

# Optimaler Verkehrswegelängenbedarf als Voraussetzung eines rationellen Einsatzes moderner Landtechnik auf großen Nutzflächen

Dr. habil.  
G. LINDEMANN,  
KDT, Magdeburg

In den folgenden Ausführungen werden praktische und theoretische Gesichtspunkte zur Verkehrswegelage und -dichte in der sozialistischen Landwirtschaft der DDR dargelegt. Die zu behandelnden Fragen stehen mit der Technisierung und Mechanisierung des landwirtschaftlichen Produktions- und Transportprozesses in enger Wechselbeziehung, da Flächenbewirtschaftung, Verkehrsnetz und Einsatz moderner Landtechnik als organisches Ganzes im Wirkungsmechanismus der Landwirtschaft zu betrachten sind.

## Analysen zur Verkehrswegelage und -dichte

Analysen zur Verkehrswegelage und -dichte (Wirtschaftswege und Straßen) vermitteln in sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben einen Einblick in die inneren Netzstrukturen. Folgende Elemente lassen sich dabei meßbar über Kennwerte herausstellen:

- Mittlere Verkehrswege- und Luftlinienentfernung in m und ihr prozentuales Verhältnis zueinander
- Anzahl der Wege(Straßen)anschlüsse an den Schlägen
- ein- bis mehrseitige Wege(Straßen)anschlußformen an den Schlägen
- Fahr- und Arbeitsentfernungen Schlagmittelpunkt — Wegeanschluß in m
- Verkehrswege- und Wirtschaftswegelanlagen sowie ihre Dichte in m/ha LN
- Anteil der Verkehrswegeflächen in ha und Prozent zur LN
- Verkehrsnetzstrukturen und darin enthaltene Entfernungszonen
- Netzgestalten und netzbildende Faktoren

Im Rahmen dieser Abhandlung interessiert besonders die Verkehrswegelage und -dichte, da die Nutzflächengestaltung (Größe, Länge, Form) von dieser wesentlich beeinflusst wird. Zur Zeit liegt auf diesem Gebiet Ausgangsmaterial im Umfang von rd. 200 000 ha LN mit etwa 7 000 km Verkehrsverbindungen (Wirtschaftswege und Straßen mit Nutzflächen-

aufschluß) vor. Die analytischen Untersuchungen zur Verkehrswegelage und -dichte erstrecken sich über das gesamte Territorium der DDR, um die Bedingungen aller Standortverhältnisse zu erfassen. Tafel 1 vermittelt als Beispiel die Kennwerte der Verkehrswegelage und -dichte in den LPG der Kooperationsgemeinschaften eines Landkreises der Nordbezirke [1] [2]. In den einzelnen Kreisen, Kooperationsgemeinschaften und Landwirtschaftsbetrieben ergeben sich infolge örtlicher Besonderheiten und unterschiedlicher natürlicher und ökonomischer Standortbedingungen abweichende Werte. Generell ist aber die Tendenz einer in den Nordbezirken der DDR geringen, dann steigend über den mittleren Raum hin zu den Südbezirken zunehmenden Verkehrswegelage und -dichte unverkennbar. Für den Einsatz moderner Landtechnik bedeutet dies, daß eine geringe Verkehrswegedichte mit größeren Flächeneinheiten verbunden ist und somit optimale Flächenleistungen erzielt werden können. Wie sich die Verkehrswegedichte bei ordnungsgemäßem Planungsprozeß verändert, zeigt Spalte 9 der Tafel 1. Vor der Planung ( $P_v$ ) ist eine Verkehrswegedichte von 26,41 m/ha LN zu verzeichnen, die nach der Planung ( $P_n$ ) nur noch bei 12,89 m/ha LN liegt. Der Verkehrsnetzumfang wird demnach über die

Tafel 1. Verkehrswegelanlagen und -dichten in den LPG der Kooperationsgemeinschaften eines Landkreises der Nordbezirke

Kooper. triebe	Be- triebe	Verkehrswegelanlagen			Verkehrswegedichten			$P_n$ VV- Dichte m/ha
		Stras- ßen km	W- Wege km	Wege ges. km	Stras- ßen m/ha	W- Wege m/ha	Wege ges. m/ha	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	10	20,98	162,78	192,76	4,63	25,14	29,77	14,03
B	4	22,02	79,63	101,65	5,97	21,56	27,53	11,64
C	6	22,78	72,03	94,81	5,77	18,24	24,01	12,55
D	6	32,02	89,07	121,09	5,70	15,88	21,58	13,57
E	3	7,88	48,60	56,48	4,62	28,51	33,13	12,91
F	4	18,16	96,11	114,27	4,45	23,54	27,99	11,75
G	5	25,43	95,53	120,96	5,10	19,10	24,20	13,92
H	5	9,85	81,09	90,94	2,98	24,57	27,55	12,96
E	Kreis	168,12	724,84	892,96	4,97	21,44	26,41	12,89

$P_v$  vor der Planung;  $P_n$  nach der Planung

(Fortsetzung von Seite 282)

lustzeiten ( $T_{45}$ ) nach, verdeutlicht den dem linearen gemischt-ganzzahligen Optimierungsmodell innewohnenden Isomorphiegrad und erlaubt die Formulierung einer Verhaltensroutine für die Fahrer der Mähdrescher und Transporteinheiten. Schließlich ermöglichen die Untersuchungen einige landtechnische Schlußfolgerungen bezüglich der Ausstattung der Teilarbeiten Be- und Entladen sowie der zwischen

- der Anzahl gemeinsam eingesetzter MD
- der Bunkerfüllzeit und
- der Bunkerentleerzeit

technisch-technologisch anzustrebenden Relationen.

## Literatur

[1] FLEISCHER, E.: Ursachen und Wesen zyklischer verfahrensbedingter Verlustzeiten transportverbundener landwirtschaftlicher Fliebarbeitsverfahren sowie Möglichkeiten ihrer Senkung. Kühnarchiv, Bd. 82 (1968) H. 4, S. 413 bis 439

[2] FLEISCHER, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fliebarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 1, S. 36 bis 40

[3] KASTEN, A., FLEISCHER, E., SCHINKEL, W., u. a.: Zur optimalen Zuordnung von Arbeitskräften und Maschinen transportverbundener Arbeitsverfahren mit Hilfe der gemischt-ganzzahligen Optimierung. Sonderheft des Informationsblattes der VVB Saat- und Pflanzgut; Jan. 1970

[4] KASTEN, A.: Optimierte Komplexgrößen für den Einsatz der Maschinen bei kooperativer Pflanzenproduktion. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 11, S. 539 bis 543

[5] KASTEN, A., FLEISCHER, E., WEBER, W. und BRÜCKNER, H.-J.: Teilabschlußbericht zum Thema „Bestimmung optimaler Kombination von Arbeitskräften und Mechanisierungsmitteln für transportverbundene Arbeiten beim kooperativen Maschineneinsatz in der Pflanzenproduktion, Teil Mähdreschfrüchte“. WZ für Landtechnik Schlieben, 1970

[6] HUBNER, B.: Vorschlag einer Planmethode für transportverbundene Arbeiten. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 8, S. 378 bis 382

[7] ZIMMERMANN, W.: Technologische Probleme in Wechselfließreihen und Instandsetzung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 9, S. 417 bis 419

[8] SAUER, E.: Untersuchungen zum Prinzip der Erhöhung der Zuverlässigkeit und seiner Strukturierung. Institut für Polytechnische Bildung und Erziehung der Univ. Halle, Staatsexamensarbeit 1968

[9] WOLFGRAMM, H.: Grundpositionen des allgemeintechnischen Unterrichts, in: Zu wissenschaftlichen Grundlagen des polytechnischen Unterrichts. Manuskriptdruck, Institut f. Polytechnische Bildung und Erziehung, Halle 1968

[10] HOWITZ, H.: Aufgaben und Bedeutung der Operationsforschung für Planung und Leitung in Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft. Operationsforschung, Abschn. 1, Berlin 1969

[11] HEIMBURGE, H.: Abschlußbericht zum Teilthema „Körnertransport“. Inst. f. landw. Transporte der LPG-Hochschule Meifen, 1969

[12] HEIMBURGE, H.: Technologische Wechselwirkungen und Transportleistung beim Körnertransport vom Mähdrescherkomplex E 512 zum VEB Kombinat für Getreidewirtschaft. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 2, S. 63 bis 69

[13] HERRMANN, K.: Mündliche Mitteilung

A 7908

Hälfte reduziert [2]. Mit diesem Prozeß sind folgende Nutzflächenveränderungen verbunden:

$\bar{X}$  Schlaggröße  $P_v = 19 \text{ ha}$   $P_n = 123 \text{ ha}$   
 $\bar{X}$  Schlaggröße  
 Anteil rechteck./  
 quadr. Formen  $P_v = 26\%$   $P_n = 87\%$

**Theoretische Darlegungen zur Verkehrsweglänge und -dichte**

Die analytisch und nach dem Planungsprozeß erzielten praktischen Ergebnisse zur Verkehrswegedichte werden in ihrer Aussage anhand von Modellkalkulationen abgesichert [3]. Für die Belange dieser Untersuchung wurde die Anzahl der Modelle auf einige geometrische Figuren festgelegt, die sich zumindest in angenäherter Form auch unter praktischen Verhältnissen nachweisen lassen. Bei den Modellen (Bild 1) handelt es sich um den angenäherten Kreis, das Quadrat, das Dreieck und um drei Rechtecke im Breiten- : Längenverhältnis von 1 : 2,5, 1 : 5 und 1 : 10. Um die natürlichen Gegebenheiten der Praxis widerspiegeln zu können, werden die 6 geometrischen Figuren jeweils einer Flächengröße – 1 000 ha (ebene Lagen) und 600 ha (Mittelgebirgslagen) – zugeordnet. Es ergeben sich somit 2 Modellvarianten mit 12 Grundformen (Modellvarianten I und II). Die Modellformen der Variante I enthalten 20 Flächeneinheiten mit je 50 ha und Variante II 20 Flächeneinheiten mit je 30 ha Ausgangsgröße. Um der prognostischen Entwicklung Rechnung zu tragen, wird über zwei weitere Varianten eine Veränderung der Verkehrswege netze vorgenommen. Die bestehenden Grundformen werden zu diesem Zweck durch Verkehrswege netze mit mittlerer (Modellvariante III) und geringer Dichte (Modellvariante IV) erweitert. Mit dem im Umfang und der Dichte variablen Verkehrswege netzen werden somit auch variable Flächen ausdehnungen erreicht. Die bestehenden Ausgangsgrößen von 50 und 30 ha lassen sich dadurch in den verschiedenen Modellvarianten auf 150 bzw. 90 ha und für den Extremfall auf 400 bzw. 240 ha ausdehnen. Modellvariante V liegt ein Aufbau mit hoher Wegedichte und 25-ha-Flächen zugrunde. Das unterschiedliche Zusammenfügen der 6 Grundfiguren nach dem Baukastenprinzip zu geschlossenen Flächeneinheiten von 6 000 bzw. 3 600 ha widerspiegelt den kooperativen Zusammenschluß mehrerer Landwirtschaftsbetriebe unter praktischen Verhältnissen. Die aus der Modelldarstellung erzielten Kennwerte zur Verkehrsweglänge und -dichte gehen aus Tafel 2 hervor. Ob es sich dabei um Straßen oder Wirtschaftswege handelt, ist immer für den Einzelfall gesondert zu entscheiden.

**Richtwerte zur Wirtschaftsweglänge und -dichte**

Aus den dargelegten Untersuchungsergebnissen lassen sich für den z. Z. auf dem Gebiet der DDR vorhandenen Wirtschaftswegumfang und zukünftig benötigten Wegebedarf folgende Aussagen ableiten:

Im Mittel vorhandene Wirtschaftswege

10 m/ha LN = 63 000 km      40 m/ha LN = 252 000 km  
 20 m/ha LN = 126 000 km      50 m/ha LN = 315 000 km  
 30 m/ha LN = 189 000 km  
 (Basiswert 6,3 Mill. ha LN)

Im Mittel der rd. 7000 km auf etwa 200 000 ha LN analytisch ermittelten Verkehrsverbindungen (Wirtschaftswege und Straßen mit Nutzflächenaufschluß) kann mit einem Wert von etwa 25 m/ha LN vorhandener Wirtschaftswegedichte gerechnet werden. Das entspricht bei 6,3 Mill. ha LN [4] einer Gesamtlänge von 157 000 km Wirtschaftswegen in der Landwirtschaft. In dieser Summe sind unbefestigte kommunale Wege mit enthalten. Der Anteil unbefestigter Straßen ist nicht berücksichtigt.

Im Mittel benötigte Wirtschaftswege

3 m/ha LN = 18 900 km      6 m/ha LN = 37 800 km  
 4 m/ha LN = 25 200 km      7 m/ha LN = 44 100 km  
 5 m/ha LN = 31 500 km      8 m/ha LN = 50 400 km  
 (Basiswert: 6,3 Mill. ha LN)

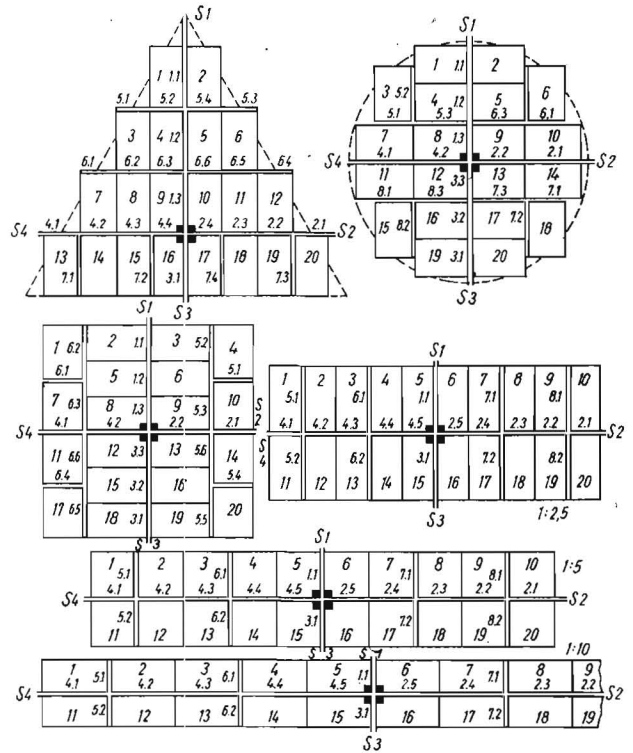


Bild 1. Betriebsmodelle – dargestellt als geometrische Figuren, Variante I; je Modell 20 Schläge zu je 50 ha = 1000 ha Betriebsgröße

Tafel 2. Verkehrsweglängen und -dichten in den Modellvarianten

Geometrische Figuren	Auf Gesamtflächen bezogen		Auf Einzelflächen bezogen	
	2	3	4	5
<b>Modellvariante I</b>				
Dreieck	17,120	17,1	1,550	31,0
Kreis	16,170	16,2	1,537	31,1
Quadrat	15,170	15,2	1,285	25,7
Rechteck 1 : 2,5	15,000	15,0	1,500	30,0
Rechteck 1 : 5	14,140	14,1	1,415	28,3
Rechteck 1 : 10	15,000	15,0	1,500	30,0
<b>Modellvariante II</b>				
Dreieck	13,260	22,1	1,200	40,0
Kreis	12,520	20,9	1,207	40,3
Quadrat	11,760	19,6	1,175	39,2
Rechteck 1 : 2,5	11,620	19,4	1,162	38,8
Rechteck 1 : 5	10,950	18,3	1,095	36,5
Rechteck 1 : 10	11,620	19,4	1,162	38,8
<b>Modellvariante III</b>				
Dreieck	13,120	13,1	1,251	25,0
Kreis	10,390	10,4	1,039	20,8
Quadrat	10,540	10,5	1,221	24,4
Rechteck 1 : 2,5	11,000	11,0	1,100	22,0
Rechteck 1 : 5	12,620	12,6	1,274	25,5
Rechteck 1 : 10	11,000	11,0	1,100	22,0
<b>Modellvariante IV</b>				
Dreieck	10,610	10,6	1,055	21,1
Kreis	8,240	8,2	0,830	16,6
Quadrat	8,220	8,2	0,714	14,3
Rechteck 1 : 2,5	9,000	9,0	0,900	18,0
Rechteck 1 : 5	10,510	10,5	1,106	22,1
Rechteck 1 : 10	9,000	9,0	0,900	18,0
<b>Modellvariante V</b>				
Dreieck	10,780	10,8	0,531	21,3
Kreis	8,950	9,0	0,449	17,9
Quadrat	8,750	8,8	0,436	17,5
Rechteck 1 : 2,5	9,000	9,0	0,450	18,0
Rechteck 1 : 5	10,500	10,5	0,554	22,2
Rechteck 1 : 10	9,000	9,0	0,450	18,0

Nach bisherigen Ermittlungen zum Wirtschaftswegebedarf in der Landwirtschaft der DDR kann mit einer Dichte von 4 bis 6 m/ha LN gerechnet werden. Unter schwierigen hydrologischen Verhältnissen in Mittelgebirgslagen und in Gebieten mit geringem Umfang an befestigten Straßen erhöhen sich diese Richtwerte. Das entspricht einer Summe, die zwischen 25 000 und 40 000 km notwendigen Wirtschafts-

(Fortsetzung auf Seite 290)

Tafel 1. Verdichtungsvermögen verschiedener Traktorentypen

Traktor- typ	Siliergut <sup>1</sup> Art	Häcksel- länge mm	Trocken- masse- gehalt %	Höhe <i>h</i> der Futterschicht Verdichtungsvermögen <sup>2</sup>				
				20	40	60	80	100 cm
				l/h	t/h	t/h	t/h	t/h
ZT 300 <sup>3</sup>	Silomais	60	16...20	25	52	84	—	—
	Wiesengras	25	30...40	14	35	60	—	—
		90	30...40	9	21	35	—	—
U 650 <sup>3</sup>	Silomais	60	16...20	20	42	—	—	—
	Wiesengras	25	30...40	12	28	—	—	—
		90	30...40	8	18	—	—	—
MTS-50 <sup>3</sup>	Silomais	60	16...20	18	38	—	—	—
	Wiesengras	25	30...40	11	26	—	—	—
		90	30...40	7	16	—	—	—
KS 30	Silomais	60	16...20	13	28	—	—	—
	Wiesengras	25	30...40	8	18	30	42	—
		90	30...40	5	11	18	26	—
DT-5 <sup>4</sup>	Silomais	60	16...20	14	30	52	70	—
	Wiesengras	25	30...40	9	20	35	47	—
		90	30...40	5	13	21	30	—
S-100	Silomais	60	16...20	18	38	60	84	105
	Wiesengras	25	30...40	11	26	42	60	84
		90	30...40	7	16	26	38	52
D 4-KB	Silomais	60	16...20	16	35	52	84	—
	Wiesengras	25	30...40	10	23	38	52	—
		90	30...40	6	14	23	32	—

<sup>1</sup> Wiesengras gleichen Rohfasergehaltes<sup>2</sup>  $l = 60$  m  $K = 1,13$  (Anteil der Operativzeit an der Normzeit = 70%) $b_1 = 6$  m $v = 4$  km/h $T_s = 10$  s $x = 3$  bei Radtraktoren außer D 4-KB $x = 2$  bei Gleiskettentraktoren und D 4-KB

Ohne Berücksichtigung der Vorderräder wird bei hinterachsangetriebenen Traktoren jede Fahrt als eine Belastung gerechnet.

<sup>3</sup> Zwillingreifen auf der Hinterachseoder die stündliche Verdichtungsenergie  $m_v$  eines Traktortyps ableiten:

$$m_v = \frac{l \cdot b_1 \cdot h \cdot \rho_s}{\left( \frac{b_1 \cdot x \cdot l}{2b_2 \cdot v} + \frac{b_1 \cdot x \cdot T_s}{2b_2} \right) K}$$

$$m_v = \frac{l \cdot h \cdot \rho_s \cdot 2b_2 \cdot v}{(x \cdot l + x \cdot T_s \cdot v) K} \quad (11)$$

### 3. Verdichtungsvermögen von Traktorentypen

Das Verdichtungsvermögen einiger z. T. vorhandener Traktorentypen wird berechnet (Tafel 1). Länge und Breite der Siliergutschicht sind für das Berechnungsbeispiel mit  $l = 60$  m und  $b_1 = 6$  m angenommen worden. Mit größeren Silolängen erhöht sich das Verdichtungsvermögen nur unbedeutend. Der geringfügig bessere Verdichtungseffekt von Gleiskettentraktoren im Vergleich zu Radtraktoren beruht auf der längeren Haltezeit des Druckes. Dem wird dadurch Rechnung getragen, daß für Gleiskettentraktoren  $x = 2$  und für Radtraktoren, mit Ausnahme des Allradtraktors D 4-KB,  $x = 3$  Fahrten in der gleichen Spur vorgesehen wurden.

Als Schütthöhen werden bei den Traktorentypen solche Werte eingesetzt, über die bereits praktische Erfahrungen vorliegen. Die bisher empfohlenen optimalen Aufwandswerte für die Siliergutverdichtung von 3 bis 4 Traktorminuten/t beziehen sich auf Schütthöhen von rd. 20 cm. Der Einsatz von schweren, zwillingbereiften Radtraktoren, größere Schütthöhen und höhere Anfangsdichten tragen zur Verringerung des Verdichtungsaufwandes bei.

### 4. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Traktoren sind leistungsfähige Verdichtungsmaschinen für die Silierung in Horizontalsilos. Radtraktoren sollten wegen des höheren Verdichtungsvermögens, aber auch aus Gründen des Arbeitsschutzes, grundsätzlich nur zwillingbereift für die Siliergutverdichtung eingesetzt werden. Besonders gut geeignet ist der Traktortyp ZT 300, jedoch nur mit Zwillingbereifung.

Futterhöhe  $h$  und Schüttdichte  $\rho_s$  beeinflussen wesentlich das Verdichtungsvermögen von Traktoren. Schichthöhen von  $h = 20$  cm sind gerechtfertigt, wenn Silierzusätze im Silo breitwürfig verteilt werden oder leichte Radtraktoren geschlegeltes Siliergut verdichten. Fortschrittliche Betriebe machen in zunehmendem Maße von der Möglichkeit Gebrauch, Anhängerladungen ohne Zwischenräume auf dem Futterstock so hintereinander abzukippen, daß durchschnittliche Schichthöhen von 60 bis 100 cm erreicht werden. Im praktischen Einsatz konnte festgestellt werden, daß nach oberflächlicher Verteilung der abgekippten Wagenladung Schütthöhen von 80 bis 100 cm erreichbar sind. Für diese Verteilerarbeit hat sich ein Anbauverteilerhaken gut bewährt.

Die Schüttdichte  $\rho_s$  in der Siliergutschicht steigt mit größerer Schütthöhe  $h$ , mit kürzerer Häcksellänge, mit zunehmendem Wassergehalt und mit abnehmendem Rohfasergehalt. Die erforderliche Häcksellänge wird von den Verfahren der Entnahme und Fütterung maßgeblich bestimmt. Für die Verdichtung in Horizontalsilos ist nicht unbedingt kurzes Häckselgut erforderlich, wenn mit Frontladern oder Kranen entnommen wird und der Rohfasergehalt des Siliergutes weniger als 30% der Trockenmasse beträgt. Je höher der Rohfasergehalt im Siliergut ist, um so stärker besteht der Zwang, kurz zu häckseln. Der Trockenmassegehalt des Siliergutes ist bei mähfrischen Siliergütern durch die Futterart, bei Welkgut durch die gärbioologischen Anforderungen bestimmt. Welkes, rohfasearmes Siliergut läßt sich durch Traktoren gut verdichten.

### Zusammenfassung

Auf der Grundlage eines Berechnungsverfahrens wird das Verdichtungsvermögen verschiedener Traktorentypen bei der Silierung in Horizontalsilos bestimmt.

A 7969

(Fortsetzung von Seite 284)

wegen liegt. Hierbei sind für die Flächenbewirtschaftung Größen bis zu 300 ha unterstellt. Bei unterschiedlicher Flächenkonzentration wird der benötigte Bedarf variieren, wobei zu beachten ist, daß keine linearen Beziehungen zwischen Flächenerweiterung und Verkehrswegereduzierung bestehen. Der Anteil des Straßennetzes wurde entsprechend berücksichtigt.

### Zusammenfassung

Technisierung und Mechanisierung des landwirtschaftlichen Produktions- und Transportprozesses stehen mit der Nutzflächenbewirtschaftung und der Verkehrswegenetzgestaltung in enger Wechselbeziehung. Über analytische Untersuchungen ausgewählter Gebiete und über Modellkalkulationen werden Kennzahlen zur Verkehrsweglänge und -dichte erarbeitet. Daraus abgeleitete Richtwerte dienen den an der Planung der Verkehrswegenetze Beteiligten sowie den Verantwortlichen der landtechnischen Entwicklung mit als Arbeitsgrundlage.

### Literatur

- [1] LINDEMANN, G.: Einfluß des Straßennetzes auf die Verkehrswegenetzgestaltung der Landwirtschaft. Die Straße 8 (1968) H. 10
- [2] —: Bericht über die Gestaltung des Netzes der kommunalen Straßen und Wirtschaftswege im Perspektivzeitraum. Rat des Kreises Rübél, Abt. Verkehr 1968.
- [3] LINDEMANN, G.: Grundsätze und Methode der Verkehrswegenetzplanung in der sozialistischen Landwirtschaft. Habilitation, Universität Rostock 1969.
- [4] —: Statistisches Jahrbuch der DDR 1968. Staatsverlag der DDR, Berlin 1968. A 7688