

Ernte und Transport im Parallelverfahren

Beispiel Feldhäckslereinsatz

Das Parallelverfahren ist eine Verknüpfungsvariante zwischen Ernte- und Transportarbeitsgängen. In ihm muss neben der Erntemaschine ständig ein Transportfahrzeug zur Übernahme des Erntegutes fahren. Um die Auswirkung verschiedener Einflussgrößen auf die verfahrenstechnische Leistung, den Arbeitszeitbedarf und die Kosten kalkulieren zu können, wurden Modelle erarbeitet. Für die Futterernte mit dem Feldhäckslers als typischem Beispiel für ein Parallelverfahren werden Ansätze für eine Kalkulation der verfahrenstechnischen Leistung sowie des Arbeitszeitbedarfes vorgestellt.

Dr. agr. habil. Andreas Herrmann ist Oberassistent am Institut für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle (Saale); e-mail: a.herrmann@landw.uni-halle.de

Schlüsselwörter

Transportverbundene Arbeitsverfahren, Parallelverfahren, verfahrenstechnische Leistung, Arbeitszeitbedarf

Keywords

Working methods connected with transport, parallel methods, process capacity, labour requirements

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99 525 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Als grundsätzliche Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen Ernte und Transport werden das Parallelverfahren und das absätziges Verfahren unterschieden (Bild 1). In der Praxis treten allerdings eine Reihe von Übergangsformen auf, die in Abhängigkeit von der konkreten Verfahrensgestaltung Merkmale beider Verfahrensvarianten in unterschiedlich starker Ausprägung aufweisen. Die Übergangsformen sind als Gruppe „bedingt absätziges Verfahren“ zu bezeichnen.

Parallelverfahren

Bei der klassischen Form des Parallelverfahrens wird das Transportfahrzeug während dem Nebenherfahren neben der Erntemaschine beladen. Da die Erntemaschine keinen Bunker hat, sind Erntemaschine und Transportmittel im Arbeitsverfahren unmittelbar miteinander verbunden und voneinander abhängig.

Der Vorteil des Parallelverfahrens besteht in seiner hohen Leistungsfähigkeit und in der Vermeidung eines Zeitverzuges zwischen Ernte und Transport. Zusätzliche Umschlagarbeitsgänge zwischen Ernte und Transport werden auf jeden Fall ausgeschlossen, was sich tendenziell kostensenkend auswirkt. Der Nachteil ist das Auf-

Legende	
\dot{m}_{T02E}	= Masseleistung einer Erntemaschine in der Operativzeit T_{02}
\dot{m}_{T02T}	= Masseleistung einer Transporteinheit in der Operativzeit T_{02}
\dot{m}_{T025E}	= Masseleistung einer Erntemaschine in der erweiterten Operativzeit T_{025}
\dot{m}_{T025T}	= Masseleistung einer Transporteinheit in der erweiterten Operativzeit T_{025}
n_E	= Anzahl Erntemaschinen
n_{TE}	= Anzahl Transporteinheiten
m_L	= Lademasse
t_{25E}	= Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeit (Erntemaschinen)
t_{25T}	= Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeit (Transportmittel)

treten von zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeiten. Diese Zeiten sind periodisch wiederkehrende Wartezeiten, die dadurch entstehen, dass die verfahrenstechnische Leistung im Erntearbeitsgang in der Regel kein ganzzahliges Vielfaches der Leistung im Transportarbeitsgang ist. Die zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeiten lassen sich durch gute Arbeitsorganisation minimieren, aber selten ganz ausschließen [1].

Feldhäckslers – Verfahrenstechnische Leistung

Die Futterernte mit dem selbstfahrenden Feldhäckslers ist das klassische Beispiel für die Verknüpfung von Ernte- und Transportarbeitsgängen im Parallelverfahren.

Auf die verfahrenstechnische Leistung der Maschinen in den Arbeitsgängen Ernte und Transport wirken mehrere Einflüsse. Mit größer werdender Zeitsummenebene nimmt die Komplexität der Zusammenhänge zu. Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Leistungen der Maschinen im Arbeitsgang Ernte und im Arbeitsgang Transport zum Teil von den gleichen Einflussgrößen abhängen. Bereits auf der Ebene der Operativzeit T_{02} wird die Transportleistung über die Komponente Beladezeit durch die Leistung der Erntemaschine mitbestimmt. Diese enge Verknüpfung der Ernte- und Transportarbeitsgänge und die daraus bedingte gegenseitige Beeinflussung des Leistungsverhaltens der Maschinen in diesen Arbeitsgängen ist typisch für Parallelverfahren [2].

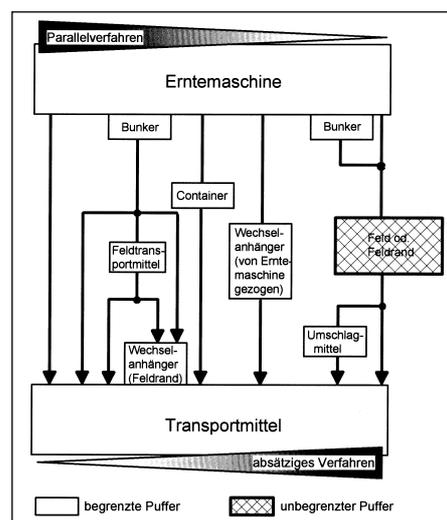


Bild 1: Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen Ernte und Transport

Fig 1: Combination possibilities between harvest and transport

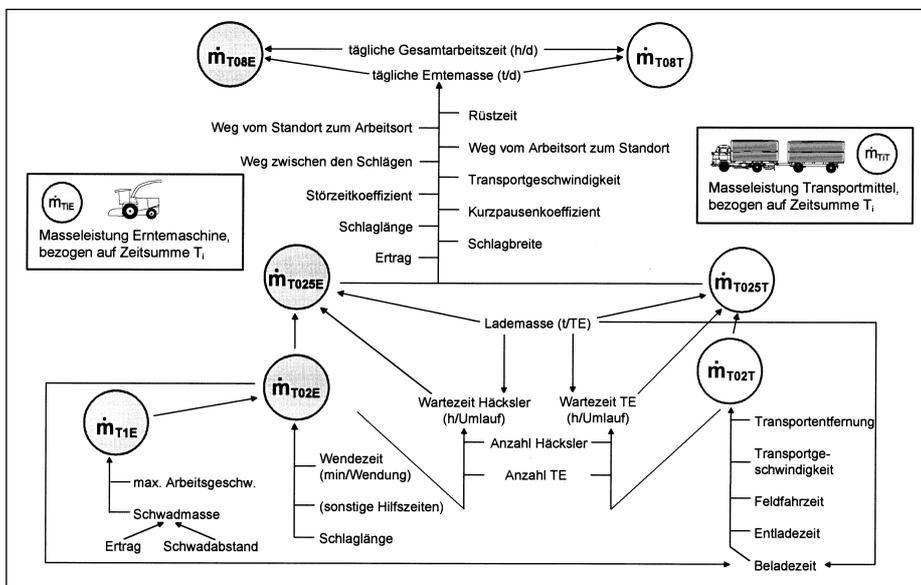


Bild 2: Einfluss verfahrenstechnischer Größen auf die Masseleistung bei der Futterernte mit dem Feldhäcksler im Parallelverfahren

Fig. 2: Effect of process parameters on material capacity with the forage harvester with parallel loading

Die Wechselwirkung zwischen Ernte und Transport lässt sich im Modell am ehesten auf der Grundlage der periodisch wiederkehrenden Teilarbeiten erklären. Daher bietet sich die erweiterte Operativzeit T_{025} als Grundlage zur Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den Arbeitsgängen an [3]. Folgende deterministische Beziehung gilt in Parallelverfahren:

$$n_E \cdot \dot{m}_{T025E} = n_{TE} \cdot \dot{m}_{T025T} \quad (1)$$

Die Berechnungsvorschriften für die verfahrenstechnische Leistung in der erweiterten Operativzeit für die Ernte – Formel (2) – und für den Transport – Formel (3) – haben das Problem, dass neben der Zielgröße \dot{m}_{T025} auch die zyklische verfahrenbedingte Verlustzeit t_{25} eine unbekannte Variable darstellt:

$$\dot{m}_{T025E} = \frac{1}{\dot{m}_{T02E}^{-1} + t_{25E} \cdot m_L^{-1}} \quad (2)$$

$$\dot{m}_{T025T} = \frac{1}{\dot{m}_{T02T}^{-1} + t_{25T} \cdot m_L^{-1}} \quad (3)$$

Ist die verfahrenstechnische Leistung im Erntearbeitsgang größer als die Leistung im Transportarbeitsgang (Basis Operativzeit T_{02}), entstehen die zyklischen verfahrenbedingten Verlustzeiten ausschließlich im Erntearbeitsgang. Sie lassen sich auf der Grundlage der Formeln (1) bis (3) wie folgt berechnen:

$$t_{25E} = m_L \cdot n_E \cdot (\dot{m}_{T02T}^{-1} \cdot n_{TE}^{-1} - \dot{m}_{T02E}^{-1} \cdot n_E^{-1}) \quad (4)$$

Ist die verfahrenstechnische Leistung im Erntearbeitsgang kleiner als die Leistung im Transportarbeitsgang (Basis Operativzeit T_{02}), treten die zyklischen verfahrenbedingten Verlustzeiten beim Transport auf:

$$t_{25T} = m_L \cdot n_{TE} \cdot (\dot{m}_{T02E}^{-1} \cdot n_E^{-1} - \dot{m}_{T02T}^{-1} \cdot n_{TE}^{-1}) \quad (5)$$

Für eine gemeinsame Betrachtung von Ernte und Transport ist das Kriterium „verfahrenstechnische Leistung“ nur bedingt geeig-

net, da die Leistungen aus mehreren Arbeitsgängen nicht additionsfähig sind. Dafür bietet sich der Arbeitszeitbedarf als ein Kriterium an, das bei Besetzung der Maschinen mit je einer Arbeitskraft als reziproker Wert der Leistung ausgewiesen werden kann.

Arbeitszeitbedarf und Kosten

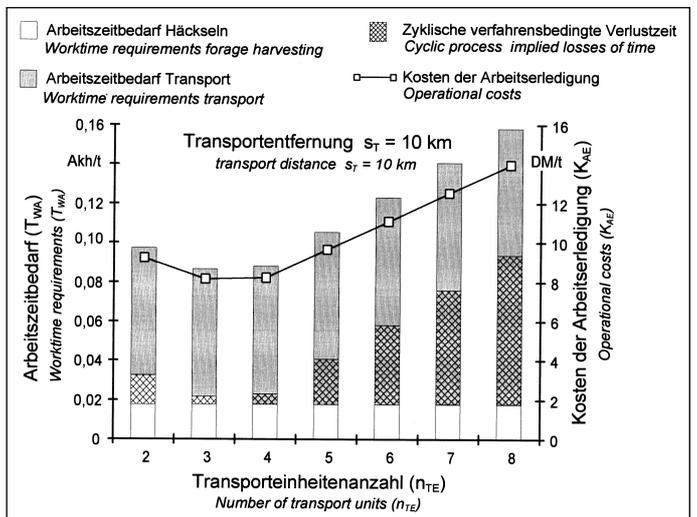
Bei einer differenzierteren Auflösung der Zusammenhänge - Formeln (1) bis (5) - können die Auswirkungen aller in Bild 2 dargestellten Einflussgrößen auf die verfahrenstechnische Leistung beziehungsweise auf den Arbeitszeitbedarf dargestellt werden.

Als Beispiel wird im Bild 3 der Arbeitszeitbedarf für das Arbeitsverfahren Futterernte mit Feldhäcksler und Transportfahrzeugen in Abhängigkeit von der Anzahl der eingesetzten Transportfahrzeuge auf Basis der erweiterten Operativzeit T_{025} vorgestellt.

In der Operativzeit T_{02} ist der Arbeitszeitbedarf, der in der Ernte und beim Transport auftritt, unabhängig von der Anzahl der ein-

Bild 3: Arbeitszeitbedarf für die Arbeitsgänge Häckseln und Transport in der erweiterten Operativzeit T_{025} sowie Kosten der Arbeitserledigung für das Gesamtverfahren in Abhängigkeit von der Transporteinheitenanzahl

Fig. 3: Labour requirements for the task chopping and transport in the wider operative time T_{025} and operational costs for the total process depending on the number of transport units



gesetzten Transportmittel konstant. Die Unterschiede im Arbeitszeitbedarf ergeben sich erst unter Berücksichtigung der zyklischen verfahrenbedingten Verlustzeiten in der erweiterten Operativzeit T_{025} . Bei der unterstellten Transportentfernung von 10 km liegt die theoretische Transporteinheitenanzahl, bei der weder im Ernte- noch im Transportarbeitsgang zyklische verfahrenbedingte Verlustzeiten auftreten würden, bei 3,69.

Bei drei eingesetzten Transporteinheiten fallen immerhin noch 19 % des Arbeitszeitbedarfes für das Häckseln als Wartezeit an. Das entspricht einem Anteil von nahezu 5 % Wartezeit auf dem Arbeitszeitbedarf des Gesamtverfahrens. Bei vier eingesetzten Transportmitteln liegt der Wartezeitanteil am Arbeitszeitaufwand des Transportes bei 8 %. Für das Arbeitsverfahren entsteht noch ein Wartezeitanteil von 6 %. Jede weitere Verkleinerung oder Vergrößerung der Transportmittelanzahl im Arbeitsverfahren bewirkt eine drastische Erhöhung des Wartezeitanteiles und damit einen Anstieg des Arbeitszeitbedarfes. Die Kosten im Arbeitsverfahren korrelieren stark mit dem benötigten Arbeitszeitaufwand.

Fazit

Das Parallelverfahren bietet gute Voraussetzungen für eine hohe Verfahrensleistung. Die Minimierung der zyklischen verfahrenbedingten Verlustzeiten erfordert jedoch einen hohen Organisationsaufwand bei der Planung des Verfahrensablaufes.

Generell ist ein Trend zur Entflechtung transportverbundener Arbeitsverfahren festzustellen. Ziel ist es dabei, mit dem Transport unabhängiger vom Erntearbeitsgang zu werden sowie die Transportleistung beim Straßentransport durch hohe Lademassen und hohe Transportgeschwindigkeiten erhöhen zu können (LKW-Einsatz!).