) identisch ist. Stellt man dieser die Gleichung

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_9 \cdot t_T}{T_H \cdot K_U} + f \cdot a_1 \quad [\text{Transportmittel}] \quad (2)$$

oder

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_9 \cdot 2s}{v_T \cdot K_U \cdot T_H} + f \cdot a_1 \quad [\text{Anhänger}] \quad (3)$$

gegenüber, so kann nicht ohne weiteres gesagt werden, daß die Theorien generell nicht übereinstimmen, es unterscheiden sich vielmehr nur die Betrachtungsweisen.

Daß die „praktische Leistung“ (nach TISCHLER) vorteilhafter durch $N_M \cdot K_8$ ausgedrückt werden sollte, kann aus dem von ihm angeführten Grunde anerkannt werden, denn bei störungsfreier Arbeit wird K_9 so wieso zu K_8 .

Dabei ist zu beachten, daß $K_8 = t_G / (t_G + t_H + t_V)$; die Hilfszeit t_H beinhaltet doch selbstverständlich auch den Zeitverlust der Erntemaschine durch Hängerwechsel oder Bunkerentleerung ($t_{HV} = \text{Versorgungszeit!}$). Wäre dies nicht der Fall, dann wären die Leistungsangaben, bezogen sowohl auf die Operativzeit als auch auf die Durchführungszeit, völlig unreal Zahlen und hätten keinen Wert für betriebliche Planung. Aus demselben Grunde hat die Gleichung (10) nach TISCHLER auch Gültigkeit für Bunkermaschinen. Die Be-

*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGER).

¹⁾ t_{HV} bedeutet nach TISCHLER Umhängezeit. In der in unserem Institut gemeinsam mit der Forschungsstelle für Landarbeit in Gundorf ausgeführten Aufgliederung der Zeitstudie ist t_{HV} „Hilfszeit Versorgung“ die Zeit, die für das regelmäßig innerhalb eines Arbeitsganges wiederkehrende Einfüllen bzw. Entleeren zu verarbeitender bzw. bereits verarbeiteter Güter benötigt wird, ohne daß während dieser Zeit produktive Arbeit verrichtet werden kann.

ladezeit für ein Transportmittel ist in jedem Falle

$$t_B = \frac{T_H}{N_M \cdot K_8}$$

unabhängig davon, ob gleich auf das Transportmittel oder erst in Bunker geladen wird.

Denn

$$(t_V + t_{EZ}) = \frac{V}{N_M \cdot K_8} \quad [\text{h/Bunker}],$$

folglich

$$m(t_V + t_{EZ}) = \frac{m \cdot V}{N_M \cdot K_8}$$

Da $m \cdot V = T_H$ ist, wird

$$m(t_V + t_{EZ}) = \frac{T_H}{N_M \cdot K_8} \quad [\text{h/Transportmittel}].$$

Darin ist (nach TISCHLER) V das Fassungsvermögen eines Zwischenbehälters oder Sammelbunkers in Tonnen und t_V die zum Füllen dieses Bunkers erforderliche Zeit in Stunden. Tritt durch den sofortigen Transport bedingt eine weitere Minderung der „praktischen Leistung“ $N_M \cdot K_8$ - also der Verfahrenleistung bei störungsfreier Arbeit ein, dann sind die eingesetzten Transportmittel nicht richtig auf das Verfahren abgestimmt und die Leistungsfähigkeit der Erntemaschine oder der beladenen Einrichtung wird nicht voll genutzt. Dies dürfte doch bei der Vielzahl von Berechnungsmöglichkeiten nicht auftreten!

TISCHLER geht in seinen Ausführungen immer vom Transportmittel aus und betrachtet den Umlauf stets als einen geschlossenen Ring, unabhängig vom Verfahren. Dies entspricht einem Verfahrensfaktor $f = 0$, der aussagt, daß Be- und Entladen, selbstverständlich auch das Hängerkoppeln bei Transportmitteln ohne Eigenantrieb, in der Umlaufzeit enthalten sind [1]. Dadurch wird der Summand ($f \cdot a_1$) ebenfalls 0 und die Gleichung (2) vereinfacht sich zu

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_8 \cdot t_T}{T_H \cdot K_U} \quad [\text{Transportmittel}] \quad (4)$$

Da die Transportzeit (reine Fahrzeit) t_T gleich dem Quotienten $2s/v_T$ [1] ist, schreibt

man die Gleichung (4) vorteilhafter

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_8 \cdot 2s}{v_T \cdot K_U \cdot T_H} \quad [\text{Transporteinheiten}] \quad (5)$$

Es erscheint jetzt jedoch zweckmäßig, für

$$K_U = t_T / (t_T + t_V) \quad [1] \quad (6)$$

einzusetzen, denn t_T und auch t_V liegen als Zeitgrößen sowieso vor. Eine direkte Errechnung von K_U kann also unterbleiben.

$$A_1 = \frac{N_M \cdot K_8}{T_H} \left(\frac{2s}{v_T} + t_V \right) \quad [\text{Transportmittel}] \quad (7)$$

Jetzt muß bemerkt werden, daß bei einem Verfahrensfaktor $f = 0$ unter t_V nach [1] eindeutig alle Verlustzeiten durch Umhängen als auch die Be- und Entladezeiten (t_B und t_E) zu verstehen sind.

$$t_V = t_B + \sum t_{HV} + t_E \quad [\text{h}] \quad (8)$$

Setzt man nun ein Ernteverfahren ohne Zwischenbunkerung voraus, so daß nach TISCHLER $t_T = m(t_V + t_{EZ}) = t_B$ wird - wobei das t_V nach TISCHLER wieder die Füllzeit eines Bunkers oder Zwischenbehälters ist - kann Gleichung (1) gleich (7) und somit auch gleich (4) oder (5) gesetzt werden.

Da

$$t_B + \sum t_{HV} + t_E = t_V \quad [\text{h}]$$

ist, wird unter der dargelegten Voraussetzung

$$\frac{t_B + t_T + \sum t_{HV} + t_E}{m(t_V + t_{EZ})} + t_E = \frac{t_T + t_V}{t_B}$$

Nun wurde bereits dargelegt, daß

$$t_T = 2s/v_T \quad [\text{h}]$$

und nach TISCHLER in seiner Gleichung (10)

$$t_B = T_H / (N_M \cdot K_8) \quad [\text{h/Transportmittel}] \quad \text{ist.}$$

Somit besteht völlige Übereinstimmung der beiden Gleichungen:

$$\frac{t_B + t_T + \sum t_{HV} + t_E}{t_B} = \frac{N_M \cdot K_8 \left(\frac{2s}{v_T} + t_V \right)}{T_H}$$