

## Zusammenfassung

Der reibungslose Ablauf von großen und kleinen Kooperations- und Komplexarbeiten, die Ansammlung von Arbeitskräften fordern mathematische Planung. Man kommt hier nicht mehr nur mit einem planlosen Hintereinanderwegarbeiten aus. Anhand von Instandhaltungs- und Erntearbeiten sowie auch von Lieferfristen — also den verschiedenartigsten zusammengesetzten Aktivitäten — wurde die Möglichkeit sinnvollen Disponierens gezeigt.

Im Beispiel wurde festgestellt, daß der Termin 27 Arbeits-

tage ist und daß die Genossenschaftler bzw. Mitarbeiter nicht vom ersten Morgen, sondern dem des 10. Tages an geschlossen angesetzt werden können. Das ist nur eine von sehr vielen Varianten. Der staatliche Leiter, LPG-Vorsitzende oder Feldbaubrigadier kann jetzt anhand seiner gegebenen praktischen Möglichkeiten Planprobleme wissenschaftlich lösen, wenn er die einzelnen Teilzeiten real einschätzen kann bzw. über entsprechende Normative verfügt. In einem weiteren Beitrag soll später die Berechnung des Zeitaufwandes nach PERT erläutert werden.

A 7006

Dipl.-Landw. M. BÖLKE, KDT\*

## Ablauf- und Kapazitätsplanung im Spezialisierungsprozeß der Feldwirtschaft mit Hilfe der Netzwerkplanung

Die landwirtschaftliche Produktion ist durch die voranschreitende Spezialisierung in ein Stadium gelangt, wo bestimmte Arbeitsarten aus dem Arbeitsprozeß des traditionellen Landwirtschaftsbetriebes ausgelagert und als Dienstleistung von zwischen- oder überbetrieblichen Einrichtungen durchgeführt werden. Dies stellt — unter Beachtung und Einhaltung der agrotechnischen Zeitspannen — hohe Anforderungen an die Planung und Durchführung.

Mit herkömmlichen Planungsmethoden lassen sich diese technologisch ineinandergreifenden zeitabhängigen Prozesse, speziell in der Feldwirtschaft, nicht mehr übersehen.

Die Netzplan-Methode, als mathematische Methode zur Planung zeitabhängiger Prozesse, wie sie bereits vorwiegend im Bauwesen sowie auch in der Industrie erfolgreich angewendet wird [1] [2] [3] [4] [5] [6], läßt sich unter Berücksichtigung der gegebenen Bedingungen auch in der Landwirtschaft benutzen.

Zur Planung und Durchführung von Produktionsprozessen in der Landwirtschaft ist die Netzplan-Methode noch relativ unbekannt, jedoch gibt es vielerorts Bemühungen, dieses Verfahren auch in der Landwirtschaft anzuwenden [6] [7] [8] [9]. Das hier dargelegte Verfahren zur Ablauf- und Kapazitätsplanung soll ein weiterer Beitrag zur Einführung der Netzwerkplanung in der Landwirtschaft sein.

### Zielstellung und mögliche Methoden zur Anwendung der Netzwerkplanung in der Landwirtschaft

Die Zielstellung zur Anwendung der Netzplan-Methode im Bauwesen faßt RENNER [1] wie folgt zusammen:

„Bei der Ablaufplanung vermittelt die Netzwerkplanung einen besseren Überblick über die gegenseitige Abhängigkeit der Prozesse und zeigt auf, welche Arbeitsabschnitte die gesamte Bau- und Montagezeit bestimmen. Auf diese Weise ist es möglich, den Ablaufplan auf eine optimale Bauzeitverkürzung auszurichten, ... aufgetretene Störungen im Produktionsprozeß kurzfristig optimal auszugleichen und termingemäß Fertigerstellungen der Investitionsvorhaben zu sichern.“

Die Produktionsprozesse in der Landwirtschaft unterscheiden sich von denen des Bauwesens wesentlich dadurch, daß sie sich nicht durch verbesserte Planungsmethoden verkürzen lassen.

Hier geht es darum, in den feststehenden agrotechnischen Zeitspannen mit möglichst wenig Maschinenkapazität auszukommen, um nicht übermäßig hohe Investitionen tätigen zu müssen, die dann nur wenig genutzt würden.

Eine völlige Übernahme der CPM<sup>1</sup> oder PERT-Methode<sup>2</sup> zur Zeitplanung ist somit in der Landwirtschaft vorerst nur zur Planung einzelner Arbeitsarten in bestimmten Arbeitskampagnen möglich, ähnlich wie es LINDENAU u. a. [6], PAPESCH [8] [9] u. a. an einigen Beispielen aus dem Arbeitsabschnitt Ernte aufgezeigt haben.

Die hier angewendete abgewandelte PERT-Methode zur Ablauf- und Kapazitätsplanung dient somit nicht unmittelbar zur Verkürzung der Produktions- und Einsatzzeiten, sondern mit ihr ist hauptsächlich eine bessere Koordinierung und Kontrolle sowie die Ermittlung eines optimalen Besatzes an Mechanisierungsmitteln bei der spezialisierten Arbeitsdurchführung in der landwirtschaftlichen Produktion möglich. Damit wird eine notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen dem Landwirtschaftsbetrieb und dem Kooperationsbetrieb geschaffen, um mit einer ausreichenden und aufeinander abgestimmten Maschinenkapazität zum richtigen Zeitpunkt schlagkräftig arbeiten zu können.

Streng genommen entspricht das hier dargelegte Anwendungsbeispiel der RAMPS-Methode<sup>3</sup> [5]. Nach [5] enthält das RAMPS-Modell das CPM- und PERT-Modell als einfache Sonderfälle.

„Mehrfachprojekte, das sind parallel ablaufende Projekte, die unter Umständen von denselben Bearbeitungskollektiven gleichzeitig bearbeitet werden. Nach dieser Methode kann eine optimale Verteilung von Aufwandskapazitäten auf die einzelnen Projekte vorgenommen werden.“

Die landwirtschaftliche Produktion erfordert z. B. im Bereich der Feldwirtschaft, wo es um die Erzeugung von mehreren unterschiedlichen Produkten mit oftmals gleicher Arbeitsartenfolge geht, solch ein Mehrfachprojekt.

Die herkömmlichen Ablaufpläne der Landwirtschaft in Form einer Balkengraphik stellen zwar ebenfalls die Beginn- und Endtermine der einzelnen Arbeitsprozesse heraus, zeigen aber nicht die Verknüpfungen zwischen den einzelnen Arbeitsgängen an, die den jeweiligen Fruchtarten in Abhängigkeit von der Fruchtfolge eigen sind.

Auch die bisherige Methode zur Maschinenbedarfsplanung [10] läßt zwar ebenfalls die Anfangs- und Endtermine der Arbeitsarten im Block erkennen, ermöglicht aber keine detaillierte Darstellung, aus der noch die Einzeltermine für einzelne Arbeitsgänge zu bestimmten Fruchtarten — selbst bei Überlagerung — erkennbar sind. Dies ist aber erforderlich, wenn einzelne Arbeitsgänge innerhalb des Produktionsprozesses als Dienstleistung ausgeführt werden sollen.

Bei der Planung und operativen Leitung von Projekten, bei denen es sich um zeitlich festumrissene Teilaufgaben handelt, die von verschiedenen Partnern ausgeführt werden, ist die Netzwerkplanung eine geeignete Methode, technologische Verflechtungen übersichtlich darzustellen und unter Anwen-

\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Leiter: Obering. O. BOSTELMANN)

<sup>1</sup> Critical Path Method — Methode des kritischen Weges

<sup>2</sup> Programm Evaluation and Review Technique — Verfahren zur Berechnung und Überprüfung eines Programms

<sup>3</sup> Resource Allocation and Multi-Project Scheduling — Verfahren für die Verteilung von Aufwandskapazitäten und Planung von Mehrfachprojekten

Tafel 1. Tabellenteil zu Bild 2

Lfd. Nr.	Bezeichnungen der Aktivitäten	Ausbringungsmenge [kg/ha]	Mechanisierungsmittel Zugmaschine Zugkraft [Mp]	Arbeitsmaschine [Typ]	ausführender Betrieb <sup>2</sup>	Schicht-Anzahl	Fläche [ha]	notwendige Einsatz-tage
0	Abernten der Felder	—	—	D 052	TUL-B	1	7 790	30,5
1	PK-Grunddünger aufbereiten	—	—	D 033	TUL-B	1,5	4 000	68,-
2	PK-Grunddünger ausbringen	600 ... 800	LKW 7,5 <sup>3</sup>	D 032	TUL-B	1,5	3 790	72,-
3	PK-Grunddünger ausbringen	600 ... 800	LKW 4,5 <sup>3</sup>	D 032	TUL-B	1,5	2 430	58,5
4	NPK-Komplexdünger und Kalken	200 ... 2500	LKW 7,5 <sup>3</sup>	D 033	TUL-B	2	1 860	59,5
5	Kalk ausbringen	2 500	RT 0,9 ... 1,4	T 087	L-B	1,5	2 430	1360,-
6	Stalldung ausbringen	25 000	RT 0,9 ... 1,4	(6000 l)	TUL-B	1	1 290	324,-
7	Jauche ausbringen	20 000	RT 1,4	(3 m)	L-B	2	2 000	60,-
8	Scheibenschalen	—	RT 2	B 200-2	L-B	2	5 860	469,5
9	Saatsfurche pflügen	—	RT 2	B 200-1	L-B	2	3 790	332,5
10	Herbstfurche pflügen	—	RT 1,4	(10 m)	L-B	2	3 790	43,-
11	Abschleppen	—	RT 1,4	D 033	TUL-B	1	4 650	63,5
12	N+PK-Grunddünger transportieren	200 ... 600	RT 1,4	D 027	TUL-B	1	4 650	126,-
13	N+PK-Grunddünger streuen	200 ... 600	RT 2	B 231	L-B	2	9 650	133,5
14	Saatbeet herrichten	—	RT 0,9	TuF	L-B	1,5	7 220	148,-
15	Saatgut transportieren	—	RT 0,9 ... 1,4	(6 m)	L-B	1,5	7 650	320,-
16	Aussaat	50 ... 150	RT 0,9	(TuF) <sup>1</sup>	L-B	1,5	2 000	334,-
17	Kartoffeln antransportieren	2 500	RT 1,4 ... 2	(6reihig)	L-B	1,5	2 000	167,-
18	Kartoffeln legen	2 500	LKW 4,5 <sup>3</sup>	D 032	TU L-B	1	6 430	101,-
19	N+NPK-Dünger antransportieren	250 ... 500	RT 0,9	D 025	TU L-B	1	6 430	202,5
20	N+NPK-Dünger streuen	250 ... 500	RT 0,9 ... 1,4	(TuF) <sup>1</sup>	TU L-B	1	930	64,-
21	Kalk streuen und N-Kopfdünger transportieren	2 500	RT 0,9	D 024	L-B	1	430	11,-
22	N-Spätkopfdünger streuen	150	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> TuF = Transport- und Umladefahrzeug, <sup>2</sup> L-B = Landwirtschaftsbetrieb, TUL-B = Transport-, Umschlag- und Lagerbetrieb, <sup>3</sup> Nutzlast

derung der modernen Rechentechnik komplizierte Planungsgrundlagen schnell zu erarbeiten.

Am Beispiel der Arbeitsabschnitte: Grundbodenbearbeitung, Düngung, Saatschuldbereitung und Bestellung soll nachfolgend eine Methode erläutert werden, die — in der Hand der Organisatoren — bei der Inanspruchnahme und Durchführung von Dienstleistungen ein bedeutendes Hilfsmittel zur termingerechten und folgerichtigen spezialisierten Arbeitsdurchführung sein kann.

Unter den bereits zahlreich entwickelten Darstellungsformen des Netzwerks erscheint im Bereich der Pflanzenproduktion das „zeitgestreckte Netzwerk“, von FRANKE [11] im Bauwesen angewendet, am geeignetsten zu sein.

### Grundlagen für ein „zeitgestrecktes Netzwerk“ zur Ablauf- und Kapazitätsplanung

Jede Aktivität beginnt und endet in einem Ereignis und wird als Aik bezeichnet. Die Besonderheit einer Aktivität im landwirtschaftlichen Produktionsprozess ist, daß diese neben dem technologischen Teilprozess — der eigentlichen Tätigkeit — oftmals vom Arbeitsprozess unabhängige Schlupfzeiten SU enthalten, die durch naturbedingte Prozesse, z. B. Vegetations- und Wachstumsprozesse, Klima- und Witterungseinflüsse, verursacht werden.

Eine Aktivität im landwirtschaftlichen Produktionsprozess ist in Bild 1 dargestellt, darin bedeuten:

- m* Ereignis
- Aik* Aktivität, die vom Ereignis *i* zum Ereignis *k* gerichtet ist
- Air* Zeitdauer des Prozesses — agrotechnische Zeitspanne
- Tm* theoretisch mögliche Tage (= Kalendertage) einer Aktivität in einer Dekade
- Tn* notwendige Maschineneinsatztage in einer Dekade
- j* Dekaden im Jahresablauf
- i, k* Indizes eines Ereignisses
- f<sub>B</sub>* frühester Beginn einer Aik bzw. einer Air
- s<sub>E</sub>* spätestes Ende einer Air
- S<sub>b1</sub>* bedingte Schlupfzeit (Sonn- und Feiertage)
- S<sub>b2</sub>* bedingte Schlupfzeit (witterungsbedingte Ausfalltage)
- S<sub>f</sub>* freie Schlupfzeit (freiverfügbare Einsatzlage)
- S<sub>g</sub>* Gesamtschlupfzeit (*S<sub>b1</sub>* + *S<sub>b2</sub>* + *S<sub>f</sub>*)
- S<sub>U</sub>* unabhängige Schlupfzeit (natürliche Vegetations- oder Wachstumsprozesse, vom Arbeitsprozess nicht zu beeinflussen)

Im vorliegenden Beispiel (Bild 2) sind als Ereignisse die Anfangs- bzw. Endtermine bestimmter Arbeitsprozesse zu sehen, die indirekt auch einen gewissen Produktionsstand beinhalten, wobei die Aktivitäten, als zeitverbrauchende Prozesse, die Arbeitsgänge verkörpern.

Keine Aktivität kann begonnen werden, bevor das vorhergehende Ereignis nicht eingetreten ist. Oftmals genügt jedoch bereits ein Vorlauf von wenigen Stunden bzw. Tagen. Dies

führt zu einem weitgehenden Parallelverlauf der verschiedenen Aktivitäten und beeinträchtigt so die Übersichtlichkeit der Netzwerkdarstellung.

In dem vorliegenden Netzwerk werden die Scheinaktivitäten — sofern erforderlich — zur Terminbegrenzung (sE) einer

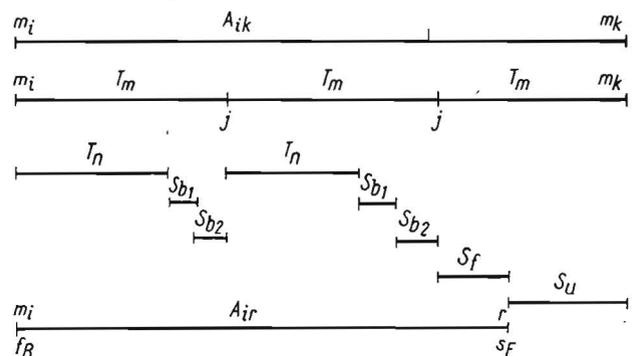
Tafel 2. Liste der Aktivitäten (mit Beispielen zum Einzelprojekt Wintergetreide)

Lfd. Nr.	Aktivität von bis	Bezeichnung der Aktivität	Mechan. Mittel	bearbeitete Fläche	Schicht	
<i>i</i>	<i>k</i>	<i>Aik</i>	Typ	[ha]	[St.]	
0	0	3	Abräumen von Mais	E 066	11 430	1,5
3	1	9	PK-Grundd. ausbringen	LKW-D 032	2 430	1,5
Leistung i. d. T <sub>06</sub>	notwendige Maschineneinsatztage	Kalendertage	ausf. Betrieb	agrot. Zeitspanne	Ausbringungsmenge	
[ha/Tag]	<i>Tn</i> [Tag]	<i>ΣTm</i> [Tag]		<i>f<sub>B</sub> ... s<sub>E</sub></i>	[kg/ha]	
12	125	22	L-B	2.9. ... 24.9.	—	
54	45	32	TUL-B	25.8. ... 25.9.	550	

Tafel 3. Liste der Aktivitäten zur Zusammenstellung eines Mehrfachprojektes

Ereignis	Bez. d. Aktivität	Mechan. Mittel	Fruchtart	bearbeitete Fläche	notwend. Einsatztage	Zeitspanne
<i>i</i>	<i>Aik</i>	Typ		[ha]	[Tage]	<i>f<sub>B</sub> ... s<sub>E</sub></i>
(z.B.) 3	PK-Grundd. ausbringg.	LKW- D 032	W.-Getreide	2 430	45	25.8. ... 25.9.
			S.-Getreide	930	17,5	1.10. ... 10.11.

Bild 1. Darstellung einer Aktivität



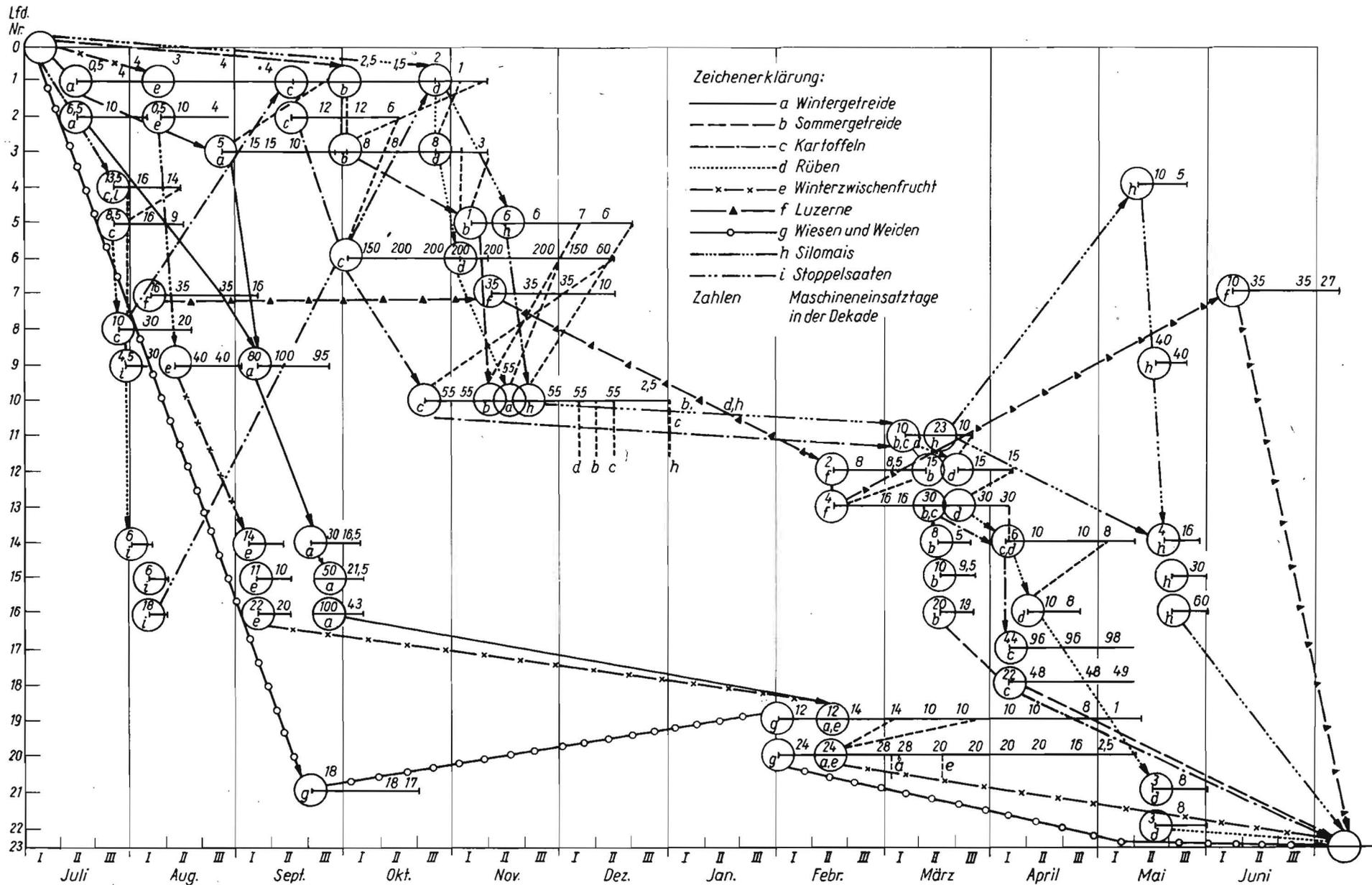


Bild 2. Zeitgestrecktes Netzwerk als Planungsgrundlage bei der Auslagerung von Arbeitsgängen der Düngung aus dem Arbeitsprozeß des Landwirtschaftsbetriebes — für einen Versorgungsbe- reich einer Düng- und Kalkbrigade von 12 000 ha LN. Standorteinheit D1/D2 (dazugehörig Tafel 1). Die kurzstrichlierten Linien stellen die Scheinaktivitäten dar.





(z. B. Mechanisierungsmitteln, Arbeitskräften u. a. m.) ausgegangen wird, um die kürzeste Ablaufzeit zu ermitteln, setzt man dagegen bei der Kapazitätsplanung feststehende Einsatzzeiten (agrotechnische Zeitspannen) voraus.

Das Rechentableau (Tafel 4) enthält die Summen der notwendigen Maschineneinsatztage der verschiedenen Aktivitäten, die dekadenweise in das Rechentableau eingetragen werden. Es eignet sich als Matrix sowohl für die manuelle als auch für die maschinelle Berechnung.

Für bestimmte Mechanisierungsmittel, die in verschiedenen Variationen eingesetzt werden können und so an mehrere Aktivitäten gekoppelt sind (z. B. Traktoren, Lkw, Maschinen mit Zusatzausrüstungen u. a. m.) müssen in den einzelnen Dekaden aus den verschiedenen Aktivitäten Summen gebildet werden, denn erst so zeigen sich die wahren Einsatzspitzen eines bestimmten Mechanisierungsmittels. Als ein Beispiel sei hier der LKW genannt, der sowohl als Transport- und Streufahrzeug für verschiedene Düngemittel und Ausbringmengen wie auch als Transport- und Umladefahrzeug bei verschiedenen Aktivitäten zum Einsatz kommen kann.

Die dabei auftretenden überhöhten Einsatzspitzen sind -- vor dem eigentlichen Rechengang -- nach Überprüfung aller Möglichkeiten anhand der „Liste der Aktivitäten“ (Tafel 3) und unter Einhaltung der agrotechnischen Zeitspannen auszugleichen.

Der Bedarf an notwendigen Mechanisierungsmitteln zur termingerechten Erledigung bestimmter Arbeitsarten wird in Anlehnung an das Verfahren nach HOFMANN [12] und DAHSE u. a. [10] aus der Spitzendekade ermittelt.

Zur Kapazitätsermittlung (Tafel 4) gelten die folgenden Gleichungen 7, 8 und 9:

$$Mb_0 = \frac{Tnp}{T_z} \quad (7)$$

$$Mb_1 = \frac{\sum_{i=1}^{m_a} Tnp}{T_z} \quad (8) \quad Mb_2 = \frac{\sum_{i=1}^{m_b} Tnp}{T_z} \quad (9)$$

Es bedeuten:

- $Mb$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln -- errechnet -- [St.]
- $Mb_0$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln für gleichartige Aktivitäten [St.]
- $Mb_1$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln mit einheitlicher Grundausrüstung für mehrere unterschiedliche Aktivitäten [St.]
- $Mb_2$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln mit einheitlicher Grundausrüstung für eine Organisationsform (ausf. Betrieb) [St.]
- $Tnp$  notwendige Maschineneinsatztage in der Spitzendekade [Maschineneinsatztage/Dekade]
- $T_z$  mögliche Einsatztage in der Spitzendekade [Tage/Dekade]
- $m_a$  Anzahl der sich überlagernden Aktivitäten mit gleichen Mechanisierungsmitteln und einheitlicher Grundausrüstung
- $m_b$  Anzahl der sich überlagernden Aktivitäten mit gleichen Mechanisierungsmitteln einer bestimmten Organisationsform
- $Mb'$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln (Richtwerte) für die Nutzfläche der jeweiligen Organisationsform [St.]
- $Mb'_{1000}$  notwendiger Bedarf an Mechanisierungsmitteln auf 1000 ha i. N. [St. 1000 ha]

Die möglichen Einsatztage in der Spitzendekade  $T_z$  einer bestimmten Aktivität schwanken jahreszeitlich infolge von Klima-, Witterungs- und Bodeneinflüssen und können, wenn keine eigenen Untersuchungen vorliegen, den Untersuchungen von ROTH u. a. [13] für begrenzte Einsatzgebiete der DDR nach Arbeits- und Bodenarten entnommen werden.

Bei der Auf- bzw. Abrundung des Bedarfs an Mechanisierungsmitteln als Richtwert  $Mb'$  in Tafel 4 wurde davon ausgegangen, daß eine Maschine hinsichtlich der von ihr zu bearbeitenden Fläche um 10 Prozent überlastbar ist, also bei einem Bedarf, der in der Dezimalstelle größer als 1/10 der ganzen Zahl ist, nach oben aufgerundet, anderenfalls nach unten abgerundet wird. Ab 5 Maschinen rundet man in der üblichen Weise ab bzw. auf.

## Zusammenfassung

Das zur Anwendung gebrachte „zeitgestreckte Netzwerk“ zur Ablauf- und Kapazitätsplanung -- dargestellt am Beispiel einer Düng- und Kalkbrigade für die Arbeitsabschnitte: Grundbodenbearbeitung, Düngung, Saatbettvorbereitung und Bestellung -- vermittelt einen guten Überblick über die technologischen Zusammenhänge von bestimmten Teilprozessen. Die Netzwerkplanung veranschaulicht übersichtlich den Arbeitsablauf, zeigt die terminlichen Verflechtungen zwischen den ausführenden Betrieben (Organisationsformen) und schafft die Voraussetzungen für einen konkreten Vertragsabschluß zwischen den kooperierenden Betrieben.

Aus dem „zeitgestreckten Netzwerkplan“ ist weiterhin zu entnehmen:

- Zu welcher Zeit die einzelnen Aktivitäten der verschiedenen Projekte beginnen können und beendet sein müssen,
- die Folge der Aktivitäten (Arbeitsartenfolge) für die Einzelprojekte,
- die auftretenden Arbeitsspitzen und -täler,
- die zeitlich parallel laufenden Aktivitäten und
- die möglichen Schlupfzeiten der nichtkritischen Aktivitäten.

Diese Schlupfzeiten der nichtkritischen Aktivitäten ermöglichen Plankorrekturen, die durch objektive Schwierigkeiten z. B. Maschinenausfall, Witterungseinfluß u. a. m.) aufgetreten sind, ohne daß es zu Terminüberschreitungen kommen muß.

Die erforderliche Mechanisierungskapazität wird auf mathematischer Grundlage aus der Spitzeneinsatzzeit ermittelt und ermöglicht eine optimale Auslastung der Mechanisierungsmittel.

Bei einer Betriebsorganisation mit feststehender Fruchtfolgeplanung können die einmal erarbeiteten Netzwerkpläne jährlich erneut zur Anwendung kommen. Die in der Zwischenzeit eingetretenen Veränderungen hinsichtlich weiterer Mechanisierungsmöglichkeiten lassen sich durch Auswechseln bestimmter Aktivitäten schnell korrigieren.

Die hier dargelegte Netzplan-Methode zur Ablauf- und Kapazitätsplanung für einzelne Arbeitsabschnitte läßt sich auch auf weitere Arbeitsabschnitte oder vollständige Arbeits- und Produktionsverfahren in gleicher Weise anwenden. Mit ihr ist es z. B. möglich, die erforderliche Planungszeit von etwa 2 bis 3 Wochen/l Ak für einen Kooperationsbereich von 10 000 bis 12 000 ha LN -- nach der bisherigen Methode zur Ermittlung des Mechanisierungsbedarfs [10] -- auf etwa 2 bis 3 Tage/l Ak zu verkürzen. Zum anderen lassen sich mit dieser Methode die erforderlichen Grundlagen für eine optimale standortgerechte Mechanisierungsplanung zur elektronischen Verarbeitung, wie sie von EBERHARDT u. a. [14] aufgezeigt wurde, schnell erarbeiten.

## Literatur

- [1] RENNER: Der kritische Weg. Verlag für Bauwesen, Berlin 1965
- [2] WAGNER: PERT und CPM als Planungsinstrumente der Bauindustrie. Die Bauwirtschaft, Bauverlag-Wiesbaden-Berlin, 1963, H. 35
- [3] GOTZKE/SCHREITER/STEMPEL: Die Methoden „kritischer Weg“ und „PERT“. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1965
- [4] FRANKE/BERBIG: Bauablaufplanung nach einem veränderten Verfahren des kritischen Weges. Bauplanung -- Bautechnik 19 (1965) H. 4, H. 3
- [5] SCHREITER/STEMPEL/FROTSCHER: Kritischer Weg und PERT. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1967
- [6] LINDENAU und Mitautoren: Mathematische Methoden in Planung und Leitung der sozialistischen Landwirtschaft. Institut für Ausbildung und Qualifizierung beim Landwirtschaftsrat der DDR, Brieselang, Teil II, 1966, S. 323/35
- [7] LINK/BOCKHOP: Mathematische Betrachtungsweise der Einsatzplanung von Landmaschinen. Transactions of the ASAE, 7, (1964) H. 4, S. 8 bis 13
- [8] PAPESCH, J.: Zeireserven auf der Spur. Bauern-Echo, 10 (1967) Nr. 166, S. 3
- [9] PAPESCH, J.: Planung von Arbeitskampagnen mit Hilfe der Netzwerktechnik. Kooperation 1 (1967) H. 2, S. 18 bis 25
- [10] DAHSE, F./A. MEUER/W. HUNDT: Richtlinien zur Planung des Bedarfs an Traktoren, Kombinen und Maschinen zur Vollmechanisierung der Feldwirtschaft. Ministerium für Landwirtschaft, Erfassung und Forstwirtschaft 1960
- [11] FRANKE, F.: Netzwerkplanung im Bauwesen. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965
- [12] HOFMANN, A.: Ermittlung des notwendigen Traktorenbesatzes in MTS-Brigaden bzw. LPG. Agrarökonomik 2 (1959) H. 5, S. 207 bis 214
- [13] ROTH/ANTON/BEYSE: Agrotechnische Zeitspannen und verfügbare Zeiten für die Feldarbeiten. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1961
- [14] EBERHARDT und Mitautoren: Methoden und erste Ergebnisse der Mechanisierungsplanung in der Pflanzenproduktion mit der linearen Optimierung. Staatliches Komitee für Landtechnik Berlin. Sonderdruck 1967 A 7039