

Anwendung der zweistufigen Transportoptimierung zur Analyse und Reduzierung des Transportaufwands landwirtschaftlicher Betriebe

Dr. habil. K. Baganz, KDT/Dr. agr. Liselotte Dumack

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Zwischenlager spielen in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen eine wesentliche Rolle. Sie treten z. B. als Gärfuttersilo zwischen Feld und Stall, als Kartoffel-Großmiete zwischen Feld und Aufbereitungsanlage sowie als Dungstapel zwischen Stall und Feld auf. Neben operativ angelegten Zwischenlagerstellen bieten feste Zwischenlager in Feldnähe nicht nur die Möglichkeit, Transportaufwendungen in Kampagnespitzen abzubauen, sondern ermöglichen auch eine wirksamere Mechanisierung der notwendigen Umschlagarbeiten und wirken im Sinn einer Verlustreduzierung.

Wenn die Investitionen für feste Zwischenlager wirksam eingesetzt werden sollen, ist ihre Lagezuordnung in der Kette Erzeuger-Verbraucher von großer Bedeutung. Als mathematisches Hilfsmittel bei derartigen Untersuchungen kann die Transportoptimierung hier zur Entscheidungsfindung beitragen.

Methodik

Die für diesen Anwendungsfall in Frage kommenden zweistufigen Modelle stellen z. T. erhebliche Anforderungen an Rechnerkapazität und finanzielle Aufwendungen, so daß Abschätzungen über erforderliche Präzision und

Aufwand notwendig waren. Unter Berücksichtigung der erreichbaren Genauigkeit der Eingabedaten für praxisnahe Aufgabenstellungen wurden daher Näherungsverfahren bevorzugt untersucht. Das Näherungsverfahren von Vogel bot die Möglichkeit, das Problem hinsichtlich Speicherplatzkapazität und Rechenzeit relativ günstig kernspeicherorientiert auf einem Kleinrechner zu behandeln, womit auch gute Voraussetzungen für billige Variantenrechnungen gegeben wären.

Bei dem Näherungsverfahren nach Vogel werden die Differenzen der Transportkosten bewertet, wobei durch mehrere aufeinanderfolgende Stadien eine spalten- und zeilenweise Reduzierung der bearbeiteten Matrix erfolgt. Die gefundene Lösung stellt dem Verfahrenscharakter nach ein Suboptimum dar.

Bei der zweistufigen Optimierung nach diesem System wird durch Ermittlung der Minimalentfernung zwischen den möglichen Absender-Empfänger-Kombinationen unter Einbeziehung aller Zwischenlager ein transportminimales Zwischenlager jeder Kombination zugeordnet und so das zweistufige Problem auf ein einstufiges reduziert (Tafel 1).

Üblicherweise schließen sich an die Nähe-

rungslösung nach diesem Verfahren Rechnungen zur weiteren Qualifizierung der gefundenen Basislösung an, z. B. nach der modifizierten Distributionsmethode. Eigene Untersuchungen wiesen aus, daß die mit der Methode nach Vogel ermittelten Suboptima für das zweistufige Modell in keinem Fall mehr als 5% vom absoluten Optimum abwichen und meist im Bereich um 2% lagen. Damit werden Literaturaussagen bestätigt, daß die Basislösung meist bereits eine gute Näherung für die gesuchte Optimallösung ist [1].

Diese mit einem Näherungsverfahren erreichbare Genauigkeit genügte unter den erwähnten praxisnahen Randbedingungen den Anforderungen, so daß das auf dieser Grundlage für den Rechner KRS 4200 entwickelte Programm TROZ für Untersuchungen zur Effektivität feldnaher Zwischenlager eingesetzt werden konnte. Die dabei benutzte Version (50 Absender, 50 Zwischenlager, 20 Empfänger) liefert eine Modellierung dieser Größe in etwa 4 min Rechenzeit, d. h. rd. 10 M Maschinenkosten.

Anwendungsbeispiele

Aus den Untersuchungen zum Komplex „Zwischenlager“ soll auf zwei Arbeiten näher eingegangen werden:

- Bestimmung eines zusätzlichen Silostandorts in der LPG Trebbin, Bezirk Potsdam
- Auswahl von Kartoffelzwischenlagern in der LPG Rehfelde, Bezirk Frankfurt (Oder).

In der LPG Trebbin sollte zu drei bereits festliegenden Silostandorten ein neuer hinzukommen, für den vier Vorschläge vorlagen. Zur Lösungsfindung wurde von folgenden Grundbedingungen ausgegangen [2]:

- Die Absendermengen sind vollständig zu den Lagern zu transportieren.
- Der Empfängerbedarf muß vollständig gedeckt werden.
- Die Summe der Absendermengen ist gleich oder größer als die der Bedarfsmengen.

Die Reduktion der in der zweiten Transportstufe zu transportierenden Mengen um die während der Lagerung eingetretenen Verluste erfolgt dabei über einen den jeweiligen Verlusten entsprechenden Reduktionsfaktor.

Für alle 4 Standortvarianten konnte von gleichen Mengenvektoren ausgegangen werden. Die Absendermengen wurden als anteilige Futtermengen für alle Futterschläge des Betriebs aus Futteranteil der Fruchtfolge, Schlagfläche und durchschnittlichem Ertrag errechnet. Damit stellt das Berechnungsergebnis den mittleren Optimalstandort für alle Jahre der Rotation dar.

Die Empfänger-mengen ergaben sich aus den in den Futterbedarfsplänen angegebenen und auf Grünmasse zurückgerechneten Silagemengen. Zur Aufstellung der beiden Entfernungsmatrizen — Absender/Lager (AL) und Lager/Empfänger (EL) — wurden die Entfernungen aller Schläge zu allen Lagerstandorten und von

Tafel 1. Testbeispiel für die Entfernungsmatrix in km und Mengenvektoren in t für die zweistufige Transportoptimierung (Approximation nach Vogel)

Absender	Zwischenlager				Empfänger			Absendermenge in t
	L 1	L 2	L 3	L 4	E 1	E 2	E 3	
A 1	3	3	7	6	10 L ₂	15 L ₂	21 L ₁	1700
A 2	1	4	4	4	9 L ₁	16 L ₂ ^{L₁}	19 L ₁	1200
A 3	6	9	1	4	7 L ₃	21 L ₂ ^{L₁} L ₃	23 L ₃	550
A 4	5	2	10	9	9 L ₂	14 L ₂	23 L ₁	1900
A 5	4	7	3	1	9 L ₃	19 L ₂ ^{L₁} L ₄	21 L ₄	750
L 1					8	15	18	
L 2					7	12	21	
L 3					6	20	22	
L 4					10	18	20	
Empfänger-menge in t					3000	1000	2100	6100

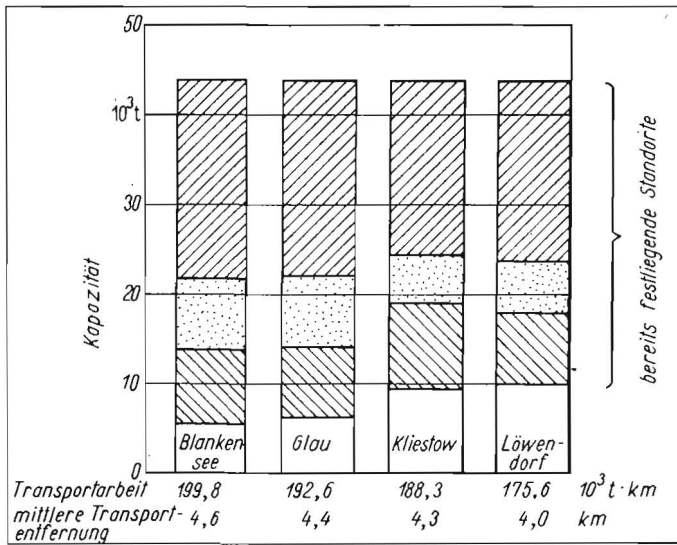


Bild 1. Ergebnisse der zweistufigen Transportoptimierung von 4 Silo-standorten in der LPG Trebbin

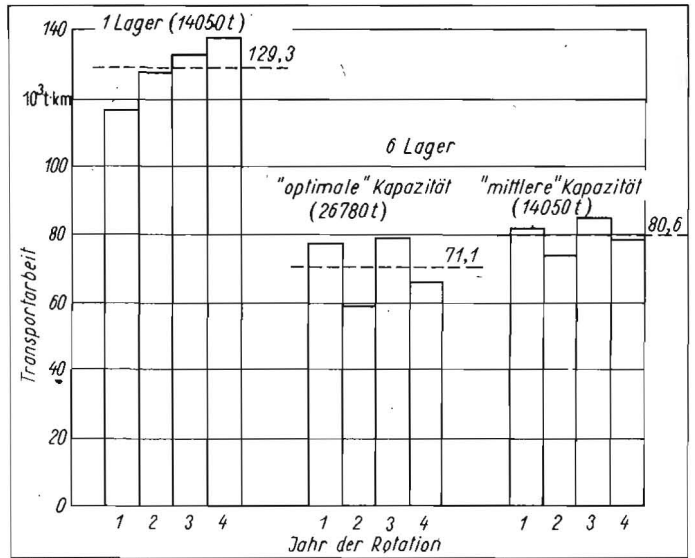


Bild 3. Vergleich von Varianten der Kartoffelzwischenlagerung in der LPG Rehfelde

allen Lagerstandorten zu allen Empfängern auf Betriebskarten mit Hilfe eines Kurvimeters ermittelt.

Als Ergebnis werden u. a. die Lieferbeziehungen von Absender zu Lager und von Lager zu Empfänger, die benötigte Lagerkapazität und die erforderliche Transportarbeit ausgewiesen. Für die genannte Untersuchung in der LPG Trebbin wurde für jeden der 4 möglichen Silo-standorte mit den jeweiligen Entfernungsmatrizen die Optimierungsrechnung durchgeführt. Als günstiger Standort für eine zusätzliche Siloanlage ergab sich Löwendorf (Bild 1). Der Transportbedarf liegt für diesen Standort um 12% unter dem der ungünstigsten Variante (Blankensee). Bei einem durchschnittlichen DK-Verbrauch von 10,51/100t·km für Traktortransport würde die angeführte Differenz im Futtertransportaufwand 25501 DK je Jahr entsprechen.

Einblick in die Transportaufwendungen während einer Rotation gaben Arbeiten in der LPG Rehfelde (5200 ha Ackerfläche), wo Veränderungen im Kartoffeltransport bei Umstellung von einem zentralen Lagerplatz auf 6 Zwischenlagerplätze untersucht wurden (Bild 2).

Die 6 Zwischenlagerstandorte resultierten aus vorangegangenen Optimierungen, in die alle betrieblichen Lager- und Umschlagplätze und alle Fruchtarten eingegangen waren.

Die Ergebnisse der zweistufigen Transportoptimierung über die vierjährige Fruchtfolge zeigen, daß gegenüber dem Zentrallager in dieser LPG bei optimaler Belegung der 6 Zwischenlager und verwendungszweckorientierter Technologie nur 55% des Kartoffeltransportaufwands benötigt werden (Bild 3). Gleichzeitig werden sowohl erhebliche Schwankungen um den mittleren Transportaufwand in den einzelnen Jahren der Rotation (-18 bis 12%) als auch eine stark schwankende jährliche Belegung der Zwischenlager deutlich.

Sogar das in drei Jahren mit jeweils rd. 8000t belegte Zwischenlager 5 wird bei „optimierter“ Belegung in einem Jahr nicht genutzt (Tafel 2). Eine nur zu etwa 53% im Mittel genutzte Lagerkapazität spricht gegen die kritiklose Anwendung derartiger Berechnungsergebnisse. Eine auf der Basis „mittlerer“ Belegung der Zwischenlager erarbeitete Variante weist gegenüber der „optimalen“ Belegung nur leicht

Tafel 2. Lagerbelegung in t und Transportaufwand in t·km bei „optimaler“ Lagerkapazität für Kartoffeln in der LPG Rehfelde

Lagerstandort (s. Bild 2)	Jahr der Rotation				max.	mittl.
	1	2	3	4		
0	290	480	1100	3310	3310	1295
1	2070	1230	0	5030	5030	2080
2	780	780	2810	0	2810	1090
3	2220	2250	2960	1730	2960	2290
4	0	1010	0	3980	3980	1250
5	8690	8300	7180	0	8690	6045
gesamt	14050	14050	14050	14050	26780	14050
Transportarbeit t·km	74740	58815	79660	71170		71096
%	105	82	112	100		100

erhöhten Transportaufwand auf und bringt bei gleicher Lagerkapazität wie die Zentrallagervariante nur 62% des Transportaufwands (42001 jährliche DK-Reduzierung) mit Schwankungen im Bereich von -12 bis 6% um den Mittelwert (Bild 3).

Zusammenfassung

Wie an zwei Anwendungsbeispielen aus Landwirtschaftsbetrieben der DDR gezeigt wurde, können mit Hilfe der zweistufigen Trans-

Fortsetzung auf Seite 311

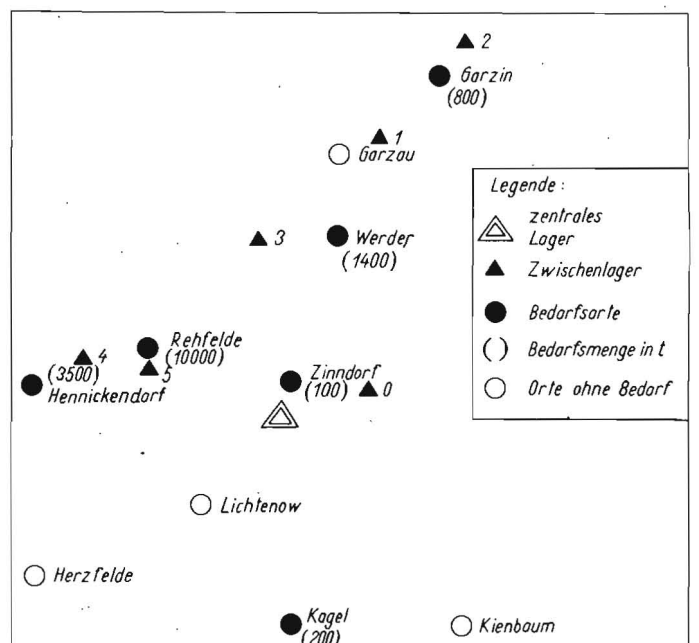


Bild 2. Schematische Lageskizze der Kartoffelzwischenlager in der LPG Rehfelde (s. a. Tafel 2)

Analyse von Umschlagprozessen in der Landwirtschaft — Kostenbestandteile mobiler Krane

Dipl.-Ing. H. List, KDT/Dipl.-Ing. W. Huhn, KDT/Dr. agr. M. Dreißig, KDT
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Einführung

In Fortsetzung der Veröffentlichung von Analyseergebnissen aus Landwirtschaftsbetrieben [1] des Zeitraumes 1976 bis 1978 wurden im gleichen Zeitraum weitere Erhebungen über die Kosten des Einsatzes der in den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben vorhandenen Mobilkrane vorgenommen.

Ziel der Analyse insgesamt ist es, Rückschlüsse auf eine langfristig anzustrebende Änderung der strukturellen Zusammensetzung des Umschlagmaschinenparks in der Landwirtschaft zu erhalten und Forderungen an die Neu- bzw. Weiterentwicklung der Umschlagmaschinen für die Landwirtschaft zu begründen. Außerdem sollen Möglichkeiten zur Kostensenkung ermittelt werden.

2. Methodik

Die Ergebnisse der Analyse stützen sich auf Angaben über:

- 444 T 174
- 130 T 172
- 683 T 157
- 93 T 159
- 68 TIH-445.

Damit sind etwa 8 % aller in der Landwirtschaft vorhandenen Mobilkrane erfaßt.

Außer den Gesamtkosten wurden folgende Kostenbestandteile aus dem Buchwerk der an der Analyse beteiligten Betriebe ermittelt:

- Abschreibung
- Dieselkraftstoff und Schmierstoff
- Instandhaltung (Eigen- und Fremdleistung)
- Unterbringung und Versicherung
- sonstige Aufwendungen.

Gemeinkostenbestandteile und Kosten für leibendige Arbeit (Mechanisator) wurden nicht in die Analyse mit einbezogen, da sie maschinenbezogene Aussagen verfälschen.

Die Bezugsgröße „Einsatzstunden“ ist ebenfalls dem Buchwerk entnommen. Es ist jedoch erforderlich, darauf hinzuweisen, daß für den Begriff der Einsatzstunde im Gegensatz zur exakten und einheitlichen Kostenabrechnung keine einheitliche Orientierung bezüglich ihrer Grenzen (wo oder wann beginnt/endet sie) existiert. Von Betrieb zu Betrieb sind somit unterschiedliche Betrachtungsweisen möglich, die von den Autoren nicht berücksichtigt werden können.

Die Ergebnisauswertung bezieht sich auf gemittelte Werte, die durch das Bilden der arithmetischen Mittel gefunden wurden. Untersuchungen zur statistischen Sicherheit der Ergebnisse schließen die Auswertung ab.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Befragung sind in den Tafeln 1 bis 4 zusammengestellt. Ihre Betrachtung und das Zerlegen der Gesamtkosten in ihre

einzelnen Bestandteile macht nachstehende Situation deutlich. Hierbei ist sowohl die Analyse der Kostenarten wie auch der verschiedenen Mobilkrantypen von Interesse.

3.1. Gesamtkosten

Die Gesamtkosten zeigen sich für die meisten Umschlagmaschinen relativ homogen. Lediglich für den Mobilkran T 174 sind mit rd. 30 800 M/a bzw. 13,52 M/h stark abweichende Kosten ausgewiesen (Tafeln 1 und 2). Als Ursachen hierfür sind folgende Fakten zu nennen:

- Der T 174 unterliegt einer rund doppelten mittleren Ausnutzung gegenüber anderen Mobilkranen (ausgenommen T 159). Diese Tatsache findet in den absoluten Kosten ihren Niederschlag.
- Bruttowert und Motorisierung differieren bei den einzelnen Maschinentypen sehr erheblich voneinander. Damit werden vor allem Kostenbestandteile, wie Abschreibungen, Kosten für DK und Schmierstoffe und Instandhaltungskosten (über Ersatzteilpreise), unterschiedlich belastet.

Tafel 1. Jährliche Kosten für Mobilkrane

	Einsatz- stunden h	Gesamt- kosten M	Ab- schreibung M	DK und Schmierstoff M	Instand- haltung M	Unter- bringung, Versicherung M	sonstige Kosten M
T 157	1355	10585	1937	1632	6418	45	522
T 159	1667	16918	4822	2564	8777	55	699
TIH-445	1145	10915	4151	2070	4117	139	437
T 172	877	6355	684	928	4431	15	297
T 174	2287	30759	5995	4568	17896	435	1640

Fortsetzung von Seite 310

portoptimierung Probleme der Bestimmung von Zwischenlagerstandorten mit geringstem Transportaufwand und der Bestimmung der optimalen Lagerkapazität mit Erfolg gelöst werden, wobei sich kleinrechnergestützte Näherungsverfahren als wirksames Arbeitshilfsmittel erwiesen. Deutlich wurde, daß Ergebnisse von Optimierungsrechnungen in jedem Fall der sachkritischen Einschätzung bedürfen und unter praktischen Bedingungen vertretbare Ergebnisse erst in einem Prozeß des Variantenvergleichs zu erzielen sind. Auf die Schwankungen des Transportaufwands für den Kartoffelanbau in den aufeinanderfolgenden Jahren einer Praxis-Fruchtfolge wurde hingewiesen.

Literatur

- [1] Duck, W.; Bliedernich, M.: Operationsforschung — Mathematische Grundlagen — Methoden und Modelle. Berlin: VEB Verlag der Wissenschaften 1972.
- [2] Autorenkollektiv: Methoden zur günstigsten Standortauswahl beim Horizontalsilobau. Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim, Martin-Luther-Universität Halle, 1979 (als Manuskript veröffentlicht).

A 3085

Tafel 2. Kosten für Mobilkrane je Einsatzstunde

	Gesamt- kosten M/h	Abschrei- bung M/h	DK und Schmier- stoff M/h	Instand- haltung M/h	Unter- bringung, Versiche- rung M/h	son- stige Kosten M/h
T 157	7,81	1,43	1,20	4,74	0,03	0,41
T 159	10,15	2,89	1,54	5,26	0,03	0,43
TIH-445	9,53	3,63	1,81	3,60	0,12	0,37
T 172	7,25	0,78	1,06	5,05	0,02	0,33
T 174	13,52	2,64	2,01	7,87	0,19	0,81

Tafel 3. Kosten für Mobilkrane je t Umschlagmenge

	Durchsatz t/h (T ₀₅)	Gesamt- kosten M/t	DK und Schmier- stoff M/t	Instand- haltung M/t	sonstige Kosten M/t
T 157	9	0,88	0,13	0,53	0,05
T 159	14	0,73	0,11	0,38	0,03
TIH-445	14	0,68	0,13	0,26	0,03
T 172	7	1,03	0,15	0,72	0,05
T 174	18	0,75	0,11	0,44	0,05