

Standortoptimierung von Lagern bei minimalen Kosten für Transport, Umschlag und Lagerung

Dr. sc. techn. H.-G. Lehmann, KDT/Dr. agr. Doris Kraut
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Die Bestimmung optimaler Standorte und Kapazitäten von Lagerstätten in Landwirtschaftsbetrieben ist eine oft anzutreffende, schwierige, in der Bedeutung häufig unterschätzte Aufgabe. Mit dem Bau von Lagerstätten oder Zwischenlagern wird über die Gutqualität und den Transportaufwand für eine lange Zeitspanne von einigen Jahren oder sogar Jahrzehnten entschieden. Für die Bestimmung optimaler Standorte und Kapazitäten von Lagern eignet sich die Methode der zweistufigen Standortoptimierung, die bereits in vorhergehenden Veröffentlichungen vorgestellt wurde [1, 2]. Der Nachteil dieser Standortoptimierung mit dem Zielkriterium „minimale Transportarbeit“ ($t \cdot km$) besteht darin, daß ausschließlich Entfernungen und Massen berücksichtigt werden. Deshalb wurde eine Methode erarbeitet, die die Aufwendungen für Zwischenlagerung und Umschlag sowie technologisch bedingte Fahrten der Transportmittel zum Beladen durch die Erntemaschine berücksichtigt, aber gleichzeitig einen vertretbaren Aufwand gewährleistet.

2. Beschreibung der Methode

Als Zielkriterium dienen minimale Kosten für Transport, Umschlag und Lagerung (TUL-Kosten), weil sie am besten die notwendigen Aufwendungen in ihrer Gesamtheit widerspiegeln. Mit dem Rechenprogramm KOST für den Rechner KRS4200 werden aus den Entfernungsmatrizen Kostenmatrizen berechnet [3]. Das Ergebnis des Programms KOST – die Kostenmatrizen für die 1. und 2. Transportstufe – bildet den Datensatz für die Eingabe zum bekannten Programm der zweistufigen Standortoptimierung TROZ, das sich in vielen Anwendungsbeispielen als äußerst praktikabel erwiesen hat. Die TUL-Kosten der 1. Transportstufe TK 1 (J, I) vom Schlag/Absender zum Lager/Zwischenlager werden wie folgt berechnet:

$$TK 1 (J, I) = KZT 1 (J, I) + KZB 1 + KZU + KZE (J);$$

KZT 1 (J, I) Kosten für Transportzeit in M/t

$$KZT 1 (J, I) = \frac{2 TE (J, I) TMK 1 FV 1 (1 + FB)}{GM 1 FMS 1}$$

TE (J, I) Transportentfernung vom Schlag I (I = 1...100) zum Lager J (J = 1...20) in km
≅ Entfernungsmatrix

TMK 1 Transportmittelkosten in M/h
FV 1 Verzögerungsfaktor zur Berücksichtigung schlechter Wegstrecken, Bahnschranken u. ä. (≥ 1)

FB Faktor für Besatzanteil
GM 1 mittlere Geschwindigkeit in km/h

FMS 1 Fahrzeugnutzmasse der Transporteinheit auf der Straße in t
KZB 1 Kosten für Beladezeit in M/t

$$KZB 1 = \frac{FMF TMK 1 FV 1}{FMS 1 DEM}$$

FMF Fahrzeugnutzmasse der Transporteinheit auf dem Feld in t
DEM Durchsatz der Erntemaschine in t/h
KZU Kosten für die Zeit des Umkopplens von Anhängern (z. B. zum Doppelzug) in M/t
KZE (J) Kosten für die Entladezeit am Lager J in M/t.

Mit den Berechnungsalgorithmen werden zuerst die Kosten für die 1. Transportstufe unter Berücksichtigung des gesamten Transportzyklus Beladen – Lastfahrt – Entladen – Leerfahrt ermittelt. Dabei können das Kopeln von Anhängern zum Doppelzug, Zeitverluste durch Behinderungen auf der Transportstrecke und der Besatztransport mit einbezogen werden. Den Berechnungen der Kosten sollte eine einheitliche Zeitbasis nach Standard TGL 22289 oder nach der „Zeitgliederung für Transport und Umschlag in der Landwirtschaft“ [4] zugrunde gelegt werden. Empfohlen wird die Verwendung der Produktionsarbeitszeit T_{04} oder der Normzeit T_{07} .

Analog erfolgt die Berechnung der Kosten für die 2. Transportstufe bei Berücksichtigung der Besatzabscheidung und der Kosten für Besatz- oder Sickersafttransporte.

Die Umschlagkosten treten bei einer Zwischenlagerung oder vor der Lagerung auf und werden der 1. Transportstufe zugeordnet. Damit ist die Einbeziehung zusätzlicher Umschlagaufwendungen bei Zwischenlagerung möglich.

3. Anwendungsbeispiele

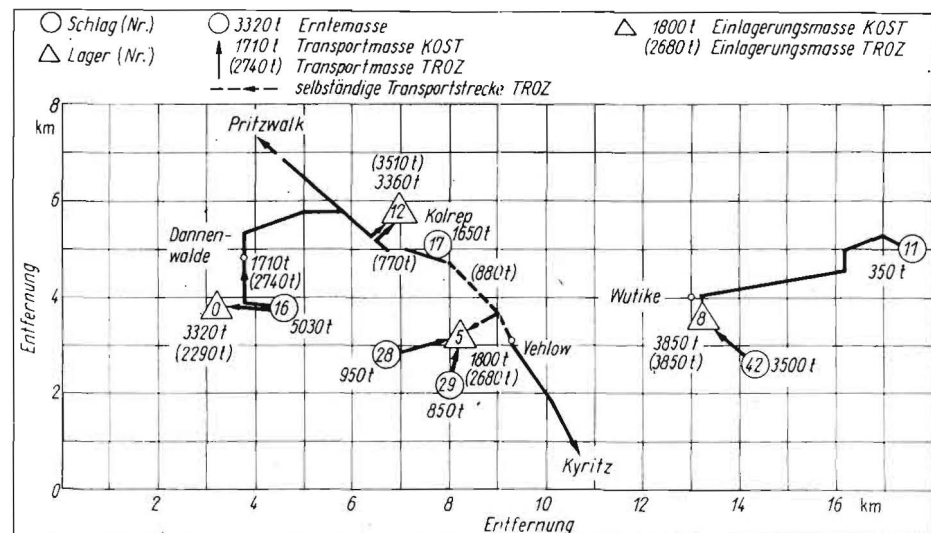
Die Anwendung der erarbeiteten Methode zur Standortbestimmung und Kapazitätsbestimmung von Lagern erfolgte in den LPG (P) Vehlou und Mittenwalde, Bezirk Potsdam. Am Beispiel der Lieferbeziehungen für Silomais in der LPG Vehlou wurden die Unterschiede zwischen den Optimierungsmethoden mit dem Zielkriterium „minimale Transportarbeit“ (TROZ) und dem Zielkriterium „minimale TUL-Kosten“ (KOST) untersucht (Bild 1). Die Transportarbeit in der 1. Transportstufe (Feld – Lager) beträgt bei der Optimierung nach TUL-Kosten (KOST) nur 85% gegenüber der Optimierung nach Transportarbeit (TROZ), dagegen für die 2. Stufe 131%. Der Anteil von Transporten vom Feld zum Lager mit einer Entfernung von mehr als 4 km wird von 25 auf 17% der Gesamtmasse reduziert.

In Tafel 1 wird darauf hingewiesen, daß der Anteil der durch die Transportstrecke verur-

Tafel 1
Anteil der Umschlagkosten an den TUL-Kosten für Industrie- und Futterkartoffeln am Beispiel der LPG (P) Vehlou (Traktor ZT300 mit 2 Anhängern HW60.11)

Bezeichnung	TUL-Kosten	
	absolut M/t	rel. %
Transportmittelkosten 1. Stufe (3,7 km)	3,99	42,3
davon „reiner“ Transport	1,50	15,9
davon „Umschlag“ (Be- und Entladen)	2,49	26,4
Transportmittelkosten 2. Stufe (9,2 km)	3,14	33,2
davon „reiner“ Transport	1,41	14,9
davon „Umschlag“	1,73	18,3
Umschlagmittelkosten	2,31	24,5
Gesamtkosten „Umschlag“	6,53	69,2
Transport	2,91	30,8
Summe	9,44	100

Bild 1
Vergleich der Lieferbeziehungen und Lagerkapazitäten bei den Optimierungsmethoden TROZ und KOST (LPG Vehlou, Silomais 1981)



sachten „reinen“ Transportkosten lediglich etwa $\frac{1}{3}$ der TUL-Gesamtkosten beträgt. Der Kostenanteil des Umschlags bei Zwischenlagerung wird im angeführten Beispiel mit rd. 25% ausgewiesen. Diese höhere Präzision der Aufwandskennzahl TUL-Kosten gegenüber Transportarbeit rechtfertigt in vielen Fällen den höheren Vorbereitungs- und Rechenaufwand. Die Verwendung einheitlicher Entfernungsmatrizen sowohl für KOST- als auch für TROZ-Optimierungen ermöglicht die variable Auswahl des erforderlichen Zielkriteriums.

Zur weiteren Verdeutlichung der Wirkungen der Ausgangsparameter für die Optimierungsrechnungen sind im Bild 2 die Einflüsse der Geschwindigkeit in der 1. Transportstufe, der Beladeleistung, der Erntemaschine und des Besatzes auf die TUL-Kosten sowie die Anzahl der Lagerstandorte dargestellt. Beachtenswert ist vor allem die Tatsache, daß mit größerer Differenz der Geschwindigkeiten zwischen 1. und 2. Transportstufe (GM1 und GM2) die Anzahl der optimalen Zwischenlagerstandorte ansteigt.

Einen positiven Einfluß auf geringe TUL-Kosten und damit auf einen geringeren DK-Verbrauch haben folgende Faktoren:

- volle Auslastung der Fahrzeugnutzmasse und Anwendung des Traktor-Doppelzugs oder LKW-Zugs
- Erhöhung der mittleren Transportgeschwindigkeit durch geringe Feldfahrt-

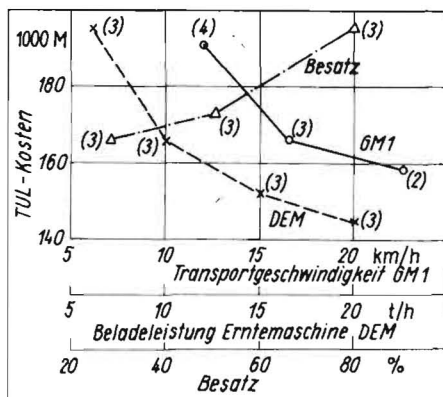


Bild 2. Abhängigkeit der TUL-Kosten und der Anzahl der Zwischenlagerstandorte (Angabe in den Klammern) von verschiedenen Eingangsdaten der Transportoptimierung bei der Kartoffelernte 1982 in der LPG (P) Vehlowlow

strecken und gut ausgebaute Wirtschaftswege

- Verminderung des Erntegutbesatzes durch ackerbauliche und technologische Maßnahmen sowie durch sorgfältige Maschineneinstellung
- Erhöhung des Anteils der produktiven Leistung in T_{02} an der Schichtleistung in T_{08} durch straffe Organisation und vorbeugende Instandhaltung.

Vorschläge für die Lagerung in Feldnähe

Dr. agr. W. Hey/Dipl.-Ing. B. Sickert, KDT, Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR
Dr. sc. techn. H.-G. Lehmann, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Im Beschluß des XII. Bauernkongresses der DDR wird im Hinblick auf die Verminderung des Transportaufwands folgendes festgestellt [1]: „Günstigste Bedingungen schaffen wir durch eine energieökonomisch gut durchdachte Produktions- und Arbeitsorganisation, insbesondere durch die effektivste Organisation des Transports im Territorium.“ Bisher wurden fast 50% des Dieselkraftstoffs (DK) der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft für Transporte verbraucht. Aufgrund der steigenden Betriebsgröße und Zentralisierung stieg die mittlere Transportentfernung in der Landwirtschaft in den 70er Jahren auf mehr als das Doppelte [2]. Eine Möglichkeit zur Senkung des Transportaufwands und zum Glätten von Transportspitzen in der Landwirtschaft bietet die Nutzung feldnaher Lager mit geringeren Entfernungen vom Feld zum Lager und vom Lager zum Verbraucher oder zu sonstigen Empfängern.

Im folgenden werden Ergebnisse aus der stochastischen Transportsimulation, den technologisch-ökonomischen Variantenberechnungen und den mehrjährigen Experimenten in den LPG (P) Vehlowlow und Grumbach-Kaufbach vorgestellt.

2. Charakterisierung der Lagerung in Feldnähe

Durch die Lagerung sollen die zeitlichen Widersprüche zwischen Aufkommen und Bedarf ausgeglichen werden. Das feldnahe Lager hat folgende Funktionen [3]:

- Aufbewahrung landwirtschaftlicher Erntegüter und Düngestoffe als Saison-, Verteilungs- oder Zwischenlagerung
- Qualitätserhaltung bzw. Konservierung landwirtschaftlicher Güter
- Trennung bzw. Verbindung von Feld- und Straßentransport
- Verminderung des Kapazitätsanspruchs für Sammel- oder Verteiltransporte durch geringere Entfernungen
- Ausgleichen unterschiedlicher Kapazitäten in den Maschinenketten durch deren Teilung.

Nach [3] sind feldnahe Lager durch Errichtung neuer oder durch Rekonstruktion bzw. Erweiterung bestehender Lagerstätten unter Berücksichtigung der territorialen Einordnung, d. h. vor allem der Lage der landwirtschaftlichen Nutzflächen und der Anbauplanung, zu gestalten.

Der Begriff „feldnahes Lager“ kennzeichnet die territoriale Einordnung dieses Lagers. Feldnahe Lager können sich sowohl in Orts-

4. Zusammenfassung

Zur Bestimmung optimaler Standorte und Kapazitäten von Lagerstätten in Landwirtschaftsbetrieben wurde eine Methode zur Optimierung mit dem Zielkriterium „minimale TUL-Kosten“ vorgestellt. Die ausführliche Programmbeschreibung steht im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim zur Verfügung.

Anwendungsbeispiele zeigten die verbesserten Ergebnisse gegenüber der Optimierung mit dem Zielkriterium „minimale Transportarbeit“ und ermöglichten Schlußfolgerungen zur Verringerung der TUL-Kosten.

Literatur

- [1] Lehmann, H.-G.; Dumack, L.: Bestimmung zweckmäßiger Lagerstandorte und -kapazitäten in landwirtschaftlichen Betrieben mit Hilfe von Materialflußanalyse und Transportoptimierung. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 8, S. 358–360.
- [2] Baganz, K.; Dumack, L.: Anwendung der zweistufigen Transportoptimierung zur Analyse und Reduzierung des Transportaufwands landwirtschaftlicher Betriebe. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 7, S. 309–311.
- [3] Kraut, D.: Programmbeschreibung zum Programm KOST. FZM Schlieben/Bornim, 1982.
- [4] Schmid, H.: Zeitgliederung für Transport und Umschlag in der Landwirtschaft. agrartechnik, Berlin 27 (1977) 7, S. 297–300. A 4166

nähe befinden, an vorhandene Lager anschließen, aber auch in größerer Entfernung von Ortschaften gelegen sein.

3. Empfehlungen zur Lagerung ausgewählter landwirtschaftlicher Gutarten in Feldnähe

3.1. Körnerfrüchte

Für die schnelle und verlustlose Bergung der Körnerfrüchte ist es notwendig, die Kapazitäten der Mähdrescherkomplexe voll auszunutzen. Das bedeutet, daß während der Getreideernte ein hoher, aber relativ kurzzeitiger Transportbedarf auftritt, der in vielen Fällen nicht mit den vorhandenen Transportmitteln realisiert werden kann.

Bei der Anwendung der kurzfristigen Zwischenlagerung, möglichst in Schlagnähe, verkürzt sich die Fahrstrecke für die Transportmittel. Damit verringert sich der Transportbedarf während der Arbeit des Mähdrescherkomplexes. So sinkt z. B. der Bedarf an LKW W 50 bei einer von 20 auf 3 km verringerten Transportentfernung von 12 auf 6 Stück, wenn ein Komplex von 6 Mähdreschern E 516 im Einsatz ist [4]. In den Zeiten, wo der Mähdrescherkomplex nicht oder mit