

Günther Weise, Gießen

Warteschlangen vor Getreideannahmestellen

Eine Studie zu den Ankunfts- und Abfertigungszeiten sowie den umgeschlagenen Mengen an zwei Getreideannahmestellen zeigte den typischen Tagesgang der Anlieferungen und wie abhängig die Leistungsfähigkeit der Annahme von der angelieferten Menge ist. Insbesondere bei der Anlieferung von Erntegütern durch Landwirte ließen sich durch eine verbesserte Abstimmung der Ankunftszeiten und eine Anpassung der Leistungsfähigkeit der Annahme an große Fahrzeuge Verkürzungen der Wartezeiten erzielen.

Während der Ernte stellen Wartezeiten an Getreideannahmestellen für den Landwirt eine unangenehme Unterbrechung des Arbeitsflusses dar. Um die grundlegenden Zusammenhänge und mögliche Ansätze für Verbesserungen des Ablaufes zu erforschen, wurden an zwei Lagerhäusern während der Getreideernte im Jahr 2000 Zeitstudien durchgeführt. An der einen Annahmestelle (Lagerhaus 1) wurden im Wesentlichen Lkws abgefertigt, Messungen wurden vom Vormittag bis zum Betriebschluss durchgeführt. Zum zweiten Lagerhaus (Lagerhaus 2) kamen vor allem Landwirte, um Erntegüter abzuliefern; hier fanden Messungen an zwei Tagen statt. Es war jedoch nicht möglich, hier bis zum Betriebschluss Messungen durchzuführen. Aus den gemessenen Werten wurden nach den Regeln der Warteschlangentheorie [1, 2] Kennwerte berechnet, die in *Tabelle 1* aufgelistet sind. Als sinnvolle Zeitbasis für die Betrachtungen wurde die Stunde ausgewählt. Zu beachten ist, dass an der Abladestelle 1 etwas mehr wie zwei Fahrzeuge in der Stunde abgefertigt werden können und an der Abladestelle 2 etwa vier Fahrzeuge pro Stunde. Betrachtet wurden jeweils ganze Züge. Vor dem Abkippen (Traktoren in der Regel mit Hilfe einer Kippbühne, Lkws in der Regel durch die bordeigene Kippeinrichtung) wird eine Probe entnommen, um Getreidefeuchte und Fallzahl zu bestimmen. Als Ankunft galt der Zeitpunkt, wenn der Zug am Ende der Warteschlange zum Stehen kommt, als Beginn der Abfertigung der, an dem der Zug zum

Kippen an der Annahmegasse bereit stand oder der Kratzförderer damit aufhörte die vorangegangene Ladung wegzufördern, wenn die Anlage aufgrund unterschiedlicher Güter nicht durchlaufen konnte. Gewertet wurde der jeweils späteste Zeitpunkt. Als Ende der Abfertigung galt entweder, wenn der Kratzförderer zu laufen aufhörte oder wenn der Zug die Annahmegasse wieder verlassen hatte (spätester Zeitpunkt).

Ankunftsrate und resultierende Wartezeiten

Typisch für das Ankunftsverhalten am Lagerhaus 1 war, dass beinahe während der gesamten Beobachtungszeit mehr Fahrzeuge ankamen als abgefertigt wurden. Diese Tatsache ist daran zu erkennen, dass der Wert ρ größer als 1 wird. Zu beachten ist, dass bereits eine Warteschlange vorhanden war, als die Messungen begannen. Die Warteschlange wurde während der Beobachtungszeit von 11.00 bis 17.00 Uhr nicht abgebaut. Ein endgültiger Abbau wurde erst erreicht, als keine weiteren Fahrzeuge mehr angenommen wurden. Zwischenzeitlich traten Wartezeiten von bis zu drei Stunden auf. Die Ankünfte der Fahrzeuge waren über den Tag einigermaßen gleichmäßig verteilt, so dass die Annahme niemals still stand und damit eine recht hohe stündliche Annahmehleistung von rund 50 t erreicht werden konnte.

An der Annahmestelle 2 lag die Ankunftsrate sowohl am ersten als auch am zweiten Tag (*Bild 1*) in den Vormittagsstunden und

Dr.-Ing. Günther Weise ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35390 Gießen (Germany); e-mail: guenther.h.weise@agr.uni-giessen.de

Schlüsselwörter

Warteschlange, Lagerhaus, Transport, Logistik, Operations Research

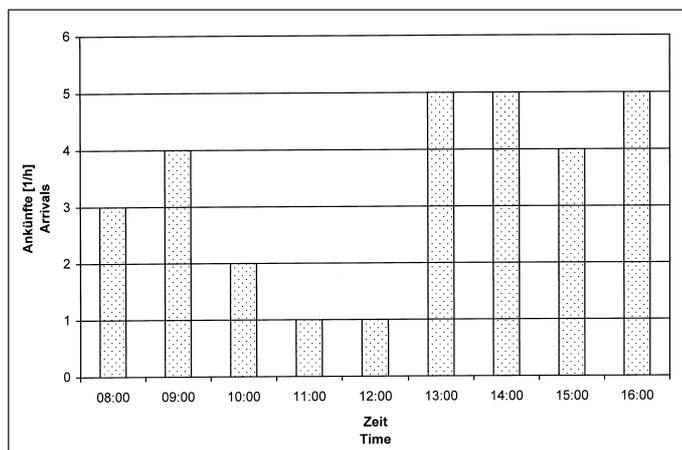
Keywords

Queue, elevator, transport, logistics, operations research

Literaturhinweise sind unter LT 01204 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Anzahl der Ankünfte über den Tag für Lagerhaus 2 am zweiten Messtag

Fig. 1: Number of arrivals during the day for elevator 2 at 2nd day measured



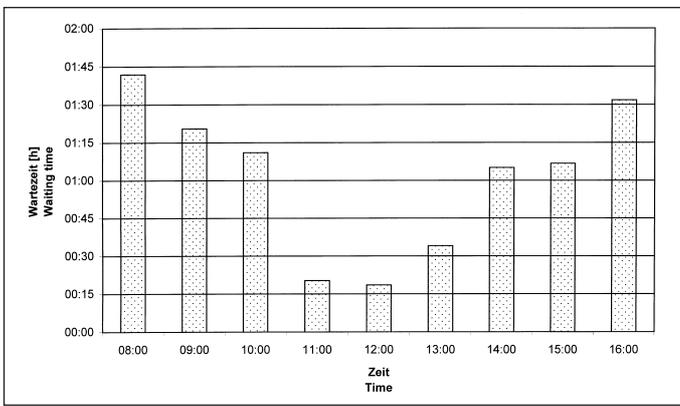


Bild 2: Wartezeiten über den Tag für Lagerhaus 2 am zweiten Messtag

Fig. 2: Queues during the day for elevator 2 at 2nd day measured

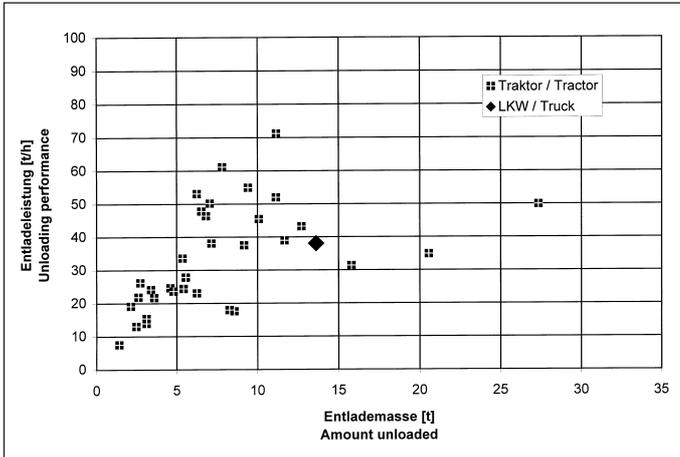


Bild 3: Entladeleistung am Lagerhaus 2 in Abhängigkeit von der angelieferten Menge pro Zug am zweiten Messtag

Fig. 3: Unloading capacity at elevator 2, depending on quantity of per load delivered, at 2nd day measured

am frühen Nachmittag in der Regel unter der Annahmekapazität. Am zweiten Messtag waren bereits einige Fahrzeuge vor der Öffnung der Annahme angekommen und bildeten bei Betriebsbeginn eine Schlange, die dann im Lauf des Vormittags abgebaut wurde. Ab 16.00 Uhr am ersten Messtag und ab 13.00 Uhr am zweiten Messtag kamen mehr Fahrzeuge an als tatsächlich abgefertigt werden konnten, so dass Wartezeiten von bis zu 1,5 Stunden auftraten. Damit ergab sich über den ganzen Tag (Tab. 1) eine geringere Annahmefähigkeit als bei Lagerhaus 1, obwohl die installierte Kapazität etwa ähnlich groß ist. Die Erklärung für diese Beobachtung ist, dass morgens meist Anhänger noch mit Getreide gefüllt sind, das am Vorabend gedroschen wurde. Dies versuchen die Landwirte so bald wie möglich abzuliefern, wofür auch Wartezeiten in Kauf genommen werden. Danach ergibt sich keine weitere Gutanlieferung, da gewartet werden muss, bis das Ge-

treide abgetrocknet ist, ehe mit dem Dreschen fortgefahren wird. Ab den Nachmittagsstunden sind dann viele Fahrzeuge wieder gefüllt und werden zur Annahme gefahren (Bild 2).

Optimierungsmöglichkeiten

Wie aus Tabelle 1 zu erkennen ist, stimmen die theoretischen und die tatsächlichen Werte für mittlere Wartezeit und mittlere Schlängellänge für den Messtag 1 und die Messstelle 2 relativ gut überein. Am Messtag 2 ergeben sich bereits deutliche Differenzen, die damit zu erklären sind, dass die Anlage bereits zeitweise mit Überlast fährt, der daraus resultierende Aufbau der Warteschlange aber nicht mehr aufgenommen werden konnte. An der Messstelle 1 konnten Berechnungen aufgrund des Fahrens im Überlastbereich der Anlage nicht durchgeführt werden, da dann die einfache Warteschlangentheorie

Lagerhaus Tag	1	1	2	2
Mittlere Ankunftsrate [1/h]	2,6	2,4	3,6	3,6
Mittlere Bedienzeit [h]	0:26	0:15	0:14	0:14
Mittlere Abfertigungsrate [1/h]	2,2	4,0	4,2	4,2
Mittlere Wartezeit [h]	2:02	0:40	1:07	1:07
Mittlere Ablademenge [t]	22,3	7,3	7,9	7,9
Mittlere Warteschlängellänge	5,1	1,6	3,2	3,2
Mittlere Abladeleistung [t/h]	49,9	27,2	33,8	33,8
ρ (Verkehrsdichte)	1,14	0,61	0,92	0,92
Wahrscheinlichkeit Bedienung sofort		0,39	0,08	0,08
Mittlere theoretische Schlängellänge		1,58	11,04	11,04
Mittlere theoretische Wartezeit [h]		0,65	1,58	1,58

Tab 1: Berechnete Kennwerte der untersuchten Abladestellen

Table 1: Computed parameters of elevators investigated

versagt. Es erschien daher sinnvoller, mit Simulationsrechnungen zu arbeiten. Um vorhandene Optimierungspotenziale abzuschätzen, wurde für den Tag 2 im Lagerhaus 2 eine Simulationsrechnung durchgeführt, wobei angenommen wurde, dass die Fahrzeuge gleichmäßig verteilt an der Annahme ankommen (etwa alle 15 Minuten ein Fahrzeug). Die gemessene Entladezeit wurde dabei beibehalten. Das Ergebnis war, dass die maximal auftretenden Wartezeiten von 1,5 Stunden auf 30 Minuten reduziert wurden und die maximale Schlängellänge von sechs auf drei Züge halbiert wurde.

Entladeleistung

Die Entladeleistung in Abhängigkeit von der Fahrzeuggröße ist für den zweiten Messtag an Lagerhaus 2 in Bild 3 dargestellt. Wenn die Entladezeit sich unabhängig von der entladenen Menge statistisch verteilt, ließen sich durch den Einsatz größerer Fahrzeuge und die Bündelung von Fuhren erhebliche Rationalisierungsgewinne [3] erzielen. Am Lagerhaus 2 war eine leistungsfähigere Kippbühne installiert. Diese konnte kleinere Züge und große Anhänger (bis 24 t zulässiges Gesamtgewicht) in einem Zug abkippen. Hier erwies sich aber die Fördereinrichtung als begrenzender Faktor. Für Entlademassen von etwa 10 t kann noch die gesamte Menge auf einmal in die Gosse gekippt werden. Wird aber ein größerer Anhänger entladen, so können zunächst nur die Bordwände geöffnet werden; die dabei auslaufende Menge füllt die Gosse bereits weitgehend und muss zunächst weggefördert werden, ehe weiter abgekippt werden kann.

Fazit

Die Ankunftszeiten von Landwirten an Getreideannahmestellen sind über den Tag inhomogen verteilt, so dass für die Annahme noch Reserven vorhanden sind. Für eine optimale Auslastung der Anlage muss die Fahrzeuggröße auf die Leistungsfähigkeit der Fördereinrichtungen abgestimmt werden.

Die Anlagen werden zeitweise nahe oder über der Kapazitätsgrenze gefahren, weshalb eigentlich eine streng getaktete Ankunft der Züge erforderlich wäre. [1] empfiehlt zur Vermeidung längerer Wartezeiten Auslastungen von 50 bis 60%. Wünschenswert wäre daher eine Vernetzung über Datenfernübertragung mit den anliefernden Landwirten, um eine optimale Auslastung der Anlage zu erzielen (bei Anlage 2 wird nur die halbe installierte Förderleistung ausgenutzt), durch permanenten Lauf der Anlage und das Vermeiden von Chargentrennungen. Landwirte könnten von dieser Maßnahme durch reduzierte Wartezeiten profitieren.

Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] • *Zimmermann, W.*: Operations Research. Oldenbourg Verlag, München, Wien 1999
- [2] • *Meyer, M. und K. Hansen*: Planungsverfahren des Operations Research. Verlag Vahlen, München, 1996
- [3] *Parnell, C., B. Shaw and B. Fritz*: Systems Engineering, Operations Research and Management Science. In *Stout, B.*: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol III, Plant Production Engineering. ASAE St Joseph, MI, 1999, pp. 521 – 536