

Massen:	
max. Abflugmasse	1850 kg
Leermasse mit Sprühanlage	1120 kg
Leermasse mit Streuanlage	1150 kg
Chemikalienzuladung	≈ 550 kg
Leistungen:	
An- und Ausrollstrecke	120 m
Steigegeschwindigkeit vom Boden	4 m/s
Reisegeschwindigkeit	130 km/h
Arbeitsgeschwindigkeit	120...130 km/h
Arbeitsflughöhe — entsprechend Arbeitsart —	5... 25 m
Arbeitsbreite beim Sprühen	bis 40 m
beim Spritzen	bis 25 m
beim Streuen	bis 25 m

Ergebnisse der Erprobung

Die in Tafel 1 zusammengefaßte Grobauswertung ist das Ergebnis einer Durchschnittsberechnung unter den bisherigen Einsatzbedingungen mit Mängeln, die sich aus den unterschiedlichen Leistungsangeboten ergeben. Das Hauptkriterium liegt bei den im Durchschnitt nicht vorhandenen Mindestfeldgrößen bzw. -längen, bei Überschreitung der Anflugstrecken und unterschiedlicher Qualität der Düngemittel. Der Schleuderstreuer an der Z 37 ist für granulierten Feststoffe

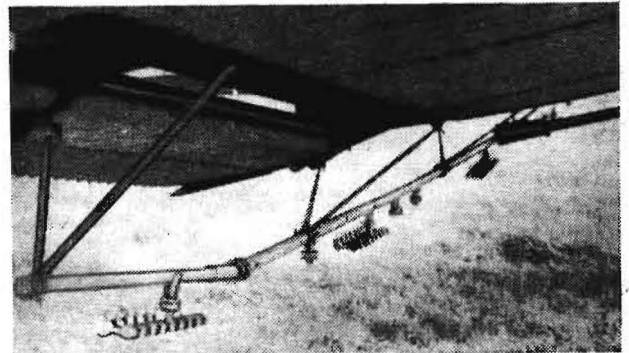


Bild 3. Anordnung der Sprühbatterien an der Z 37; zu einer Anlage gehören 5 Batterien mit je 8 Düsen

ausgelegt. Verhärtungen (Klumpen) dürfen nicht größer als 12 mm sein.

Aus den in Tafel 2 bis 5 genannten Richtwerten nach BOIGK sind als Beispiel Einflüsse der Feldlängen und Anflugstrecken auf die Kosten erkennbar. A 7137

Ing. J. WOLF

Rationelle Planung von komplexen Arbeiten in der Landwirtschaft

Die allgemeine Entwicklung in unserer sozialistischen Landwirtschaft, die stärkere Konzentration und die Spezialisierung der Produktion bedingen, daß man sich intensiv mit der Einführung wissenschaftlicher Methoden der Planung beschäftigt. Insbesondere im Bauwesen hat in den letzten Jahren die Netzplantechnik Eingang gefunden. Eine Variante der Netzwerkanalyse ist die Methode des kritischen Weges (CPM — Critical Path Method), deren mögliche Anwendung auch in der Landtechnik im nachfolgenden Aufsatz an einem Beispiel erläutert wird.

Bei der Netzwerkanalyse wird der gesamte komplexe Arbeitsablauf in Teilvorgänge zerlegt, die man dann in logischer Reihenfolge zu einem Netzwerk verbindet. Das Netzwerk besteht aus folgenden Elementen:

- Aktivitäten (zeitbeanspruchende Netzwerkelemente),
- Ereignisse (sie haben keine zeitliche Ausdehnung, sondern sind Zeitpunkte, bei denen bestimmte Teilarbeitsgänge beendet sind und neue beginnen),
- Scheinaktivitäten (Netzwerkelemente, die keine Zeit beanspruchen, sie deuten lediglich die Abhängigkeit von Aktivitäten untereinander an und sind bei der Netzüberrechnung entsprechend zu berücksichtigen).

Jede im Netzwerk dargestellte Aktivität kann wiederum zum Ausgangspunkt eines eigenen Teilnetzwerkes (Zwischennetzwerk) werden. Die Aneinanderreihung der notwendigerweise aufeinanderfolgenden zeitlängsten Aktivitäten stellt den kritischen Weg dar, der die Frist für das Erreichen des Endziels festlegt. Alle hier auftretenden Verzögerungen führen zur Überschreitung des Endtermins.

Vorverlegung des Endtermins ist nur möglich, wenn bei einer oder mehreren Aktivitäten des kritischen Weges Zeit eingespart werden kann. Bei komplizierten Netzwerkanalysen ist der Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen unerlässlich, hier soll jedoch die Methode anhand eines einfachen, manuell zu bewältigenden Beispiels erläutert werden.

Aktivitätenliste

Die in der Aktivitätenliste (Tafel 1) aufgeführten Fristen und Tätigkeiten sind neben den täglichen Pflichten einer LPG als ein dringend zu erledigender Komplex erkannt und im Plan zusammengefaßt worden.

Die in Spalte f genannten Aktivitäten müssen der Aktivität der jeweiligen Zeile zeitlich vorausgehen und abgeschlossen sein, bevor die Aktivität der Zeile in Angriff genommen werden kann. (So läßt sich z. B. die Grabenüberfahrt erst nach Erhalt der Tonrohre instand setzen).

Spalte g enthält die Aktivität(en), die unmittelbar nach der in gleicher Zeile aufgeführten Aktivität folgen muß (bzw. müssen). (Nach der Lieferung der Tonrohre (C) werden diese entsprechend ihren Bestimmungen in der Bodenentwässerung (F) bzw. bei der Instandsetzung der Grabenüberfahrt (G) verwendet).

Inhalt des Netzplans

Die Hauptrichtung des gezeichneten Netzes (Bild 1) geht entsprechend der Leserichtung von links nach rechts. Das Netz besteht aus den Aktivitätspfeilen und den Ereigniskreisen,

Tafel 1. Aktivitätenliste

a	b	c	d	e	f	g
	Aktivität (Liefer-, Wartefrist, Tätigkeit)	Einmann-Tagewerke	Geplante Arbeitskräfte	Gemeinsame Tagewerke	Vorher abgeschlossene Aktivität	Unmittelbar folgende Aktivität
A	Ersatzteillieferung für Zugmaschine III	—	—	14	—	B
B	Reparatur an Zugmaschine III	2	1	2	A	H
C	Lieferfrist für Tonrohre	—	—	10	—	F, G
D	Elektrozau Weidekoppel 3	2	1	2	—	E
E	Scheunentor-Reparatur	2	2	1	D	J
F	Bodenentwässerung Grundstück X	40	5	8	C	J
G	Instandsetzen der Grabenüberfahrt bei Y	9	3	3	C	—
H	Kartoffelernte unteres Südfeld	84	12	6	B	I
I	Rübenernte und Sameln in Feldrandmieten	40	10	4	H	—
J	Mistausfabren (hinteres Nordfeld)	4	2	2	E, F	K
K	Pflügen (vorderes Nordfeld)	2	1	2	J	—

die hier zweckmäßigerweise geviertelt wurden. Jedes Netz eines Komplexes hat einen Anfangs- und einen Endereigniskreis. Zwischennetze, die der besseren Übersicht halber extra gezeichnet werden, liegen im Hauptnetz zwischen Doppelrandkreisen (hier wurden Zwischennetze noch nicht nötig!).

Aktivitätspfeile

werden hier nicht zeitmaßstäblich gezeichnet. Liegt die jeweilige Pfeilspitze rechts, dann liest man auf dem Pfeilschaft das Aktivitätskennzeichen und darunter die dafür vorgesehene Zeit gemeinsamer Arbeit.

Aktivitätspfeile sollten nur gerade von Mittelpunkt zu Mittelpunkt entsprechend benachbarter Kreise zielen, sollten sich nur im Notfall schneiden und nicht geknickt werden, um Mißverständnissen vorzubeugen. Parallele Tätigkeiten zwischen zwei benachbarten Ereigniskreisen dürfen nicht als parallele Pfeile dargestellt werden; hier müssen ein zusätzlicher Ereigniskreis und ein zusätzlicher, gestrichelt gezeichneter Scheinaktivitätspfeil eingeführt werden. Pfeilfolgen, die einen Ring bilden, sind nicht möglich; beim Addieren der Teilzeiten ergäben sich unendliche Summen!

Scheinaktivitäten treten in dem vorliegenden einfachen Fall nicht auf.

Ereigniskreise

stellen das Ende vorausgehender und gleichzeitig Anfänge unmittelbar folgender Aktivitäten dar. Von dieser Doppelbedeutung sind Anfangs- und Endereigniskreis des Gesamtnetzes ausgenommen.

Der linke untere Teil des Ereigniskreises gibt den frühestmöglichen Termin an, nach dessen Ablauf die folgende Aktivität zeitlich beginnen kann. Die dort einzufügende Zahl ergibt sich durch von links nach rechts laufendes Zusammen-

zählen der übergangenen Aktivitätszeiten. Münden in einen Ereigniskreis mehrere Pfeile, so wird die *größte* Summe gewählt.

Der rechte obere Teil zeigt die Zeitentfernung zum Endereignis. Diese Zahlen werden analog zum Vorherbeschriebenen durch Summieren der Pfeilzeiten vom Netzende her bis zu dem entsprechenden Ereigniskreis errechnet. Auch hier gilt bei mehreren Pfeilspitzen an einem Kreis immer die *größte* Summe.

Der rechte untere Teil eines jeden Ereigniskreises gibt den spätestmöglichen Endtermin der vorausgegangenen Aktivität an.

Diese Daten erhält man durch Subtraktion der von rechts nach links (also rückwärts) überlaufenen Aktivitätspfeilzeiten von der entsprechenden Zahl im Endereigniskreis. Bei Pfeilkonzentrationen wählt man aber beim Abziehen immer die kleinste Wertzahl.

Der linke obere Teil enthält bei jedem Ereigniskreis die selbst gewählte Kenn-Nummer desselben. Die Folge sollte sich etwas nach dem steigenden Wert des linken Kreisunterteils richten. Komplizierte Netzpläne lassen sich so besser durchrechnen; statt die jeweils überrechnete Aktivitätspfeillinie mit dem Finger „festzuhalten“, merkt man sich die Ereigniskreisnummer.

Netzkontrolle

Der rechte obere Sektor des Anfangs- und die beiden unteren Sektoren des Endereigniskreises müssen bei jedem Netz gleiche Ziffern haben, sonst liegt ein Rechenfehler vor.

Der kritische Weg

verbindet die nächsten Ereigniskreise mit gleichzahligen Untersektoren und wird im Netz (Bild 1) bzw. im Zeitablaufplan (Bild 2) markant hervorgehoben. Im Zweifelsfall gilt der zeitgrößte Abstand.

Reservezeiten

Eine Aktivität läuft in der Zeitspanne, die durch die im linken unteren Viertel des linken und die im rechten unteren Viertel des nachfolgenden (rechten) Ereigniskreises genantenen Daten begrenzt ist. Ist diese Zeitspanne größer als die Aktivitätszeit selbst, so stellt die Differenz die Reservezeit dar. Diese erlaubt zeitliche Verschiebungen der Nichtkritischen Tätigkeit für günstigeren Arbeitskräfteeinsatz, wie die gestrichelt eingesetzten Werte im Zeitablaufplan (Bild 2) zeigen. Reservezeiten sind in diesem Plan durch waagerechte Pfeile in den Zeitbalken markiert.

Inhalt des Zeitablaufplans

Bei entsprechend großem Format kann man die Aktivitätenliste (Tafel 1) mit dem Zeitablaufplan (Bild 2) kombinieren, wenn man beide Aufstellungen nebeneinander zeichnet.

Der Oberrand in Bild 2 zeigt die Anzahl der Arbeitstage. Er kann außerdem die Kalenderdaten tragen. Rechts neben den Kennzeichen der Aktivitäten sind die Zeitbalken eingezeichnet.

In Stufenform ziehen sich die senkrecht schraffierten Zeitstreifen der kritischen Aktivitäten ohne Lücke von links nach rechts.

Jeder Tagesteil aller Balken enthält die geplante Arbeitskräfteeanzahl. Der Unterrand in Bild 2 zeigt die täglichen Ak-Summen und offenbart eventuell notwendige Korrekturen, wenn sich hier mehr Arbeitskräfte je Tag ergeben, als überhaupt zur Verfügung stehen!

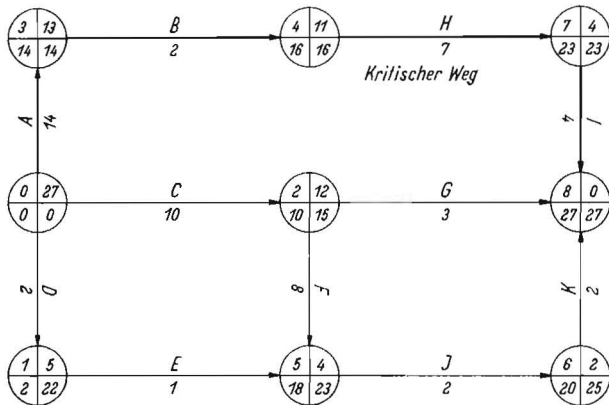


Bild 1. Netzplan

Bild 2. Zeitablaufplan

Datum:	Sept.										Okt.																
Arbeitsstage:	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	2	3	4	5	6	9	10
A	[Kritische Aktivität]										[Kritische Aktivität]																
B	[Kritische Aktivität]										[Kritische Aktivität]																
C	[Reservezeit]										[Reservezeit]																
D	[Reservezeit]										[Reservezeit]																
E	[Reservezeit]										[Reservezeit]																
F	[Reservezeit]										[Reservezeit]																
G	[Reservezeit]										[Reservezeit]																
H	[Kritische Aktivität]										[Kritische Aktivität]																
J	[Nichtkritische Aktivität]										[Nichtkritische Aktivität]																
J	[Nichtkritische Aktivität]										[Nichtkritische Aktivität]																
K	[Kritische Aktivität]										[Kritische Aktivität]																
Summe Ak:	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	5	6	6	17	17	14	14	13	13	12	10	10	10	10
Korrigiert:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	7	6	17	17	14	14	13	13	12	10	10	10	10

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 CPM¹ oder PERT-Methode² 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-Methode³ [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)

¹ Critical Path Method — Methode des kritischen Weges

² Programm Evaluation and Review Technique — Verfahren zur Berechnung und Überprüfung eines Programms

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