

Transporte in der Landwirtschaft – größer oder schneller?

Von Hermann Auernhammer, Weihenstephan *)

Transporte sind eine wesentliche Aufgabe in der Landwirtschaft. Speziell in der Hackfrüchtermiete ergeben sich bei enormen Erntemengen die Haupttransportprobleme, deren Lösung entweder in höheren Nutzmassen je Transporteinheit, höheren Transportgeschwindigkeiten oder in beiden Möglichkeiten zu suchen ist. Für diese Entscheidung werden nachfolgend die wichtigsten Grundlagen und Zusammenhänge erarbeitet.

Transports are essential tasks in agriculture. Specially row crop harvesting, due to the enormous amounts of harvested matter, poses transport problems the solution to which is to be found either in higher useful quantities per transport unit, higher transport speeds, or both possibilities. The most relevant principles and connections to be taken into consideration for coming to a decision are presented as follows.

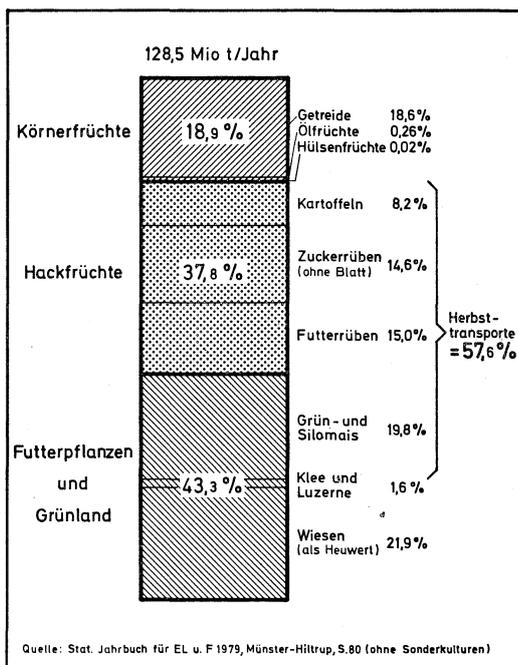


Abb. 1: Erntemengenanteile der Feldfrüchte in der Bundesrepublik Deutschland 1978 (ohne Zuckerrübenblatt und ohne Sonderkulturen)

Schon seit THÜNEN steht das Transportproblem der Landwirtschaft im Mittelpunkt vieler Überlegungen. Seither hat sich dieses Problem nicht verkleinert, sondern es ist durch zunehmende Erträge und die fortschreitende Spezialisierung größer geworden. Eine sich beständig erhöhende mittlere Motorleistung neuer Ackerschlepper wirft deshalb zu Recht die Frage auf, ob mehr Motorleistung in eine höhere Transportmasse je Einzeltransport oder in eine höhere Transportendgeschwindigkeit investiert werden soll.

Wie groß ist das Transportvolumen der Landwirtschaft?

Das gesamte Transportvolumen der Landwirtschaft setzt sich zusammen aus den herangeführten Hilfsmitteln zur Produktion (Hof oder Feld) und aus dem Abtransport von Nebenprodukten (Dung, Gülle) oder fertigen Produkten (Masttiere, Felderträge) zum Feld, zum Hof oder zu anderen Verwertungs- und Vermarktungsstellen. In der pflanzlichen Produktion besteht dabei ein deutliches Übergewicht des Transportvolumens in Richtung Hof. So werden zum Feld nur relativ geringe Mengen transportiert, während die eigentlichen Produkte teilweise enorme Mengen je Flächeneinheit ausmachen können. In der tierischen Produktion besteht hingegen das Problem bei dem Abtransport der Nebenprodukte und bei der

*) Akad. Rat Dr. Hermann Auernhammer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik in Weihenstephan (Direktor: Prof. Dr. H. L. Wenner)

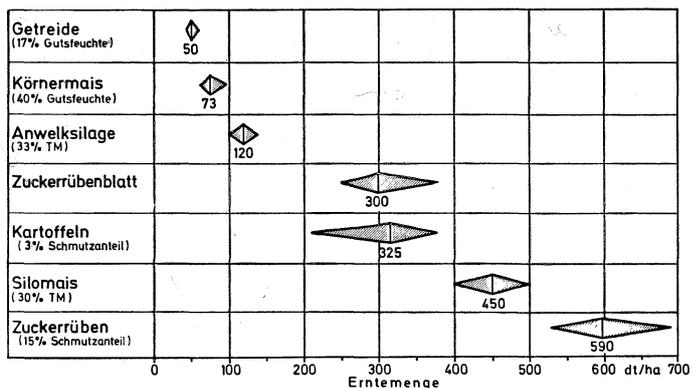


Abb. 2: Erntemengen je ha mit Streubereichen ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte

Heranführung der eventuell sehr großen Futtermengen. Abwägend ergibt sich aber aus beiden Produktionsformen die Hauptproblematik aus dem Abtransport der Erntegüter [20] vom Feld zum Hof, weil dabei in relativ kurzer Zeit sehr große Transportmengen zu bewerkstelligen sind (Abb. 1). Insbesondere gilt dies für die sehr wasserreichen Hackfrüchte und die Futterpflanzen einschließlich Heu und Grassilage. In diesem Zusammenhang werden sogar die in jüngerer Zeit aus der Diskussion fast vollständig verschwundenen Futterrüben interessant, ist doch ihr Anteil an den gesamten Erntemengen nahezu ebenso groß, wie die gesamten Körnerfrüchte.

Hinzu kommt die Einengung des zur Verfügung stehenden Transportzeitraumes. So müssen etwa 60% der gesamten Erntemengen in der relativ kurzen Zeitspanne der Hackfrüchtermiete unter zum Teil äußerst ungünstigen Bedingungen vom Feld zum Hof transportiert werden. Der Silomais des gesamten Bundesgebietes mit etwa 20% der Gesamterntemenge ist sogar in einem Zeitraum von 12 bis 16 Tagen zu ernten und stellt damit wohl die größten Transportanforderungen an die Landwirtschaft überhaupt.

Schlagkräftige Ernteverfahren erhöhen die Transportprobleme

An dieser Stelle fordern die einzelnen Erntegüter eine gesonderte Analyse. Ausgehend von den Körnerfrüchten (Abb. 2) mit geringer Gutsfeuchte nehmen die Erntemengen/ha [5] bei den sehr wasserreichen Früchten immer mehr zu und in Verbindung mit höheren Verfahrensleistungen ergeben sich daraus zum Teil sehr hohe stündliche Erntemengen (Abb. 3). Eben diese Mengen müssen aber in der zur Verfügung stehenden Zeit abtransportiert und eingelagert werden. Deshalb ist nunmehr die Frage nach den in der Praxis üblichen Transportwegelängen und den darauf erzielbaren Transportgeschwindigkeiten zu stellen.

Welche mittleren Transportgeschwindigkeiten erreicht die Praxis?

Eigene Untersuchungen in 860 Einzelmessungen ergaben in der Praxis die in Abbildung 4 dargestellten Zusammenhänge hinsicht-

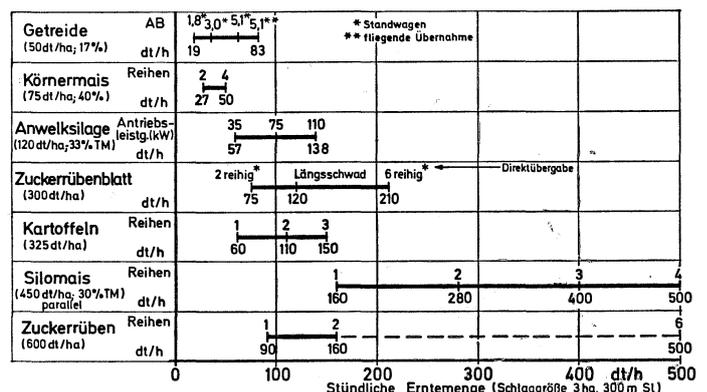


Abb. 3: Stündlicher Erntegutanfall ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen

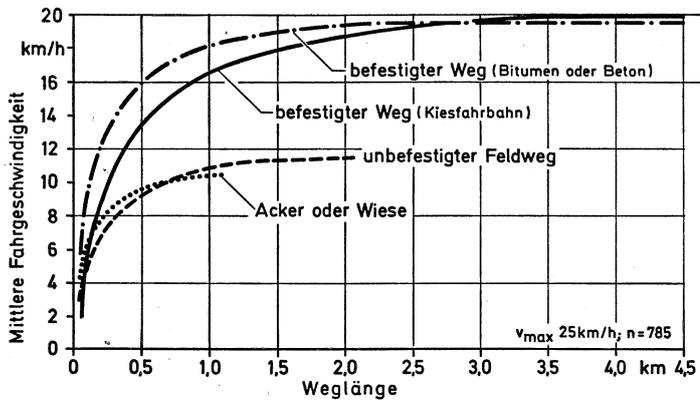


Abb. 4: Mittlere, in der Praxis ermittelte Transportgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Wegeart und Weglänge

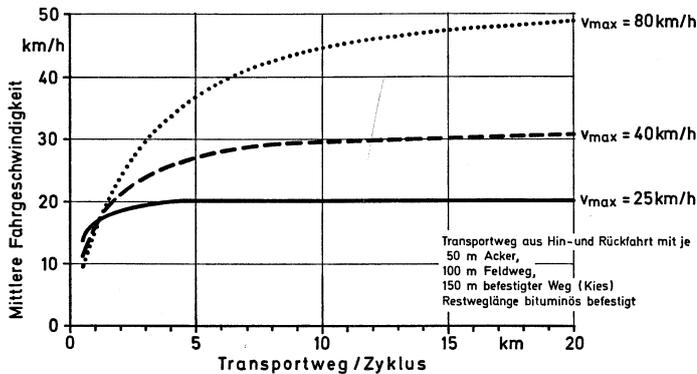


Abb. 5: Mittlere Transportgeschwindigkeiten bei praxisnahen Wegeverhältnissen in Abhängigkeit von maximaler Schleppergeschwindigkeit und Transportweg

lich der mittleren Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Transportweglänge. Dabei war aufgrund ausreichender Schleppermotorleistung ein Unterschied zwischen Leer- und Lastfahrt nicht festzustellen. Vielmehr ergab alleine die Fahrbahnbeschaffenheit den Ausschlag und führte dazu, daß mit zunehmender Transportweglänge die mittlere Fahrgeschwindigkeit jeweils bis zu einem für die Wegeart typischen Wert führte. So wurde etwa auf Wiesen und Äckern die am niedrigsten liegende mittlere Fahrgeschwindigkeit relativ schnell erreicht, obwohl sich die Stabilisierung erst ab 500 bis 600 m Weglänge einstellte. Erst danach wurde übrigens auf unbefestigten Feldwegen eine höhere mittlere Fahrgeschwindigkeit erzielt, die mit etwa 11 bis 12 km/h den schon bekannten Werten entsprach [3, 4, 6, 8, 11, 17].

Nur die wirklich befestigten und mit ebener Oberfläche versehenen Wegetypen veranlaßen die Landwirte zu höheren mittleren Transportgeschwindigkeiten. Auch dabei zeigt sich eine relativ lange Wegstrecke bis zum Erreichen der mittleren Transportgeschwindigkeit. So werden etwa auf Bitumen- oder Betonfahrbahn für 80 % der mittleren Endgeschwindigkeit schon 0,5 km, auf Kiesfahrbahn sogar nahezu 1 km benötigt. Endgültig stabilisiert sich die mittlere Fahrgeschwindigkeit erst ab etwa 2,5 km Transportweglänge.

Diese Verhältnisse können nun ebenso für höhere maximale Geschwindigkeiten für Schlepper ermittelt werden und stimmen dann

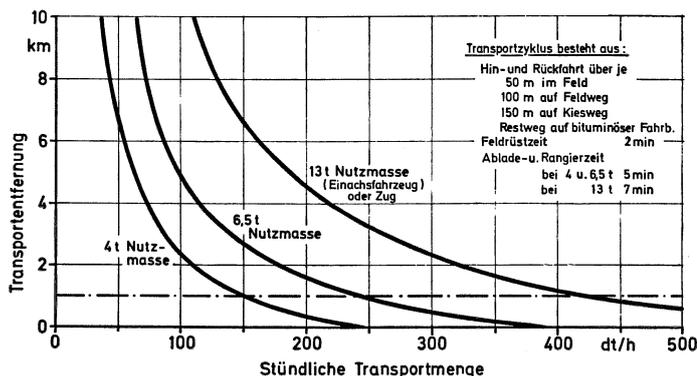


Abb. 6: Stündliche Transportleistung für Transporteinheiten mit 4, 6,5 und 13 t Nutzmasse bei unterschiedlicher Transportentfernung ($v_{max} = 25 \text{ km/h}$)

mit anderen Untersuchungen [6, 8, 11] recht gut überein. Danach erreicht ein Schlepper mit einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h stabile mittlere Fahrgeschwindigkeiten erst nach etwa 10 km Transportweglänge, schnell laufende Ackerschlepper mit $v_{max} = 80 \text{ km/h}$ benötigen dafür sogar mehr als 20 km Transportweg pro Zyklus. Wichtig erscheint dabei der Zusammenhang, daß die maximal erreichbare mittlere Transportgeschwindigkeit immer nur etwa 80 % der maximalen Geschwindigkeit des Schleppers beträgt. Dies gilt in allen Geschwindigkeitsbereichen bei den angegebenen und der Praxis im Mittel entsprechenden Ausbaustufen der Transportwege.

Welche Transportleistungen pro Transporteinheit sind möglich?

Wird nun die bisher übliche maximale Schleppergeschwindigkeit von 25 km/h für typische Transportzyklen mit unterschiedlicher Nutzmasse unterstellt, dann ergeben sich daraus eindeutige Zusammenhänge. Unter der Annahme, daß die Befüllung der Transporteinheit am Feld im Stand erfolgt (oder durch Überkippen), wobei dann der Transportschlepper gewechselt werden muß (ebenso vergleichbar der Parallelbetrieb) und am Hof eine Schnellentleerung erfolgt, können folgende Transportleistungen in dt/h erreicht werden (Abb. 6): Bei beispielsweise 50 dt/h Erntegutanfall und 4,5 t Nutzmasse pro Wagen könnte diese Erntemenge über etwa 6,3 km transportiert werden. 100 dt/h würden dagegen die mögliche Transportentfernung auf etwa 2,3 km senken und bei 150 dt/h würde eine Transporteinheit ziemlich exakt eine Transportentfernung von 1 km überbrücken. Umgekehrt läßt sich daraus aber auch die erforderliche Zahl an Transporteinheiten bei gegebenem Erntegutanfall und erforderlicher Transportentfernung von 4 km wären dann vier Transporteinheiten zu je 4,5 t Nutzmasse oder zwei Einheiten mit 6,5 t Nutzmasse als Zug oder ein großer Einachsanhänger mit 13 t Nutzmasse erforderlich, wobei letztere noch einen erheblichen Zeitpuffer [10, 12, 13, 15, 16] hätten.

Schneller oder größer erfordert die gleiche Motorleistung!

Landwirtschaftliche Transporte wurden bisher vor allem durch die Standardnutzmasse von 4 t je Transporteinheit bewerkstelligt. Dafür werden auf ebener Fahrbahn bis 3 % Steigung und einem Getriebewirkungsgrad $\eta = 0,85$ sowie 4 % Schlupf etwa 21 kW und etwa 7 kW für die Schleppereigenbewegung benötigt (Tab. 1). Wird nun die Nutzmasse von etwa 4 auf 6,5 t gesteigert, dann erfordert dies annähernd 60 % mehr Motorleistung. Die gleichen Verhältnisse liegen aber auch vor, wenn bei gleicher Ausgangsnutzmasse die Geschwindigkeit gesteigert wird [18]. Damit bietet sich ein Vergleich unmittelbar an.

Tab. 1: kW-Bedarf für den landwirtschaftlichen Transport (ebenes Gelände mit Steigungen bis 3 %; $\eta = 0,85$; Schlupf = 4 %)

Nutzmasse (80 % des zul. Ges. G.)	Geschwindigkeit		
	25 km/h	40 km/h	80 km/h
4 t	20,8	33,3	66,6
6,5 t	33,8	54,2	108,3
13 t	67,7	108,3	216,6
kW/t Nutzm.	5,2	8,3	16,6
+ 30 % für Schlepper	6,8	10,8	21,6

vereinfacht nach REHRL, K.: 208. ÖKL-Arbeit, Wien 1977

Schneller oder größer im Vergleich

Dieser Vergleich wurde, aufbauend auf die genannten Zusammenhänge, in Tabelle 2 vorgenommen. Über dem Transportweg von 1 bis 10 km wurden nach oben die relativen Transportmengensteigerungen bei Nutzmassensteigerung und nach unten jene bei Geschwindigkeitssteigerungen aufgetragen.

Tab. 2: Relative Veränderung der Transportmenge durch Nutzmassen- oder durch Geschwindigkeitssteigerung bei zunehmendem Transportweg

Nutzmassensteigerung	4 → 13 t (+ 225%)	+ 159	+ 172	+ 185	+ 194	+ 206
	4 → 6,5 t (+ 63%)	+ 44	+ 48	+ 52	+ 54	+ 57
Transportweg*	(km)	1	2	3	5	10
Geschwindigkeitssteigerung v _{max}	25 → 40 km/h (+ 60%)	+ 3	+ 14	+ 21	+ 28	+ 40
	25 → 80 km/h (+ 220%)	—	+ 20	+ 36	+ 59	+ 91

* Bestehend aus Hin- und Rückfahrt mit je 50 m Feld, 100 m Feldweg, 150 m Kiesweg und Reststrecke bituminöse Decke
Bei Nutzmassen- und Geschwindigkeitssteigerung jeweils Zeitbedarf für Beschleunigung / Verzögerung pro Stufe um 2 min erhöht

Für den gesamten Bereich zeigt sich sehr deutlich die Überlegenheit der Nutzmassensteigerung. Sie ist bei der aufgezeigten maximalen Transportentfernung von 10 km in beiden Fällen überlegen und würde demnach für die Geschwindigkeitssteigerung erst ab Transportweglängen von über 15 bis 20 km sprechen (vgl. auch Abb. 5).

ZETOR Traktoren

... die Renner in Kraft, Komfort und Preis



Piepenstock Muc

● ZETOR-Traktoren von 26–85 kW
(35–115 PS) ● auch mit Allrad und
integrierter Sicherheitskabine.

**ZETOR – von PROFIS
für PROFIS gebaut**

Fordern Sie unsere Prospekte an –
wir geben Ihnen gern weitere Auskunft

Generalimporteur:
SEMEX Metall- und Maschinen GmbH
Eichertweg 4 a, 8492 Furth i. W., Tel. (0 99 73) 20 61

Folgerungen für die Praxis

Aus diesem Vergleich sind klare Folgerungen für den praktischen Landwirt abzuleiten: Liegen die im Betrieb durchzuführenden Transporte innerhalb der genannten Transportentfernungen, dann ist eindeutig der Nutzmassensteigerung der Vorzug zu geben. Allerdings sollten aus Kostengründen die geltenden Gesetze beachtet und ausgeschöpft werden. Für die kleinere Transporteinheit ist demnach die billige Auflaufbremse vorzuziehen und damit ein zulässiges Gesamtgewicht von maximal 8 t/Transporteinheit anzustreben. Wird darüber hinaus mit Fremdkraftbremsung gearbeitet, dann sollte an das nächste maximale Gesamtgewicht mit 16 t oder 22 t bei dreiachsigen Fahrzeugen herangegangen werden [1, 2, 7, 14, 19].

Erst bei größeren Transportentfernungen ist der schnelllaufende und dann teure Schlepper mit 40 km/h maximaler Geschwindigkeit vorzuziehen, während der Schnellläufer mit 80 km/h maximaler Geschwindigkeit auch weiterhin die Ausnahme bleiben dürfte. Er erfordert einen unvergleichbar höheren Bauaufwand und stellt eigene Anforderungen an die Transporteinheiten.

Für den Schlepperproduzenten ergibt sich ebenfalls eine klare Forderung: Bedenken wir, daß etwa 40 % des Schleppereinsatzes Transportarbeiten sind und daß davon 50 % als Leerfahrten ausgeführt werden, dann bieten sich dabei dem Praktiker willkommene Verbesserungen an. Damit nämlich diese Leerfahrten bei geringer Motordrehzahl (geringe Lärmentwicklung) die maximal zulässige Transportgeschwindigkeit von 25 oder 30 km/h im optimalen Verbrauchsbereich erreichen können, benötigt der Schlepper der Zukunft einen elektronisch überwachten (gesperrten) Schnellgang. Dieser könnte als echter Spargang zu wesentlich größeren Dieselöl-einsparungen führen, als alle anderen derzeit diskutierten Maßnahmen. Er wäre somit der wichtigste Ansatzpunkt für den optimierten Schlepper.

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet

- [1] DLG: Verkehrsvorschriften für angehängte land- und forstwirtschaftliche Arbeitsgeräte. DLG-Merkblatt 123, Frankfurt 1975
- [2] DLG: Schlepper mit Fahrgeschwindigkeiten über 25 km/h. DLG-Merkblatt 127, Frankfurt 1976
- [3] ● D a e l e m a n s, J.: Arbeitsorganisation und Arbeitszeitbedarf mechanisierter Feld- und Transportarbeiten. Dissertation – Gießen 1977
- [4] ● F a t e h i, D.: Prozeßgerechte Gestaltung von Ernteguttransporten in der Landwirtschaft. Dissertation Hohenheim 1975, MEG-Schriftenreihe Nr. 8
- [5] ● F i s c h b e c k, G.: Züchterische Tendenzen und Sortenwahl. In: Landwirtschaftliches Unternehmerseminar, Gut Schlüterhof, H. 1: Getreidebau und innerbetriebliche Verwertung 1977, S. 23-44
- [6] ● G ö b b e l, H.-T.: Zuckerrübenernteverfahren großer Leistung und der Abtransport der Zuckerrüben – ihre wirtschaftlichen Einsatzbereiche. Dissertation Bonn 1977, MEG-Schriftenreihe Nr. 20
- [7] I m h o l z e, H.; E i c h b l a t t, H.: Umbau gebrauchter LKW-Anhänger zur Nutzung in der Landwirtschaft. RKL Kiel 1979, S. 127-140
- [8] I s e n s e e, E.: Außerbetrieblicher Transport in der Landwirtschaft – mit Schlepper oder Lastkraftwagen? Landtechnik 29 (1974), H. 7, S. 290-293
- [9] I s e n s e e, E.: Transporttechnik für die Getreideabfuhr. Landtechnik 30 (1975), H. 12, S. 518-525
- [10] I s e n s e e, E.: Weiterentwicklung in der Transporttechnik. Landtechnik 31 (1976), H. 9, S. 372-374
- [11] ● I s e n s e e, E.: Großmaschinen. Frankfurt: DLG-Verlag 1978, Band 156
- [12] ● N a c k e, E.: Untersuchung über Flurstücke und Wegeverhältnisse an ausgewählten Flurbereinigungsverfahren in Bayern. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, Weihenstephan, 1979
- [13] N e u b e r, E.: Anhänger für den landwirtschaftlichen Transport. DLG-Merkblatt, Frankfurt 1975
- [14] N e u b e r, E.; B u n k, A.: Einachshänger – pro und kontra. DLG-Mitteilungen 91 (1976), H. 10, S. 560-569
- [15] N e u b e r, E.; W a c k e r, P.: Landwirtschaftliche Transportsysteme. Landtechnik 30 (1975), H. 12, S. 505-510
- [16] N e u b e r, E.: Leistungsfähige Ernteverfahren und Transportsysteme. Landtechnik 30 (1975), H. 2, S. 77-79
- [17] ● P u t z, M.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen beim Ausbringen von Festmist. Diplomarbeit: Institut für Landtechnik, Weihenstephan, 1979
- [18] R e h r l, K.: Der Kraftstoffbedarf landwirtschaftlicher Transporte auf Straßen und Wegen. 208. ÖKL-Arbeit, Wien 1977
- [19] M e t z n e r, R.: Hydrospeed – ein neues Bremssystem für Land- und Forstwirtschaft. Landtechnik 34 (1979), H. 6, S. 306-307
- [20] ● Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Münster-Hiltrup 1979