

Zusammenfassung und Erläuterung der
wichtigsten Methoden der Netzplan-
technik

A Summary and Explanation of the
Most Important Methods of the
Network Analysis

IPP 4/45

G. Nützel / R. Weiß

November 1967

I N S T I T U T F Ü R P L A S M A P H Y S I K

G A R C H I N G B E I M Ü N C H E N

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

Zusammenfassung und Erläuterung der wichtigsten Methoden der Netzplantechnik

A Summary and Explanation of the Most Important Methods of the Network Analysis

IPP 4/45

G. Nützel / R. Weiß

November 1967

Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Institut für Plasmaphysik GmbH und der Europäischen Atomgemeinschaft über die Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
1.1 Situation	1
1.2 Definition eines Terminplanungsverfahrens	1
1.3 Ziele und Forderungen der Netzplantechnik	1
1.3.1 Information aller Stellen	1
1.3.2 Terminberechnungen	1
1.3.3 Elektron. Datenverarbeitung	1
1.4 Nachteile der herkömmlichen Terminplanungen	1
1.5 Anwendungsbereich der Netzplantechnik	1
2. <u>Terminplanung</u>	2
2.1 Organisation der Terminplanung	2
2.2 Die Terminierung als Regelkreis	2
3. <u>Grundlagen der Netzplantechnik</u>	3
3.1 Allgemeines	3
3.2 Terminologie	3
3.2.1 Netzplan	3
3.2.2 Terminplan	3
4. <u>Beschreibung der Methoden</u>	4
4.1 Einteilung	4
4.2 Strukturanalyse	4
4.2.1 Netzpläne, Darstellung	4
4.2.1.1 CPM	4
4.2.1.2 PERT	5
4.2.1.3 MPM	6
4.3 Zeitanalyse	7
4.3.1 Allgemeines	7
4.3.1.1 CPM	8
4.3.1.2 PERT	10
4.3.1.3 MPM	11
4.4 Bewertung der 3 Methoden	13
4.4.1 CPM	13
4.4.2 PERT	14
4.4.3 MPM	14
4.5 Berücksichtigung von Kosten und Kapazitäts Gesichtspunkten	14
4.5.1 Kapazität	14
4.5.2 Kosten	15
5. <u>Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen</u>	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Kriterien für die Leistungsfähigkeit der Programme	16
5.2.1 Kapazität der Programme	16
5.2.2 Knotennummerierung	16
5.2.3 Fehlersuche	16
5.2.4 Änderungsmöglichkeiten	16
5.2.5.1 Darstellungsformen	16
5.2.5.2 Sortierung nach versch. Ordnungsprinzipien (u.a. Terminvorschau, Terminerledigungskarten, Mahnlisten)	16
6. <u>Schlußbemerkung</u>	17

1. Einleitung

- 1.1. Seit einigen Jahren wird die Forderung erhoben, Entwicklungs- und evtl. sogar Forschungsaufgaben komplex zu planen.

Ein Hilfsmittel für die systematische Planung stellt die Netzplantechnik dar. Sie ermöglicht eine optimale Terminplanung für Projekte jeder Größenordnung und Struktur.

1.2. Definition eines Terminplanungsverfahrens:

Unter einem Terminplanungsverfahren versteht man die Gesamtheit aller Maßnahmen und Methoden, die eine zeitliche Anordnung zwischen Tätigkeiten und den ausführenden Organen treffen und die Realisierung dieser Anordnung überwachen.

1.3. Ziele und Forderungen der Netzplantechnik

1.3.1. Information aller am Projekt beteiligten Stellen:

a) Während der Planungsphase:

Die gemeinsame Erstellung von Netzplänen und die damit verbundene Strukturanalyse zwingt zum logischen Durchdenken eines Projektes und weist in Zusammenhang mit der Zeitanalyse schon in der Planungsphase auf kritische Stellen hin.

b) Während der Überwachungsphase:

Genaue Übersicht über die zu erfüllenden Einzelaufgaben, klare Abgrenzung der Zuständigkeiten, Eingrenzung des Risikos sind die wesentlichsten Vorteile der Netzplantechnik durch gezielte Kommunikation.

1.3.2. Terminberechnungen liefern Entscheidungsunterlagen:

a) Vorhersage wichtiger Zwischentermine und des Endtermins.

b) Durch Unterscheiden der Tätigkeiten nach ihrem Spielraum werden kritische Stellen mit Vorrang behandelt.

So entstehen möglichst geringe Leerzeiten an allen Arbeitsplätzen (weitgehende Nutzung der vorhandenen Kapazität, hohe Ausstoßmenge).

c) Abweichungen vom Terminplan werden frühzeitig erkannt, die Korrektur der Terminsituation ist schnell durchführbar.

1.3.3. Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen:

Die Berechnungen sind kurzfristig wiederhol- und ergänzbar, die Ergebnisse übersichtlich sortiert, das Durchrechnen von Alternativplänen im Planungsstadium und die Verwendung von Standardprogrammen ist möglich.

1.4. Nachteile der herkömmlichen Terminplanungen (Balken-Diagramme)

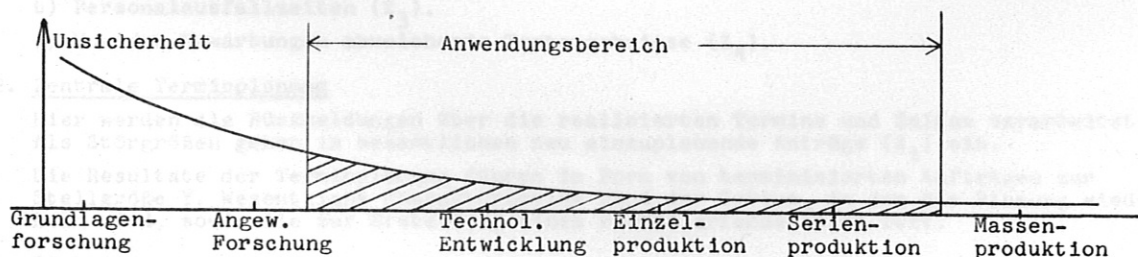
1.4.1. Der "Balken" hat als Einzeltermin keine Verknüpfung zu parallel ablaufenden Terminen.

2. Man kann nur seriell auftretende Termine miteinander verknüpfen.

3. Bei Termenschwierigkeiten werden dementsprechend nur seriell auftretende Termine verschoben.

4. Die terminlich kritischen Arbeiten lassen sich nicht erkennen.

1.5. Anwendungsbereich der Netzplantechnik:



Die Unsicherheit einer Prognose über den Ausgang einer bestimmten Tätigkeit nimmt von rechts nach links auf der Skala stark zu.

Die Projekte aus dem schraffierten Bereich können für die Netzplantechnik verwendet werden. Im Einzelfall bedarf es jedoch einer genauen Überprüfung.

Anwendungsbeispiele:

- Reparatur- und Instandhaltungsprojekte
- Einzelproduktionsprojekte
- Konstruktionsprojekte
- Technologische Entwicklungsprojekte

2. Terminplanung

2.1. Organisation der Terminplanung

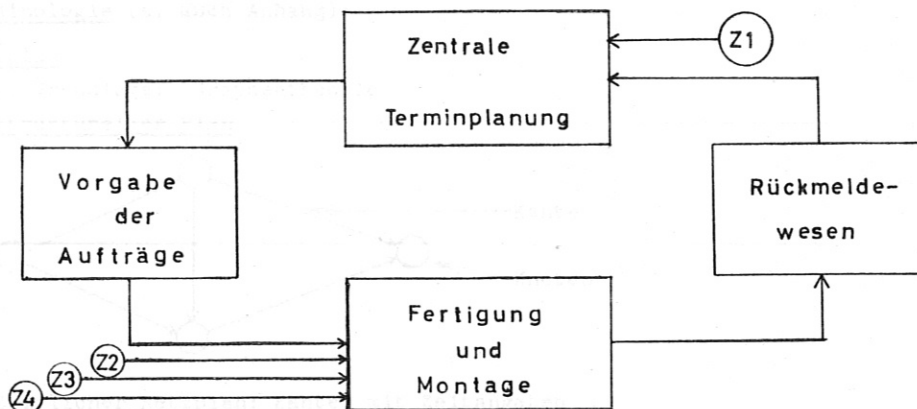
a) Aufstellung eines Netz- und Terminplanes

b) Terminkontrolle mittels Datenverarbeitungsanlage

Verantwortlich für die Aufstellung eines Terminplanes muß eine zentrale Auftragskoordination sein, die in Zusammenarbeit mit den einzelnen Abteilungen den Plan erstellt.

c) Die zentrale Terminplanung garantiert die Kontrolle des Arbeitsfortschritts von einer unabhängigen Stelle aus, die einheitliche Organisation der Terminplanung und die laufende Verbesserung der Organisation an der elektronischen Datenverarbeitungsanlage.

2.2. Die Terminisierung als Regelkreis



Regelgröße X: Effektiv realisierte Termine aus Fertigung und Montage

Stellgröße Y: Geplante Termine für Fertigungs- und Montageaufträge

Der Block "Fertigung und Montage" ist die Regelstrecke.

Der Regler setzt sich aus der zentralen Terminplanung, der Organisation für das Rückmeldewesen und für die Vorgabe der Fertigungs- und Montageaufträge zusammen.

Auf die einzelnen Regelkreisglieder wirken Störgrößen ($Z_1 - Z_4$) ein. (s.u.)

2.2.1. Fertigung und Montage

Die Abweichungen der effektiven Termine von den geplanten können im Auftreten von Störungen begründet sein, z.B.

a) Maschinenausfallzeiten (Z_2):

Dadurch entstehen einerseits Terminverzögerungen und andererseits Leerzeiten an den auf die ausgefallene Maschine folgenden Arbeitsplätzen.

b) Personalausfallzeiten (Z_3).

c) Von den Erwartungen abweichende Testergebnisse (Z_4).

2.2.2. Zentrale Terminplanung

Hier werden die Rückmeldungen über die realisierten Termine und Zeiten verarbeitet. Als Störgrößen gehen im wesentlichen neu einzuplanende Anträge (Z_1) ein.

Die Resultate der Terminplanung führen in Form von terminisierten Aufträgen zur Stellgröße Y. Wesentliche Charakteristika sind der Zyklus, in dem die Planung wiederholt wird, sowie die zur Erstellung eines Planes erforderliche Zeit.

2.2.3. Rückmeldewesen

Das Rückmeldewesen dient der Erfassung der realisierten Termine (Regelgröße X), damit bei der zentralen Terminplanung ein möglichst exaktes Bild über die momentane Situation der Arbeiten vorliegt.

Durch die Rückmeldung der Istwerte ist es z.B. möglich, die der Planung zugrundegelegten Angaben über die betriebliche Kapazität zu korrigieren. Das wesentliche Kriterium für die Güte eines Rückmeldesystems ist die Aktualität der Meldung.

2.2.4. Vorgabe der Aufträge

Hier werden die aus der zentralen Terminplanung kommenden Informationen in eine für die Fertigungs- und Montage geeignete Form gebracht (Ausstellung von Arbeitspapieren).

3. Grundlagen der Netzplantechnik

3.1. Allgemeines

Die herkömmlichen Planungsmethoden bestehen meist aus einem mehr oder weniger systematischem Kombinieren von technologisch bedingten Reihenfolgeproblemen mit Zeit-, Kosten- und Kapazitätserwägungen.

Dagegen zerfällt die Planung bei Anwendung der Netzplanmethoden CPM, PERT und MPM (s.u.) in 2 Phasen:

- a) Strukturanalyse (Tätigkeitsplanung, Ablaufplanung)
- b) Zeitanalyse (Terminplanung)

Die Strukturanalyse besteht in einer Aufteilung des Gesamtprojektes in Teilprojekte und Feststellung der zeitlich-technologischen Abhängigkeiten. Dies führt zum Netzplan (Ablaufdiagramm).

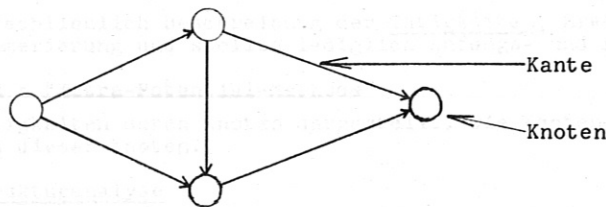
Die Zeitanalyse wird anhand des Netzplans durchgeführt.

3.2. Terminologie (s. auch Anhang):

3.2.1. Netzplan

Math. Grundlage: Graphentheorie

a) Struktureller Plan



- b) Zeitlicher Netzplan: Kanten mit Zeitangaben (MPM: auch Knoten)

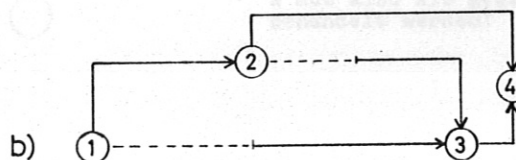
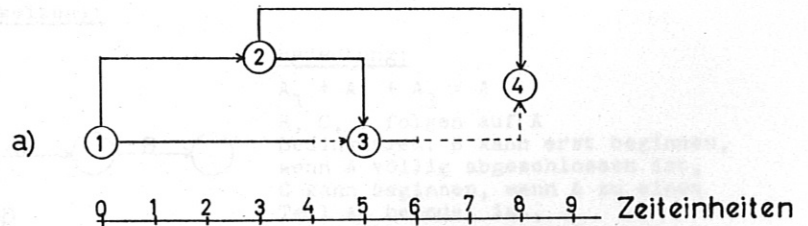
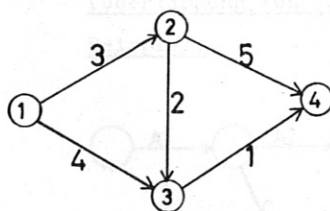
Elemente des Netzplans:

- a) Tätigkeit (= Teilarbeit am Projekt)
Eigenschaft: Zeitverbrauchend (z.B. Fertigungsvorgänge, Besprechungen, Wartezeiten, Prüfungsvorgänge, usw.)
- b) Ereignis
Zeitpunkt, zu dem bestimmte Tätigkeiten beendet sind und andere beginnen müssen.
- c) Anordnungsbeziehungen der Tätigkeiten:
Auskunft über Reihenfolge der Tätigkeiten
Auskunft über gegenseitige oder terminliche Abhängigkeit (z.B. Abhängigkeit von Lieferanten, von der Jahreszeit)
- d) Nummerierung der Knoten:
willkürlich, Reihenfolge beliebig
systematisch (aufsteigende Reihenfolge)
lückenlos (" " ")

3.2.2. Terminplan:

- a) rechnerische Ermittlung
- b) graphische Konstruktion → zeitproportionaler Netzplan

Beispiel:



Universalmindestlösung: Alle Ereignisse treten frühestmöglich ein.

Universalhöchstlösung: Alle Ereignisse treten spätestmöglich ein.

c) Spielraum (gestrichelter Zeitraum)

Knoten und Kanten können innerhalb des Spielraums zeitlich verschoben werden, ohne die Gesamtdauer zu beeinflussen.

d) Kritischer Weg:

Folge aller Knoten und Kanten, die keinen Spielraum haben. Es ist der zeitlich längste Weg im Netzplan.

4. Beschreibung der Methoden

4.1. Einteilung

4.1.1. Ereignisorientierte Netze

PERT = "Program Evaluation and Review Technique"

Es werden ausschließlich Ereignisse wiedergegeben, wobei die zwischen den Ereignissen vollzogenen Tätigkeiten vernachlässigt werden.

4.1.2. Tätigkeitsorientierte Netze

CPM = "Critical Path Method"

Ausschließlich Beschreibung der Tätigkeiten, Ereignisse erscheinen nur unter einer Nummerierung und stellen lediglich Anfangs- und Endpunkte der Tätigkeiten dar.

MPM = "Metra-Potential-Methode"

Tätigkeiten durch Knoten dargestellt. Die Kanten repräsentieren die Anordnungsbeziehungen dieser Knoten.

4.2. Strukturanalyse

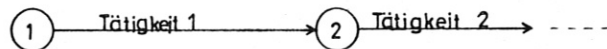
4.2.1. Netzpläne, Darstellung

4.2.1.1. CPM

Tätigkeiten durch Kanten dargestellt:

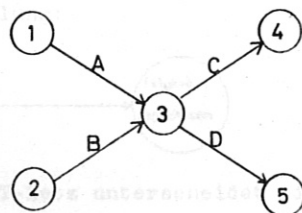
Anfangsereignis

Endereignis



Die Pfeilrichtung gibt den Ablauf in der Zeit an.

Beispiel:



Bedeutung:

A und B (Tätigkeiten) müssen abgeschlossen sein, bevor C und D beginnen können (eindeutig)

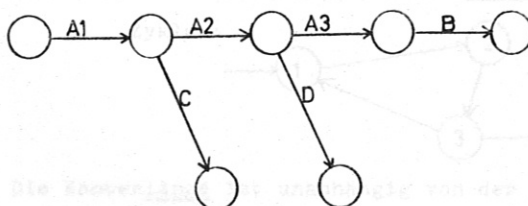
Besonderheiten der Netzplandarstellung

a) Untergliederte Tätigkeiten:

Tätigkeiten können bereits beginnen, wenn vorhergehende erst teilweise abgeschlossen sind.

(Überlappung von Tätigkeiten):

Beispiel:



Bedeutung:

$$A_1 + A_2 + A_3 = A$$

B, C, D folgen auf A

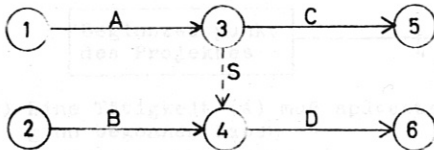
Bedingungen: B kann erst beginnen, wenn A völlig abgeschlossen ist, C kann beginnen, wenn A zu einem Teil A_1 beendet ist, D kann¹ beginnen, wenn A zu einem Teil A_1 und A_2 beendet ist.

A muß also als gegliederte Tätigkeit behandelt werden!

b) Abhängige und unabhängige Tätigkeiten:

Einführen von Scheintätigkeiten (nicht zeitverbrauchend) zur logischen Verknüpfung von Tätigkeiten.

Beispiel:

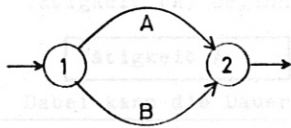


Bedeutung:

- 1) A und B sind Voraussetzung für den Beginn von D
- 2) Nur A ist Voraussetzung für C. Zur logischen Verknüpfung ist die Einführung der Scheintätigkeit "S" erforderlich.

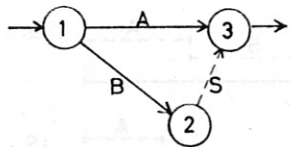
c) Gleichzeitige Tätigkeiten:

Beispiel:



Bedeutung:

- A und B sind durch dieselben Ereignisse gekennzeichnet.
Zur Herstellung der Eindeutigkeit muß eine Scheintätigkeit "S" eingeführt werden.



Bedeutung:

A muss abgeschlossen sein, damit B begonnen werden kann.

Nach Abschluss von A muß Zeit vergehen, damit B beginnen kann.

Überlappung von Tätigkeiten

Beispiel:

Es kann erst betoniert werden, wenn eingeschalt ist.

Abwechseln nach Betonieren erst nach gewisser Abbindezeit möglich

Malerarbeiten können schon begonnen werden, wenn Gipserarbeiten z.B. ausgeführt sind.

4.2.1.2. PERT

Darstellung:



Das PERT-Netz unterscheidet sich vom CPM-Netz nur durch eine Verfahrensvariation:

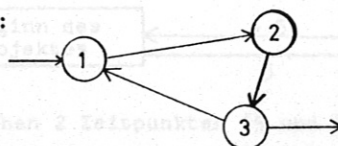
PERT: Ein Ereignis kann erst erreicht werden, wenn das vorhergehende Ereignis eingetreten ist-

CPM: Eine Tätigkeit kann erst beginnen, wenn die vorhergehende Tätigkeit abgeschlossen ist.

Allgemeine Regeln für die Konstruktion von Netzplänen bei Verwendung von PERT und CPM:

- a) 1) Tätigkeiten dürften nicht zeitlich nach rückwärts verlaufen.
- 2) Im Netzplan dürfen keine Zyklen auftreten.

Zyklus:

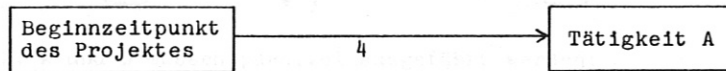


- b) Die Kantenlänge ist unabhängig von der Dauer der Tätigkeit.
- c) Jede Tätigkeit muß in einem Ereignis beginnen und in einem nachfolgenden enden.
- d) 2 Ereignisse dürfen nur durch eine Tätigkeit miteinander verbunden sein.

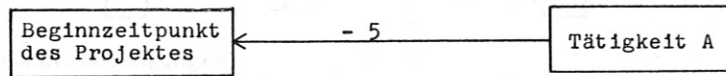
4.2.1.3. MPM

Folgende Anordnungsbeziehungen können erfaßt werden:

- a) Eine Tätigkeit (A) kann frühestens eine bestimmte Zeit (hier 4 Zeiteinheiten (ZE)) nach Projektbeginn beginnen



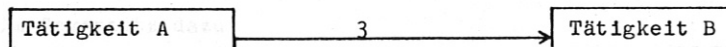
- b) Eine Tätigkeit (A) muß spätestens eine bestimmte Zeit (5 ZE) nach Projektbeginn begonnen haben



Vorzeichen der Zeitwerte negativ und Richtung der Kanten umgekehrt

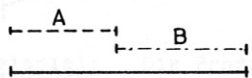
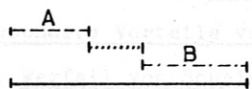
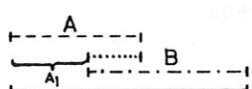
Beispiel: Gewisse Bauarbeiten müssen z.B. vor Frosteinbruch abgeschlossen sein.

- c) Eine Tätigkeit (B) kann frühestens eine bestimmte Zeit (3 ZE) nach Beginn der Tätigkeit (A) beginnen.

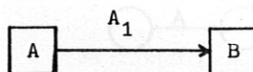


Dabei kann die Dauer von A \cong 3 ZE sein:

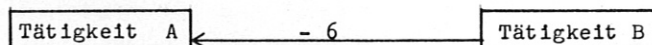
Veranschaulichung im Balkendiagramm:

	Bedeutung:	Beispiel:
1. 	A muss abgeschlossen sein, damit B begonnen werden kann.	Es kann erst betoniert werden, wenn eingeschalt ist.
2. 	Nach Abschluß von A muß Zeit vergehen, damit B beginnen kann.	Ausschalen nach Betonieren erst nach gewisser Abbindezeit möglich
3. 	Überlappung von Tätigkeiten	Malerarbeiten können schon begonnen werden, wenn Gipsarbeiten z.T. ausgeführt sind.

Darstellung des Falles 3.:



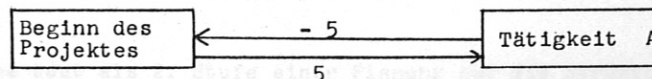
- d) Eine Tätigkeit (B) muß eine bestimmte Zeit (6 ZE) nach Beginn von Tätigkeit (A) begonnen haben.



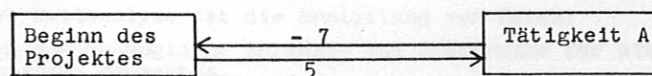
Beispiel: Mit dem Einbau eines Kessels muß begonnen werden, bevor Ausbau des Hauses zu weit fortgeschritten ist. A kann wieder \cong 6 sein.

- e) Kombinationen aus a) und b):

1. Tätigkeit (A) muß genau zu einem Zeitpunkt (5) beginnen.



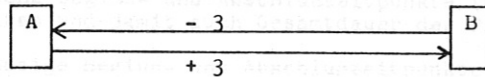
2. A muss zwischen 2 Zeitpunkten (5 und 7) beginnen



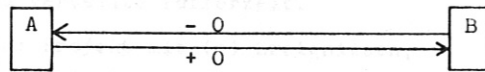
Regel: Summe der Zeitwerte der Anordnungsbeziehungen stets ≤ 0 !

f) Kombinationen aus c) und d):

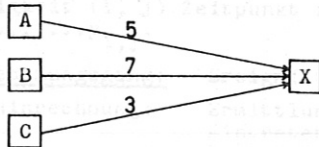
1. A und B sind in lückenloser Folge durchzuführen!



2. A und B müssen parallel ausgeführt werden:

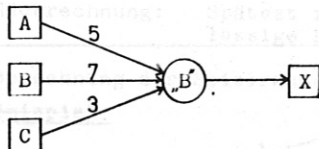


g) Bündelbedingungen:



X kann erst beginnen, wenn die längste Frist verstrichen ist, die durch die Vorgänger gesetzt ist (7).

Im Gegensatz dazu:

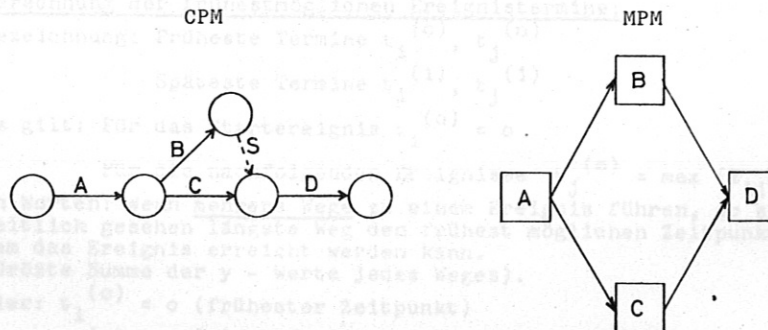


X kann bereits beginnen, wenn die kürzeste Frist verstrichen ist (3)
"B" = Bündel

Beispiel: Die Produktion (x) beim Bau einer Fabrik kann bereits beginnen, wenn eine der Maschinen installiert ist.

Besondere Vorteile von MPM (z.B. gegenüber CPM)

1. Wegfall von Scheintätigkeiten:



2. Einfache Änderungsmöglichkeiten:

Im Gegensatz zu CPM bleibt bei MPM die Struktur erhalten, wenn z.B. Überlappungen von Tätigkeiten auftreten. (Wichtig bei Verwendung von Rechenprogrammen!)

Es genügt, die an den Kanten stehenden Zahlen abzuändern.

4.3. Zeitanalyse

4.3.1. Allgemeines

Die Zeitanalyse baut als 2. Stufe einer Planung auf die Strukturanalyse auf. Der ausschließlich auf die logische Reihenfolge der Tätigkeiten (CPM, MPM) bzw. Ereignisse (PERT) wiedergebende Ablaufplan muß durch Einbeziehung der Zeit in einen Zeitplan umgewandelt werden.

Die Aufgabe der Zeitanalyse ist die Ermittlung von Daten:

- a) Frühest- und spätestmögliche Anfangs- und Endtermine für die einzelnen Tätigkeiten eines Projektes,
- b) Ermittlung kritischer Stellen im Gesamtprojekt

4.3.1.1. CPM

Auf der Grundlage von geschätzten Zeiten für die einzelnen Tätigkeiten gilt es, mit Hilfe des Netzplans folgende Berechnungen anzustellen:

- a) Frühestmögliche Beginn- und Abschlußzeitpunkte ($t_i^{(0)}$ und $t_j^{(0)}$) der einzelnen Tätigkeiten und damit auch Gesamtdauer des Projektes,
- b) Spätest zulässige Beginn- und Abschlußzeitpunkte ($t_i^{(1)}$ und $t_j^{(1)}$) der einzelnen Tätigkeiten,
- c) 4 Spielräume: Gesamter (S_{ges}), frei verfügbarer (S_f), unabhängiger Spielraum (S_u) und verteilte Pufferzeit.

Bezeichnungen: Projekt mit (n) Ereignissen,

Ereignis 1.....Start, Ereignis n.....Ziel.

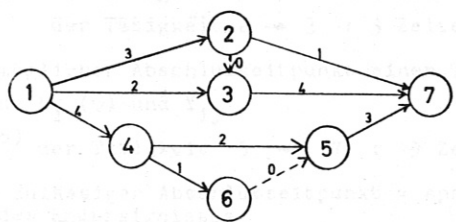
Dauer der Tätigkeit: (i,j).....Verbindung der Ereignisse i und j.

Tätigkeit (i, j) Zeitpunkt für das Eintreten der Ereignisse i und j: t_i und t_j $y_{i,j}$.

Berechnungsgang: Ereignistermine → Tätigkeitstermine → Spielraum

- 1. Hinrechnung: Ermittlung der frühestmöglichen Zeitpunkte für das Eintreten der Ereignisse, daraus frühestmögliche Beginn- und Abschlußzeitpunkte der Tätigkeiten,
- 2. Rückrechnung: Spätest zulässige Ereignistermine, daraus spätest zulässige Beginn- und Abschlußzeitpunkte der Tätigkeiten.
- 3. Berechnung der Spielräume.

Beispiel:



Zu 1. Berechnung der frühestmöglichen Ereignistermine:

Bezeichnung: Früheste Termine $t_i^{(0)}$, $t_j^{(0)}$

Späteste Termine $t_i^{(1)}$, $t_j^{(1)}$

Es gilt: Für das Startereignis $t_1^{(0)} = 0$

Für die nachfolgenden Ereignisse $t_j^{(0)} = \max(Y_{ij} + t_i)$

In Worten: Wenn mehrere Wege zu einem Ereignis führen, so stellt der zeitlich gesehen längste Weg den frühest möglichen Zeitpunkt dar, zu dem das Ereignis erreicht werden kann. (Größte Summe der y - Werte jedes Weges).

Hier: $t_1^{(0)} = 0$ (frühester Zeitpunkt)

$$t_2^{(0)} = t_1^{(0)} + y_{12} = 0 + 3 = 3$$

$$t_3^{(0)} = t_1^{(0)} + y_{13} = 0 + 2 = 2$$

$$t_7^{(0)} = 4 + 2 + 3 = 9 \text{ (Weg: 1-4-5-7)}$$

$$= 2 + 4 = 6 \text{ (Weg: 1-3-7)}$$

$$= 3 + 1 = 4 \text{ (Weg: 1-2-7)}$$

Gewählt wird der zeitlich längste Weg, also ist $t_7^{(0)} = 9$ usw.

Zu 2. Spätest zulässige Ereignistermine :

Das letzte Ereignis erhält als spätest zulässigen Termin den berechneten frühesten Endtermin zugeteilt. (Hier: 9 Zeiteinheiten) Man beginnt mit dem letzten Ereignis und arbeitet sich zum ersten zurück.

Es gilt: $t_i^{(1)} = \min(t_j^{(1)} - y_{ij})$ d.h.:

Wenn für ein Ereignis mehrere spätest zulässige Termine zur Auswahl stehen, so wird der zeitlich kürzeste Weg gewählt.

Hier: $t_7^{(1)} = 9$ (Spätester Zeitpunkt)
 $t_5^{(1)} = 9 - 3 = 6$
 $t_6^{(1)} = 9 - 3 - 0 = 6$
 $t_4^{(1)} = 5$ oder 4 (2 Wege), gewählt wird 4 . usw.

Tabelle:

Ereignis	Früh. Termin	Spät. Termin
1	0	0
2	3	5
3	3	5
4	4	4
5	6	6
6	5	6
7	9	9

Zu 1. u. 2. - Zusammenfassung

Früheste und späteste Beginn- und Abschlußtermine der Tätigkeiten

$t_1^{(0)}$ = Frühstmöglicher Beginnzeitpunkt einer Tätigkeit = möglicher Termin ihres Anfangsereignisses
 z.B. $t_1^{(0)}$ der Tätigkeit $5 \rightarrow 7$: 6 Zeiteinheiten
 der Tätigkeit $2 \rightarrow 3$: 3 Zeiteinheiten

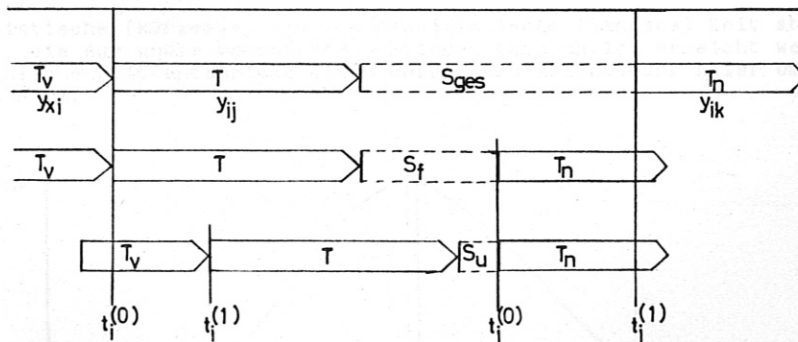
$t_j^{(0)}$ =Frühest möglicher Abschlußzeitpunkt einer Tätigkeit = Summe aus $t_1^{(0)}$ und Y_{1j}
z.B.: $t_j^{(0)}$ der Tätigkeit $5 \rightarrow 7$: 9 Zeiteinheiten

$t_j^{(1)}$ = Spätest zulässiger Abschlußzeitpunkt = spätest zulässiger Termin des Endereignisses

$t_1^{(1)}$ = Spätest zulässiger Beginnzeitpunkt = $t_j^{(1)} - y_{ij}$
 z.B. $t_1^{(1)}$ der Tätigkeit $5 \rightarrow 7$: $9 - 3 = 6$ Zeiteinheiten

Zu 3. Spielräume, kritischer Weg

1) Gesamter Spielraum S_{ges} gibt an, um wieviel eine Tätigkeit T vom frühest möglichen Beginnzeitpunkt aus verschoben bzw. maximal ausgedehnt werden kann, wenn die Nachfolgetätigkeit T spätestmöglich beginnt. Der Spielraum S_{ges} ist seiner Natur nach ein Spielraum eines ganzen Weges, daß also längs des Weges nur einmal verbraucht werden.



T = Tätigkeit, Dauer y_{ij}

T_v = Vorhergehende Tätigkeit, Dauer y_{xi}

T_n = Nachfolgende Tätigkeit, Dauer y_{ik}

- 2) Freier Spielraum (s_f) : Maß für die Verschiebbarkeit einer Tätigkeit, wenn alle anderen Tätigkeiten des gleichen Zweiges so früh wie möglich beginnen.
- 3) Unabhängiger Spielraum (S_u): Siehe Graphik!
- 4) Verteilte Pufferzeit: Diese Art des Spielraums wird in dem Programm TERM - 1 verwendet und stellt eine Zeit dar, die im Rahmen der Tätigkeit, der sie zugeteilt ist, zusätzlich zur Dauer verbraucht werden kann, ohne daß eine andere Tätigkeit davon bezüglich ihres frühesten ausgewiesenen Termins betroffen wird.

In erster Linie wird die verteilte Pufferzeit ermittelt durch die gleichmäßige Verteilung des gesamten Spielraumes S_{ges} eines Wegs auf alle Tätigkeiten längs dieses Weges. Falls es Wünschenswert erscheint, können Prioritäten auf Grund der Art der Tätigkeit oder / und ihrer Lage im Netzplan gesetzt werden.

5) Kritischer Weg:

Folge von Tätigkeiten, deren S_{ges} Null ist.
Hier: Weg 1-4-5-7

Tabelle:

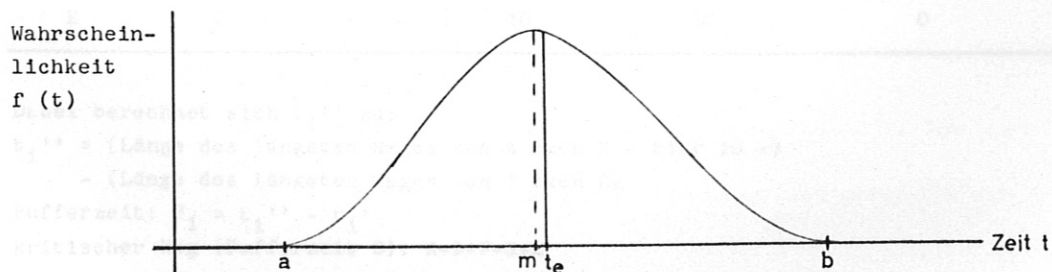
Tätigkeiten		Termine				Gesamte Spielräume	
1 → j	y_{ij}	$t_i^{(0)}$	$t_j^{(0)}$	$t_i^{(1)}$	$t_j^{(1)}$	$S_{ges} =$ $t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$	
1	2	3	0	3	2	5	2
1	3	2	0	2	3	5	3
1	4	4	0	4	0	4	0
2	3	0	3	3	5	5	2
2	7	1	3	4	8	9	5
3	7	4	3	7	5	9	2
4	5	2	4	6	4	6	0
4	6	1	4	5	5	6	1
5	7	3	6	9	6	9	0
6	5	0	5	5	6	6	1

4.3.1.2. PERT

3 Zeitschätzwerte:

- a) Optimistische Zeit a
- b) Wahrscheinliche Zeit m
- c) Pessimistische Zeit b

Die optimistische (kürzeste) und die pessimistische (längste) Zeit stellen Extremwerte dar, die nur unter besonderen Umständen tatsächlich erreicht werden. Die wahrscheinliche Zeit entspricht einer unter Berücksichtigung aller Umstände ermittelten Norm.



Zur Berechnung der erwarteten Zeit t_e für die Ausführung einer Tätigkeit legt man die obige "Betaverteilung" zu Grunde.

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

t_e stellt die 50 %ige Wahrscheinlichkeit der Verteilung dar, teilt also die Fläche unter der Kurve in 2 gleiche Teile.

Weitere Berechnungen:

- a) Standardabweichung $\sigma_{t_e} = \frac{b - a}{6}$ einer Tätigkeit,
- b) Varianz $(\sigma_{t_e})^2$ als Maß für die Unsicherheit von t_e für jede Tätigkeit.

Danach:

Berechnungsgang:

- a) Frühest mögliche Termine T_E für das Eintreten der Ereignisse,
- b) Spätest zulässige Termine T_L
- c) Schlupf der Ereignisse: $T_L - T_E$

Die Berechnung von T_L und T_E erfolgt in gleicher Weise wie bei CPM

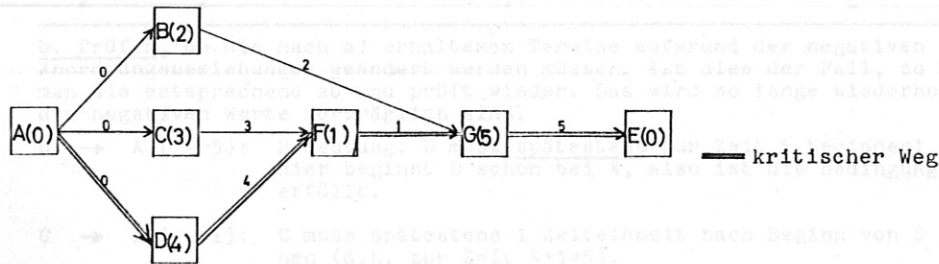
Kritischer Weg

Folge von Ereignissen, deren Schlupf gleich Null ist. Gibt man jedoch einen festen Endtermin vor, so wird der kritische Weg durch die Folge der Ereignisse mit kleinstem positiven bzw. größtem negativen Schlupf gekennzeichnet.

PERT gestattet die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, mit der das Gesamtziel erreicht wird. Die Vertrauenswürdigkeit dieser an sich wichtigen Aussage ist allerdings eine sehr umstrittene Frage.

4.3.1.3. MPM

Beispiel mit einfachen Zeitanordnungen



Berechnungen(wie bei CPM):

Frühestmögliche und spätest zulässige Beginn- und Abschlußtermine sowie Spielraum der Tätigkeiten.

Tabelle:

Tätigkeit	Dauer	Nachfolger	Früh.mögl. Beginn	Spät.mögl. Beginn	Pufferzeit
i	d_i	j	t_i'	t_i''	P_i
A	0	B,C,D	0	0	0
B	2	F	0	3	3
C	3	F	0	1	1
D	4	F	0	0	0
F	1	G	4	4	0
G	5	E	5	5	0
E	0	-	10	10	0

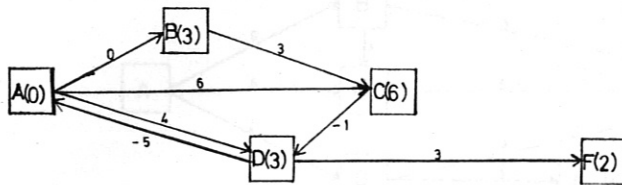
Dabei berechnet sich t_i'' zu:

$$t_i'' = (\text{Länge des längsten Weges von A nach E} - \text{hier } 10 -) - (\text{Länge des längsten Weges von } i \text{ nach E})$$

$$\text{Pufferzeit: } P_i = t_i'' - t_i'$$

kritischer Weg (Pufferzeit 0): A-D-F-G-E

Beispiel mit komplizierten Zeitanordnungen



A = Anfangspunkt

B (3) : Tätigkeit B mit 3 Zeiteinheiten

1. Hinrechnung

1.1 Frühestmögliche Beginnzeitpunkte

a) Netzplan ohne negative Anordnungsbeziehungen:

Tätigkeit i	Dauer d _i	Frühestmöglicher Beginn t ₁ '	
		ohne neg. Zeiten	korrig. Werte
B	3	0	0
C	6	6	6
D	3	4	5
F	2	7	8

b. Prüfen, ob die nach a) erhaltenen Termine aufgrund der negativen Anordnungsbeziehungen geändert werden müssen. Ist dies der Fall, so ändert man sie entsprechend ab und prüft wieder. Das wird so lange wiederholt bis die negativen Werte verträglich sind.

D → A (- 5): Bedeutung: D muss spätestens zur Zeit 5 beginnen! Hier beginnt D schon bei 4, also ist die Bedingung erfüllt.

C → D (- 1): C muss spätestens 1 Zeiteinheit nach Beginn von D beginnen (d.h. zur Zeit 4+1=5). Hier beginnt C jedoch zur Zeit 6, d.h. der früheste Beginn von D muß auf 5 vorverlegt werden. Dadurch ändert sich auch der Beginn von F auf 8 Zeiteinheiten!

Eine Prüfung zeigt, daß die negativen Zeitwerte jetzt verträglich sind. Bei großen Plänen können weitere Iterationen notwendig sein.

1.2. Frühestmögliche Abschlußzeitpunkte:

Sie werden aus t₁ durch Addition von d_i (Dauer) der betreffenden Tätigkeiten errechnet.

Tätigkeit	Frühestmögliche Abschlußzeitpunkte
B	0 + 3 = 3
C	6 + 6 = 12
D	5 + 3 = 8
F	8 + 2 = 10

2. Rückrechnung

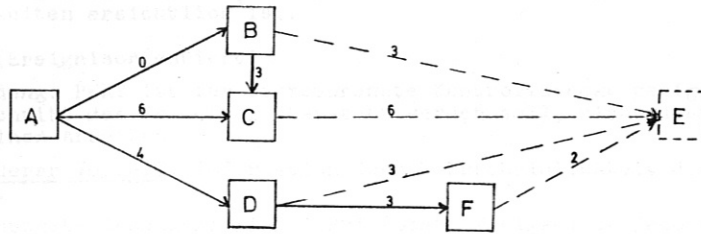
2.1 Spätest zulässige Beginnzeitpunkte

Ausgangspunkt: Frühestmöglicher Endtermin E = Maximum der frühestmöglichen Abschlußzeitpunkte (hier: 12 ZE)

a) Netzplan ohne negative Zeiten:

1) Es Einführen eines künstlichen Endpunktes E. Von jeder Tätigkeit aus ist eine Kante zu E zu ziehen mit positivem Zeitwert = der Dauer der entsprechenden Tätigkeit.

2) Berechnung wie bei CPM!



Tätigkeit	Spätest zulässiger Beginn	
	ohne neg. Zeiten	t_1 korrig. Werte
B	$12-6-3 = 3$	3
C	$12-6 = 6$	6
D	$12-3-2 = 7$	5
F	$12-2 = 10$	10

b) Prüfen, ob negative Zeiten Einfluß haben:

C → D : Bedeutung: C muss spätestens zur Zeit $7 + 1 = 8$ beginnen; der spätest zulässige Beginn von C ist aber schon nach 6 ZE (negative Zeit ohne Einfluß).

D → A : Bedeutung: D muß spätestens zur Zeit 5 beginnen; der berechnete Wert ist jedoch 7.

Abhilfe: Die Kante D → E wird von 3 auf $12-5=7$ Zeiteinheiten vergrößert. (→ korrigierter Wert)

2.2. Spätest zulässiger Abschluß: Sie werden aus den spätest zulässigen Beginnsterminen durch Addition der betreffenden Tätigkeiten errechnet.

Tätigkeit	Spätest zul. Abschluß	Pufferzeit $P_1 = t_1'' - t_1$
B	$3 + 3 = 6$	3
C	$6 + 6 = 12$	0
D	$5 + 3 = 8$	0
F	$10 + 2 = 12$	2

3. Pufferzeit P_1 :

$$P_1 = t_1'' - t_1$$

Siehe Tabelle oben!

4.4. Merkmale der 3 Methoden

4.4.1 CPM - Tätigkeitsorientiert

Anwendung: Geeignet für Projekte zur genauen Terminplanung und -überwachung;

Berücksichtigung von 2 Anordnungsbeziehungen der Tätigkeiten eines Projektes:

- a) Eine Tätigkeit kann erst nach einem bestimmten Termin beginnen,
- b) Eine Tätigkeit kann erst beginnen, wenn eine andere ganz oder teilweise abgeschlossen ist.

Nachteile:

- 1) Es sind Scheintätigkeiten notwendig,
- 2) Die zeitliche Überlappung der Tätigkeiten ist nur durch künstliche Unterteilung der betreffenden Tätigkeit zu berücksichtigen,
- 3) Eine Planänderung ist vielfach mit der Einführung von weiteren Scheintätigkeiten verbunden,
- 4) Anwendung auf Rechnerprogramme:

Die Eingabedaten für das Programm können erst nach dem Zeichnen des Netzplans

zusammengestellt werden, da erst dann die Notwendigkeit zum Einführen von Scheintätigkeiten ersichtlich ist.

4.4.2 PERT (Ereignisorientiert)

Anwendung: PERT ist für übergeordnete Kontrollzwecke geeignet, bei denen nur der Fortschritt des Projektes überwacht werden soll, nicht aber die Ausführung der einzelnen Arbeiten.

Besonderer Vorteil: Information über Wahrscheinlichkeit der Einhaltung von Terminen.

Anordnungsbeziehungen: Siehe CPM! (Statt Tätigkeiten jedoch Ereignisse!)

Nachteile: (Speziell gegenüber den tätigkeitsorientierten Verfahren CPM und MPM)

- 1) Beschreibung der Ereignisse, nicht der Tätigkeiten. Falls mehrere Tätigkeiten auf ein Ereignis zulaufen, müssen aus Gründen der Eindeutigkeit Scheintätigkeiten eingeführt werden, dadurch entsteht eine Verminderung der Übersichtlichkeit.
- 2) Es tritt ein Verlust an Information ein, da Termine und Spielräume nur für die Ereignisse berechnet werden, in einem Netzplan treten jedoch mehr Tätigkeiten als Ereignisse auf (Verhältnis 1,5 : 1).
- 3) Die Definition der Zeitschätzwerte, besonders des pessimistischen Wertes, ist schwierig.

4.4.3 MPM (Tätigkeitsorientiert)

Anwendung: siehe CPM!

Erfassung von mehr Anordnungsbeziehungen der Tätigkeiten als bei CPM und PERT:

- a) Eine Tätigkeit kann erst nach einem bestimmten Termin beginnen,
- b) Eine Tätigkeit kann erst beginnen, wenn eine andere ganz oder teilweise abgeschlossen ist.

zusätzlich:

- c) Eine Tätigkeit soll vor einem bestimmten Termin abgeschlossen sein.
- d) Eine Tätigkeit soll schon begonnen haben, bevor eine bestimmte Zeit nach dem Beginnen einer, anderen Tätigkeit verstrichen ist.
- e) Eine Tätigkeit soll zwischen zwei Zeitpunkten beginnen. Eine Tätigkeit soll zu genau einem Zeitpunkt beginnen bzw. enden.
- f) Tätigkeiten sollen in lückenloser Folge ausgeführt werden.
- g) Tätigkeiten sollen parallel ausgeführt werden.

Vorteile: (gegenüber PERT und CPM):

- 1) Es sind keine Scheintätigkeiten notwendig.
- 2) Die zeitliche Überlappung von Tätigkeiten ist einfach zu berücksichtigen.
- 3) Größere Flexibilität bei Änderungen und Korrekturen des Netzplans.
- 4) Anwendung für Rechnerprogramme: Die Berechnungen können schon vor dem Zeichnen des Netzplans durchgeführt werden, d.h. im Prinzip kann auf das Erstellen des Netzplans verzichtet werden.

Nachteile:

- 1) Praktische Handhabung ist schwieriger als bei CPM
- 2) Im allgemeinen ergeben sich mehr Kanten und Knoten im Netzplan als bei CPM.

4.5. Berücksichtigung von Kosten und Kapazitätsgesichtspunkten

Die reine Zeitanalyse ist in vielen Fällen nicht ausreichend, da eine Beschleunigung des Projektes zu einer starken Kostenerhöhung führen kann, so daß der Gesamtnutzen der schnelleren Abwicklung geringer ist als der der Erledigung in einer durchschnittlichen Zeit (Parameter: Kosten).

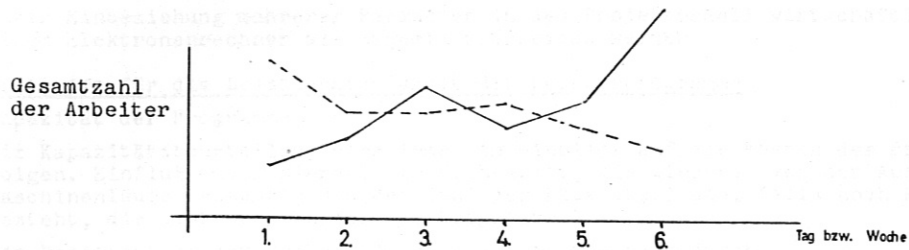
Weitere Beschränkungen der Anwendung der reinen Terminierungsverfahren sind z.B. zu geringes Arbeitskräftepotential oder zu geringe Anlagekapazitäten (Parameter: Kapazität.)

4.5.1. Kapazität: z.B. Arbeitskraftkapazität

Bei der Vorbereitung der Planungsunterlagen wird für jede Tätigkeit festgestellt, welches Arbeitspotential für jede mögliche Dauer der Tätigkeit benötigt wird. Dann ermittelt man die an den einzelnen Tagen benötigten Arbeitskräfte unter der Annahme, daß alle mit Schlupf behafteten Prozesse zum

- a) frühestmöglichen Termin
- b) spätestmöglichen Termin beginnen und gewinnt so

2 Arbeitsbedarfskurven:



Nunmehr wird versucht, eine geplättete Kurve zu erhalten, indem man den Beginn der mit Schlupf behafteten Teilprozesse zwischen dem frühest- und spätestmöglichen Beginnstermin verschiebt. Man erreicht eine weitgehende gleichmäßige Ausnutzung der Arbeitskraftkapazität.

Mit Hilfe einer Rechenanlage läßt sich eine optimale Verschiebung der Kapazitäten vornehmen, wenn z.B. für jede Arbeitskraft eine Personalspezifikation vorliegt. (Qualifikation, Kapazität und mögliches Einsatzgebiet des Mitarbeiters).

Wegen der Kompliziertheit des Problems ist eine Kapazitätsplanung auf der Maschine jedoch nur in einem gewissen Umfang durchführbar, da die Zahl der anfallenden Daten die Maschinenkapazität überschreiten kann.

4.5.2.

Kosten

Die Ermittlung der Abhängigkeit der Kostenhöhe von der Geschwindigkeit einer Tätigkeit ist oft nur mittels einer Zuschlagskalkulation zu beherrschen.

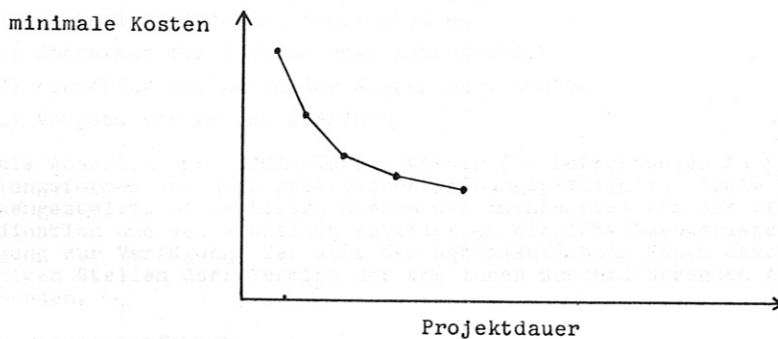
Im allgemeinen müssen Kostenverläufe angenommen werden. Man unterscheidet: Direkte Kosten (Arbeitslöhne, Material und Energieverbrauch)

Indirekte Kosten (Steuern u.s.w.)

Utility-Kosten (Entgangener Gewinn)

Im allgemeinen wird nur mit direkten Kosten gerechnet. Unter Zuhilfenahme der parametrischen Programmierung lassen sich mathematisch exakt minimale Projektkosten für verschiedene Projektdauern (als Parameter) ermitteln.

Diese Rechnung liefert Alternativplanungen für verschiedene Endtermine eines Projektes.



Prinzip:

1. Kostenminderungen für ein Projekt mit vorgegebener Dauer werden herbeigeführt, indem man die Schlupfprozesse (Wege mit Spielraum) verlangsamt und dem kritischen Weg annähert.
2. Verkürzungen der Projektdauer werden kostengünstig vorgenommen, indem Teilprozesse längs des kritischen Weges, der die Gesamtdauer des Projektes bestimmt, unter Inkaufnahme von Kostenerhöhungen beschleunigt werden. Zum Kostenausgleich können auch hier Schlupfprozesse verlangsamt werden.

5.

Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen, Terminierungsprogramme

5.1.

Allgemeines

Unter gewissen Voraussetzungen kann man Netze nicht mehr manuell berechnen: Man muß sich fragen, wie häufig derartige Berechnungen durchgeführt werden sollen, welche Ergebnisse (Listen und deren Sortierungen) gefordert werden und wie groß die zu bearbeitenden Netze sind.

Allgemein kann man annehmen, daß Netze von 100 bis 200 Tätigkeiten mit größerer Vermaschung, mit mehreren Listenauswertungen, bei wiederkehrender Berechnung und

unter Einbeziehung mehrerer Parameter in das Projektmodell wirtschaftlicher auf einem Elektronenrechner als manuell bearbeitet werden.

5.2. Kriterien für die Leistungsfähigkeit der Rechnerprogramme

5.2.1. Kapazität der Programme.

Die Kapazitätsbeurteilung wird immer im Hinblick auf die Kosten des Programmes erfolgen. Einfluß haben hierbei die Rechenzeit, die wiederum von der Anzahl der Maschinenläufe (abhängig von der Zahl der Parameter) und, falls noch kein Programm besteht, die Gesteungskosten des Programmes.

Die Beschränkung der Rechenzeit kann erreicht werden durch

- a) maximal zulässige Zahl von Knoten und Kanten,
- b) Strukturbedingte Beschränkungen:
Maximale Zahl der von einem Knoten ausgehenden bzw. hinführenden Kanten, Maximal zulässige Zahl von Anfangs- und Endknoten des Netzplanes (bei den meisten Programmen auf jeweils 1 Anfangs- bzw. Endknoten beschränkt)
- c) Beschränkung der Maschinenläufe durch Auswahl der benötigten Sortiervorgänge etc.

5.2.2. Art der Knotennummerierung

- a) Lückenlose Nummerierung in auf- oder absteigender Reihenfolge. Im allgemeinen ist sie unerwünscht, da bei jeder Änderung der Knotenzahl eine neue Nummerierung erforderlich ist.
- b) Willkürliche Nummerierung der Knoten. Die beliebige Reihenfolge der Nummernvergabe schließt den Fehler der doppelten Nummerierung ein. Bei dieser Nummerierung können die Zahlen in verschlüsselter Form Art der Arbeit, Bearbeiter, Zahl der Arbeitskräfte usw. enthalten. Bei manchen Programmen ist die Nummerierung alphanumerisch.

5.2.3. Fehlersuche, Fehlermeldung.

Der Grundgedanke bei der Fehlersuche ist ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das einerseits eine vollständige Wiedergabe der Eingabedaten bietet, wie sie die Maschine "verstanden" hat, andererseits eine vollständige Fehlersuche in einem Rechenlauf ermöglicht.

Jeder Fehler rein technischer Art muß einerseits als solcher erkannt, registriert und gemeldet werden, er darf andererseits nicht in der Lage sein, den Ablauf der weiteren Fehlersuche zu verhindern.

5.2.4. Nachträgliche Änderungsmöglichkeiten

- a) Korrektur der Knoten- bzw. Kantenzahl
- b) Korrektur der Daten der Knoten bzw. Kanten
- c) Vorgabe von festen Terminen

5.2.5. Als Abschluß der Terminplanung werden die Berechnungen in verschiedenen Darstellungsformen und nach praktischen Ordnungsprinzipien für die Terminkontrolle zusammengestellt. Diese Listen stehen den Sachbearbeitern der zentralen Auftragskoordination und den einzelnen Abteilungen als Arbeitsunterlagen zur Terminverfolgung zur Verfügung. Der Wert der Netzplantechnik hängt davon ab, wie die zuständigen Stellen über Termine der von ihnen durchzuführenden Arbeiten informiert werden.

5.2.5.1. Darstellungsformen.

- a) Terminlisten
- b) Balkendiagramme
- c) zeitproportionale Netzpläne

5.2.5.2. Sortierung nach verschiedenen Ordnungsprinzipien

- a) Sortierung nach aufsteigenden Vorgängern
- b) " " spätestmöglichen Beginnsterminen, d.h. die Zusammenfassung der Tätigkeiten, die unbedingt beginnen müssen, damit der Endtermin nicht gefährdet wird.
- c) Terminvorschau: Sortiert nach spätesten Endterminen, die in dem durch einen Stichtag begrenzten Zeitraum auftreten. Jeder Sachbearbeiter bekommt seine z.Zt. wichtigsten Termine.
- d) Sortierung in aufsteigender Reihenfolge der totalen Pufferzeiten. Der kritische Weg steht an der Spitze der Liste.
- e) Sortierung nach verteilter Pufferzeiten, die im Rahmen einer Tätigkeit tatsächlich verbraucht werden darf, ohne die Termine anderer Tätigkeiten zu gefährden.

5.2.5.3. Weitere Ausgabemöglichkeiten

Zeit-Kostendiagramme, Zeitkapazitätsdiagramme, Finanzvorschau, Kostenaussagen
Unter Zeit ist hier die variable Projektdauer zu verstehen.

5.3. Weitere Arbeiten, die die Rechenanlage übernehmen kann.

Zusätzlich zur Terminvorschau könnte jeder Sachbearbeiter Terminerledigungskarten erhalten. Ein Duplikat dieser Karten wird im Rechenzentrum gespeichert. Der Sachbearbeiter ist angehalten, nach Erledigung eines Termines die Karte an die Rechenanlage zu schicken, wobei er seinen Beginntag, das Beendigungsdatum der Arbeit und die Zahl der wirklichen benötigten Arbeitstage einzutragen hat.

Die Rechenanlage führt in regelmäßigen Zeitabständen Terminerledigungskontrollen durch, indem die eingegangenen Terminerledigungskarten mit den gespeicherten Daten verglichen werden. Fehlende Daten werden bis zu einem bestimmten Stichtag in einer Terminmahnliste ausgedruckt. Gleichzeitig werden die Daten über die Dauer der einzelnen Tätigkeiten für spätere Projekte statistisch ausgewertet.

6. Schlußbemerkung

Die vorstehenden Ausführungen können nur einen allgemeinen Überblick über die Grundlagen und Prinzipien der Netzplantechnik vermitteln. Neben den drei genannten Verfahren PERT, CPM und MPM existieren noch sehr viele Modifikationen, die auf dem gleichen Prinzip beruhen, jedoch für ganz bestimmte Projekt-Typen zugeschnitten sind.

LITERATURANGABEN

- Algan, M. Reihenfolgeprobleme und Graphentheorie
Sonderdruck aus Band 8, 1964, Heft 2
Physica-Verlag, Würzburg
- Bernicke, H. Die Planung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben
einschl. der zur Überleitung in die Fertigung notwendigen
Mechanisierungs- und Automatisierungsmaßnahmen
mit Hilfe der Methode des kritischen Weges
Teil 1 und 2, Nachrichtentechnik Berlin
- Divo-Institut Die Metra-Poential-Methode
Sonderheft 1, September 1966
- Federal-Electric Corporation Programmierte Einführung in PERT
R. Oldenbourg Verlag, München, 1966
- Gmelin, W. Das Programmsystem TERM - 1
Kernforschungszentrale Karlsruhe, August 1966
- Gross, F. Kriterien für die Beurteilung von Terminierungs-
verfahren
IBM - Fachbibliothek Nr. 81 525, 7, 66
- Henning, D. PERT im Industriebau
TBM - Fachbibliothek Nr. 81526, 1, 67
- Hildebrand, W. Ein Bericht über Netzwerkplanungsmethoden
Studiengruppe für angewandte Radio- u. Strahlen-
chemie, Heidelberg, Febr. 1963
- Kern, N. Programme für die Netzberechnung auf Rechenautomaten
Mitteilungen Ausschluß für wirtschaftliche Fertigung,
Heft 11, 40. Jahrgang, Nov. 1965
- Remington Rand Univac Planung mit PERT und CPM
Mitteilung Nr. 2330231,64,
Frankfurt/Main, 1964
- Wagen, Gr. PERT und CMP
Sonderdruck aus "Die Lochkarte",
Heft 191, 27 J.
- Wille,
Gewald
Weber Netzplantechnik
Band I: Zeitplanung
R. Oldenbourg, München, 1966

Zur Terminologie der besprochenen Netzplantechniken:

Aus mehreren Veröffentlichungen wurden nachstehende Ausdrücke als die gebräuchlichsten entnommen:

CPM	PERT	MPM
Netzplan	Netzplan	Netzplan
Ereignis	Ereignis	Ereignis
Tätigkeit	Aktivität, Tätigkeit	Tätigkeit
Dauer	Dauer	Dauer
frühester (spätester) Termin	frühester (spätester) Termin	frühester (spätester) Beginn
kritischer Weg	kritischer Weg	kritischer Weg
Spielraum	Schlupf	Pufferzeit
Universalmindestlösung	Universalmindestlösung	Minimallösung
Universalhöchstlösung	Universalhöchstlösung	Maximallösung
Schleifen	Schleifen	Zyklen
		Aerostat Aeronautical US Air Force Dewitt, Hawilton, Hall, Douglas Air Electrologi- H. H. Nor- Phillips, RCA, Remington Rand, Siemens, Systems Dev. Corp., Telefunken
		Pendix, Hall, Burroughs, General Precision, Honey- well, IBM, NCR, North American Aviation, Reming- ton Rand, Univ
		US Army
		IBM
		IBM
		IBM
		US Air Force
		IBM/US Fluoroindustrie
		NAV Systems Management Services
		Siemens
		IBM/Western Electric Corp.
		US Air Force
		Remington Rand
		Sylvania Electronic Corp.
		Burroughs

(Kosten
(Kontrolle)
u. Zeit

A u s z u g
 Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung 60(1965)
 Heft 11 Nov.

Netzplantechnik-Maschinenprogramme nach Parametern der Modelle, Elektronenrechnern und Urhebern

Parameter	Kurzbezeichnung	Erläuterung zur Bezeichnung	Urheber	
Zeit	PERT (TIME)	Program Evaluation (and) Review Technique	Aerojet Aeronautical Syst.Div., US Air Force Syst.Com., Bendix, Booz-Allen Hamilton, Bull, Burroughs, Douglas Aircraft/CEIR, Electrologica. ICT, NCR, NWL, Nortronics, Philco, RCA, Remington Rand, Siemens, Systems Dev.Corp., Telefunken	
	CPM	Critical Path Method	Bendix, Bull, Burroughs, General Precision, Honeywell, IBM, NCR, North American Aviation, Remington Rand, Zuse	
	COMET	Computer Operated Management Evaluation Technique	IBM/US Army	
	LESS	Least Cost Estimating and Scheduling	IBM	
	MISS LESS	Management Information Scheduling - a Segment of Less	IBM	
	PACT	Project Analysis and Control Technique	IBM	
	PEP	Program Evaluation Procedure	US Air Force	
	TOPS	The Operational PERT System	IBM/US Flugzeugindustrie	
	TRACE	Task Reporting and Current Evaluation	LTV Systems Management Services	
	SINETIK	Siemens Netzplantechnik	Siemens	
	ZPA	Zeus Program Analysis	IBM/Western Electric Corp.	
	Kosten (Kontrolle) u. Zeit	CPA	Cost Planning and Appraisal	US Air Force
		CPM	Critical Path Method	Remington Rand
ICON		Integrated Management Control	Sylvania Electronic Corp.	
PAR		Project Audit Report	Burroughs	

Parameter	Kurzbezeichnung	Erläuterung zur Bezeichnung	Urheber	
Kosten (Kontrolle) z. Zeit	SPECTROL	Scheduling, Planning, Evaluation, Cost, Control (Vorgänger von SCANS)	Syst.Dev.Corp.	
Zeit-Kosten Optimierung	CPM (Cost)	Critical Path Method	General Electric, Remington Rand	
	CPPM	Critical Path Programming Method	IBM	
	PECOS	Project Evaluation and Cost Optimisation System	IBM	
	PROMOCOM	Project Monitor and Control Method (vgl. 35)	GE	
	LESS		Least Cost Estimating and Scheduling	IBM
			Project Cost Curves Computation	IBM
			The Fulkerson Algorithm for Optimal Cost Curves	IBM
		A FORTRAN Program to Implement the Critical Path Programming Method	IBM	
Arbeitskräfte-rechnung und Zeitrechnung	CPA	Critical Path Analysis	IBM	
	CPM 7 E	Critical Path Method	Zuse (Wien)	
	CP + RSC	Critical Path and Resource Summary Calculation	Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant	
	CPS	Critical Path Scheduling	Atomic Energy Com.	
	IMPACT	Integrated Managerial Programming Analysis Control Technique	US Air Force	
	PERT	Program Evaluation (and) Review Technique	Electrologica, IBM	
	RSP	Resource Summary Program	IBM	
Arbeitskräfte-rechnung mit Zeit- und Kostenbe-rechnung (Kontrolle)	PERT Cost (II)	Program Evaluation (and) Review Technique with Cost	IBM, Nortronics	
	PREDICT	PERT Resource Expenditure Determination Program of ICT Ltd. (vgl. 34)	ICT	
		Hughes PERT Management Information System	Hughes Aircraft Comp.	
Glättung der Arbeitskräfte Auslastungskurve mit Zeichrechnung	(MS)2	Man Power Requirements Smoothing for Critical Path Projects	IBM	
		Multiship, Multishop, Workload-Smoothing Program (Vgl.35)	Bendix, Bureau of Ships, US Navy	

Parameter	Kurzbezeichnung	Erläuterung zur Bezeichnung	Urheber	
Kapazitäts- zuteilung bei variabler Projektdauer (Ein Projekt)	CP, M, RS	Critical Path, Manpower, and Resources Scheduling	IBM	
	CP + MS	Critical Path and Man Scheduling	IBM	
	CPS + RL	Critical Path Scheduling with Resource Leveling	Union Carbide Nuclear Comp.	
	MS	Man Scheduling	IBM	
	PREDICT	PERT Resource Expenditure Deter- mination Program of ICT Ltd.	ICZ	
	SCANS	Scheduling and Control by Automa- ted Network Systems	Syst.Dev.Corp	
	8000 CP + MS		8000 (Aktivitäten) Critical Path and Man Scheduling	IBM/Richfield Oil Corp.
			Burroughs B 220 - Program	Burroughs/GE
			The Project Planning System	IBM
	Kapazitäts- zuteilung bei variabler Projektdauer (Mehrere Projekte)	MS ²	Multiship, Multishop, Work- load-Smoothing Program	Bendix, Bureau of Ships, US Navy
RAMPS		Resource Allocation and Multi- project Scheduling	DuPont/CEIR	