

ZUSE-Operations Research

# Terminplanung mit C.P.M.

(Critical Path Method)

**ZUSE KG**

Datenverarbeitungsanlagen





# **Terminplanung mit C. P. M.**

**(Critical Path Method)**

**O.R.-Gruppe der ZUSE Ges. m. b. H. Wien**

**Dipl. Ing. Wolfgang Steyrleithner**

**ZUSE KG · Bad Hersfeld**

**ZUSE Ges. m. b. H. Wien**



## Inhaltsverzeichnis

=====

	Seite
1. Einleitung	1
2. Ursprung	2
3. Allgemeine Gesichtspunkte	2
4. Der Netzplan	4
4.1 Ereignisse	5
4.2 Tätigkeiten	5
5. Aufstellen eines Netzes	6
6. Angaben um ein Netzwerk für die Verarbeitung auf der ZUSE Z23 eindeutig zu bestimmen	15
7. Ablauf und Verfahren der Terminerrechnung	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Erläuterung an einem Beispiel	17
7.3 frühestmöglicher Beginnzeitpunkt	22
7.4 fürhestmöglicher Endzeitpunkt	23
7.5 spätestmöglicher Endzeitpunkt	24
7.6 spätestmöglicher Beginnzeitpunkt	25
7.7 Durchrechnung eines Beispiels nach den abgeleiteten Formeln	25
8. Pufferzeiten und kritischer Weg	27
8.1 Allgemeines	27
8.2 Erläuterung an einem Beispiel	29
8.3 totale Pufferzeit	36
8.4 freie Pufferzeit	37
8.5 bedingt verfügbare Pufferzeit	39
8.6 unabhängige Pufferzeit	40
9. Durchrechnung des Projektes "Straßenbrücke" an der ZUSE Z 23	42
10. Arbeitskräftebedarf	44
11. Projektüberwachung	45



## 1. Einleitung

Investitionsvorhaben nehmen heute immer größeren Umfang an. Zudem müssen diese Projekte möglichst rasch und termingerecht fertiggestellt werden, um einen wirtschaftlichen Einsatz der Investitionsgüter zu ermöglichen.

Um diesen Forderungen gerecht zu werden, genügten die konventionellen Planungsmethoden nicht mehr; daher wurden neue Wege beschritten, in deren Verlauf die sogenannte "Netzplantechnik" entwickelt wurde.

In den USA erlangten in den letzten Jahren zwei Verfahren, die die oben angeführten Forderungen bis zu einem gewissen Grad erfüllen, besonderes Interesse:

- die Critical Path Method (CPM) und
- Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Aufgabe der folgenden Ausführungen soll es sein, einen Überblick über das zuerst angeführte Verfahren (die CP-Methode) zu geben.

## 2. Ursprung der Methode

Im Jahre 1956 erhielt die Integrated Engineering Control Group der E.I. du Pont de Nemours & Co., Inc. die Aufgabe, ein Planungssystem zu entwickeln, das einerseits auf die spezifischen Gegebenheiten der chemischen Industrie abgestimmt ist und andererseits auch zeitlich optimale Einplanungen von Revisions- und Unterhaltsarbeiten ermöglicht. Nach intensiven Forschungsarbeiten und mit Hilfe einer leistungsfähigen EDVA lag 1957 ein Vorschlag für eine

"Netzwerk - Zeitplanung"

vor. Ein wesentlicher Gesichtspunkt in dieser Arbeit lag darin, daß zwischen Arbeitsablaufplanung und Zeitplanung eine scharfe Trennung vorgenommen wurde.

Dieses Verfahren wurde zunächst

"Project Planing and Scheduling-System"

genannt und erst später setzte sich die Bezeichnung

"Critical Path Method"

durch. Durch die Anwendung der CP-Methode ließen sich von Anfang an gute Erfolge erzielen, was auch der Grund für die rasche Verbreitung dieses neuen Verfahrens zur Terminplanung war.

## 3. Allgemeine Gesichtspunkte

Die hier beschriebene Methode ist ein Hilfsmittel zur

Planung ,

Steuerung und

Überwachung

von Projektabläufen.



Wie schon erwähnt wurde, basiert das Verfahren auf einer strengen Trennung zwischen Ablaufplanung und Zeitplanung.

Grundlagen für die CP-Methode sind daher einerseits ein sogenannter

" Netzplan ",

der den Ablauf widerspiegelt, und andererseits Zeitschätzungen.

Infolge der Systematik ergeben sich für die CP-Methode eine Reihe von Vorzügen:

- a) zur Erstellung des Netzplanes ist es erforderlich, sich genauestens mit den organisatorischen und technologischen Zusammenhängen des auszuführenden Projektes zu beschäftigen. Schon aufgrund dieser Studie können sich interessante Vereinfachungen ergeben.
- b) Durch Änderung einiger markanter Größen kann man auf schnelle und übersichtliche Art alternative Terminpläne erstellen.
- c) Kritische Stellen bezüglich der Termineinhaltung werden klar ausgewiesen, daher können auch zeitgerecht die entsprechenden Maßnahmen getroffen werden.
- d) Die Kontrolle wird vereinfacht, weil die Beginn- und Endzeiten für alle Aktivitäten genau vorgegeben sind.

- e) Tageterminpläne für jede Abteilung oder Arbeitsgruppe lassen sich bei Einsatz einer EDVA schnell und ohne großen Zeitaufwand ermitteln.
- f) Korrekturen sind leicht zu berücksichtigen, und die Durchrechnung des Netzplanes darnach weist sofort alle Folgen von nichteingehaltenen Terminen aus.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Terminplanung mittels der Netzplantechnik sind, daß

- a) die Ziele klar formuliert sind und
- b) die Wege, die laut Netzplan zum Ziel führen sollen, auch in der angegebenen Form und Reihenfolge durchführbar sind.

Erwähnt sei aber auch, daß die Netzplantechnik sicher kein Allheilmittel für das komplexe Aufgabengebiet, wie die Terminplanung eines darstellt, ist. Sie kann jedoch für komplizierte Projekte und Aufträge die vorhandenen Hilfsmittel einzelner Betriebsstellen (z.B. Planungstafeln, Durchlaufpläne, Karteien, Listen, etc.) ersetzen und in einem umfassenden grafischen Programmplan, der die wirkungsvolle Verfolgung und Steuerung des Projektablaufes erlaubt, integrieren.

#### 4. Der Netzplan

Wie schon aus den obigen Ausführungen hervorgeht, bedient sich die CP-Methode des Netzplanes, der die Zusammenhänge einzelner Phasen einer Projektausführung beschreibt.

## Netzwerke

stellen dabei Ablaufdiagramme dar, die alle erforderlichen Einzelvorgänge, die zur Projektvollendung führen, in ihrer logischen bzw. technologischen Folge festhalten und in ihrer zeitlichen Beziehung zueinander im Rahmen des Gesamtprojektes einordnen.

Aus diesen Forderungen ergeben sich folgende Netzwerkelemente:

- 4.1 Ereignisse (in der Literatur auch mit "event" bezeichnet) kennzeichnen im Terminplan den Abschluß einer Tätigkeit und den Zeitpunkt, zu dem eine neue Tätigkeit beginnen kann. Ereignisse haben keine zeitliche Ausdehnung; sie stellen Zeitpunkte dar und werden im Netzplan als Knoten dargestellt.
  
- 4.2 Tätigkeiten (Aktivitäten, jobs) Aktivitäten ergeben sich als Verbindung zweier Ereignisse; sie sind also zeitbeanspruchende Netzwerkelemente; welche Ereignisse jeweils verbunden werden ergibt sich durch die schon oben erwähnte Ablaufplanung des Projektes. Als zeitliche Differenz zweier zu einer Aktivität gehörender Ereignisse tritt mindestens die Dauer der betroffenen Aktivität auf. Darstellungsform der Tätigkeiten im Netzwerk sind gerichtete Strecken (gerichtet deshalb, weil die Folge der Arbeitsgänge, die zur Projektvollendung führen, nur in einer Richtung durchlaufen werden kann). Jede im Netzwerk enthaltene Strecke bedeutet einen zur Erreichung des Gesamtzieles erforderlichen Vorgang.

Grundsätzlich bedürfen Aktivitäten zu ihrer Durchführung einer bestimmten Zeitspanne größer als Null. Wie im Kapitel Netzplanerstellung noch gezeigt wird, gibt es auch Aktivitäten, die der Zeitspanne Null zu ihrer Erfüllung bedürfen. Diese werden als Hilfsmittel verwendet, um Nebenbedingungen darzustellen, die sich auf Grund der Darstellung des Projektablaufes durch "jobs" im Netzwerk nicht von selbst ergeben. Aktivitäten mit der Dauer von 0 Zeiteinheiten werden als Scheinaktivitäten (dummies) bezeichnet. Als graphische Darstellungsform entspricht ihnen eine strichlierte gerichtete Strecke.

#### 5. Aufstellung eines Netzplanes

Ist der Ablauf der Projektausführung einmal festgesetzt, so kann man darangehen, den Netzplan aufzustellen. Vielfach wird empfohlen, dabei vom Projektende auszugehen und für jede schon festgehaltene Aktivität jene anzufügen, welche unmittelbar zuvor beziehungsweise gleichzeitig erfolgen. Netzpläne zur Terminplanung werden im Stadium der Grobplanung meistens nicht oder nur ungefähr über einer Zeitachse aufgetragen, daraus ergibt sich auch, daß die Länge der Aktivitätspfeile unabhängig von der zugehörigen Aktivitätsdauer gezeichnet werden kann. Die Gestalt des Netzes ist daher auch nicht festvorgegeben, vielmehr aber ergibt sich die Vermaschung eindeutig aus dem Arbeitsablauf.

Einige Grundregeln bei der Netzaufstellung sind noch zu beachten, denn nur ein von vorneherein einwandfrei aufgestelltes Netz kann eine erfolgreiche und rationelle Anwendung ermöglichen.

Im Netz dürfen keine Schleifen enthalten sein. Sollten Wiederholungen von Arbeitsgängen vorkommen, so sind sie entweder hintereinander auszuführen oder als eine einzige Aktivität einzusetzen.

Daraus ergibt sich auch, daß die Aktivitäten im Zeitsinn des Netzes orientiert sein müssen.

Jede Aktivität beginnt und endet mit einem Ereignis und zwei Ereignisse dürfen nur durch eine Aktivität verbunden sein (um diese Forderung erfüllen zu können, werden die schon oben erwähnten Scheinaktivitäten in das System eingeführt).

Alle Teilabläufe in der Arbeitsfolge müssen - um eine umfassende Terminplanung zu ermöglichen - in einem zusammenhängenden Netz festgehalten sein.

Einige grundlegende Gedanken zur Netzdarstellungsform seien noch angeführt:

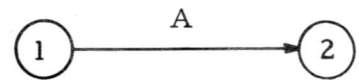
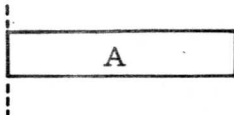
Ein Netzplan kann aktivitäts- oder ereignisorientiert sein. Still-schweigend wurde den bisherigen Ausführungen ein aktivitäts-orientiertes Netz zugrundegelegt. In diesem sind die Tätigkeiten als Verbindungslinien von Ereignissen dargestellt. Im ereignis-orientierten Netz werden nur Ereignisse und deren Beziehungen zueinander wiedergegeben. Die erstgenannte Darstellungsform hat sich beim Großteil der Benutzer durchgesetzt und sei daher auch Grundlage der noch folgenden Ausführungen.

Einige Beispiele zur Vorgangsweise bei der Erstellung des Netzwerkes:

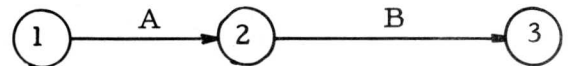
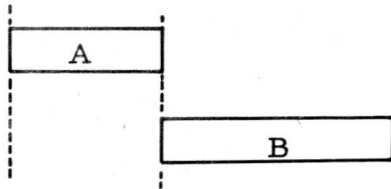
Darstellung im Balkendiagramm:

im Netzwerk:

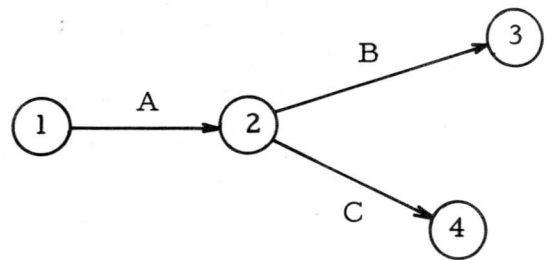
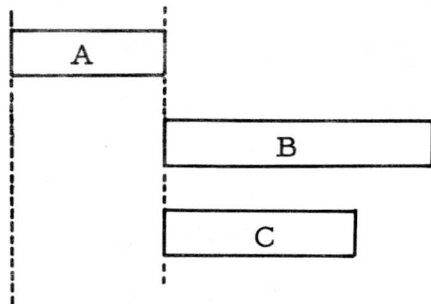
a) Eine Aktivität A



b) Mit der Aktivität B kann frühestens nach Vollendung der Tätigkeit A begonnen werden.



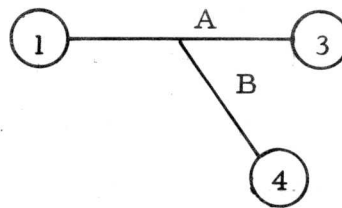
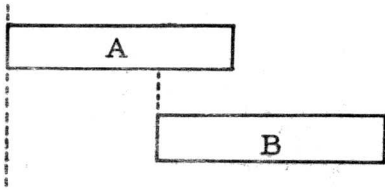
c) Mit den Aktivitäten B und C kann frühestens nach Vollendung der Tätigkeit A begonnen werden.



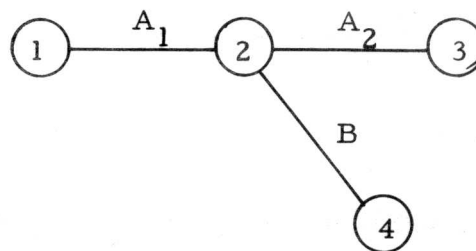
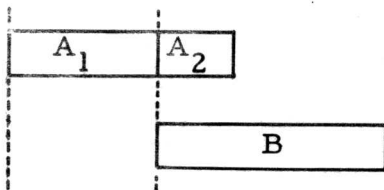
d) Die Tätigkeit B beginnt während des Ablaufes von A.

Zur genauen Darstellung ist A in zwei Teile zu spalten, deren Trennungzeitpunkt das Anfangsereignis von B darstellt.

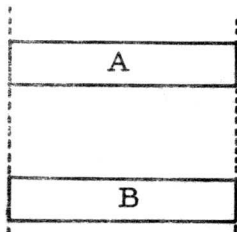
falsche Darstellung im Netzplan



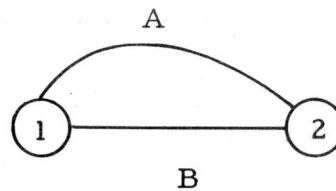
richtige Darstellung im Netzplan



- e) Die Tätigkeiten A und B haben zeitlich dasselbe Anfangs- und Endereignis

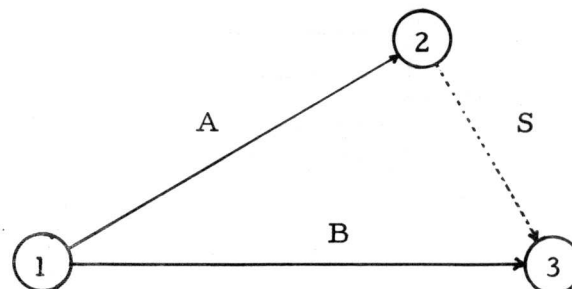


falsche Darstellung:

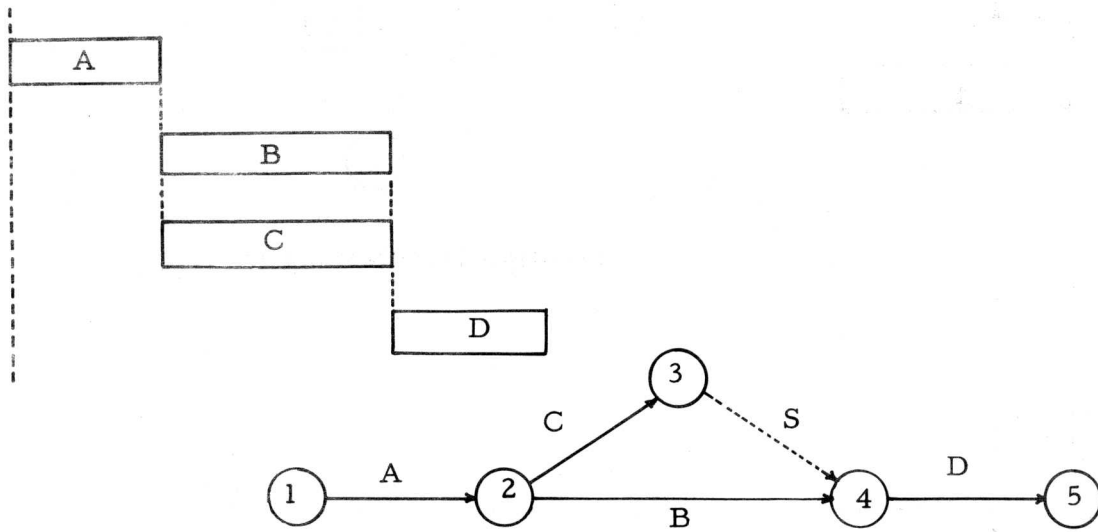


(zwei Knoten dürfen nur durch eine Aktivität verbunden werden).

Die richtige Darstellungsform ergibt sich, wie schon erwähnt, durch Einführung einer Scheinaktivität (S):

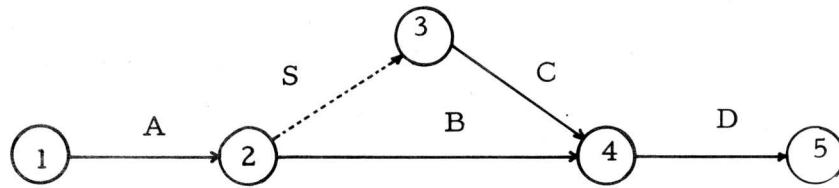


- f) Zwei Aktivitäten, B und C, laufen zur selben Zeit ab und beginnen nach Vollendung von A; die Tätigkeit D folgt nach Vollendung von B und C.

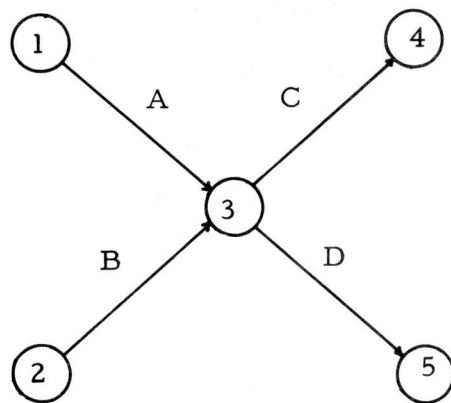
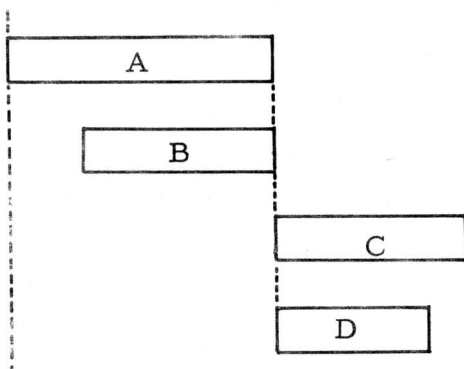


S = Scheinaktivität (Dauer = 0)

eine mögliche Variante zu der oben gewählten Darstellungsform:  
man setzt die Scheinaktivität S vor die Aktivität C:

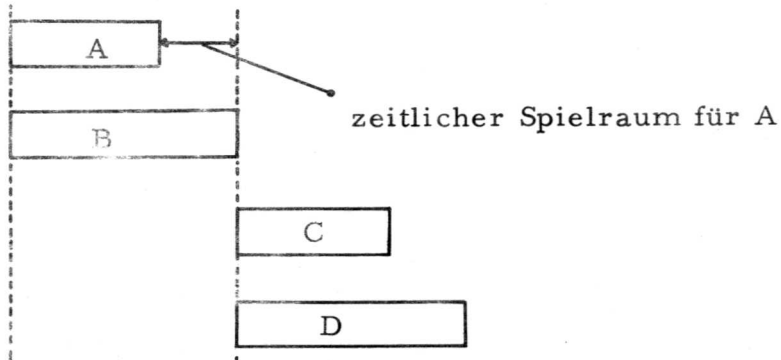
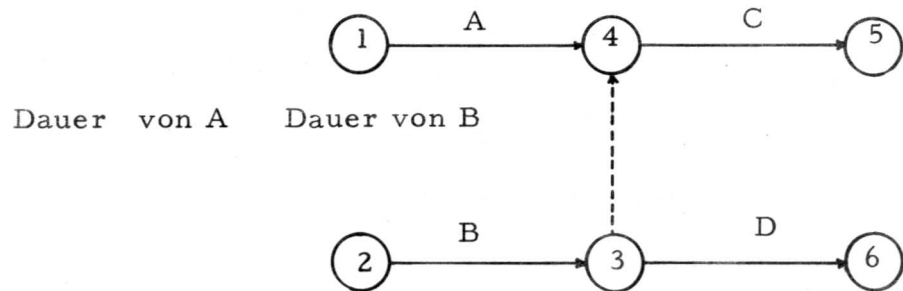
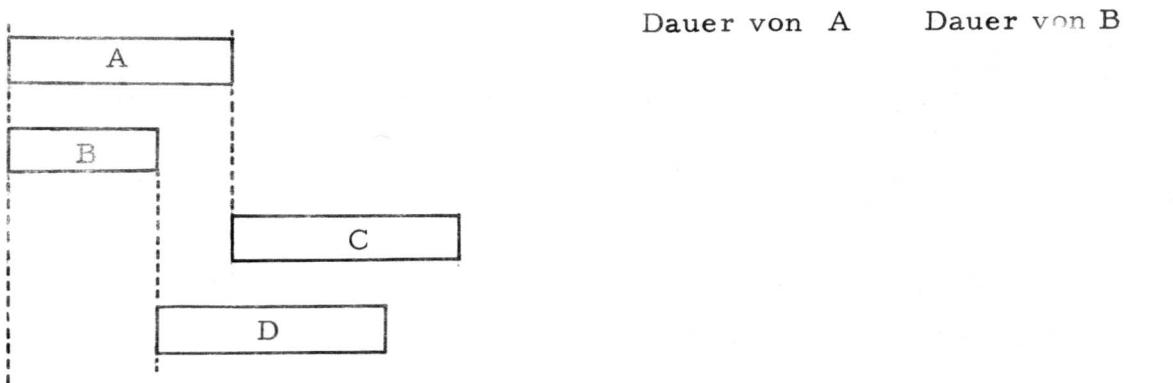


g) Die Tätigkeiten C und D beginnen erst nach Abschluß von A und B

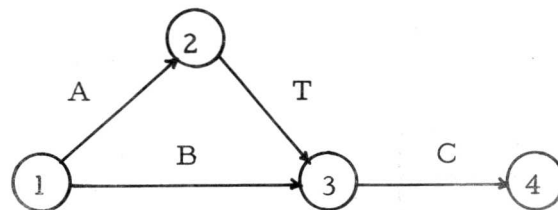
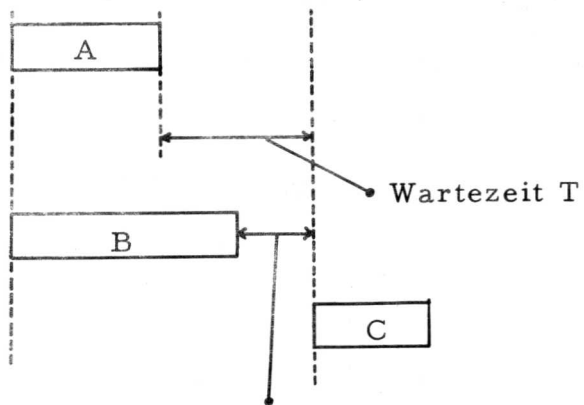




- h) Die Aktivität C kann erst nach vollendeter Ausführung der Tätigkeiten A und B beginnen, während der Anfangszeitpunkt der Aktivität D nur vom Endzeitpunkt der Aktivität B abhängt:



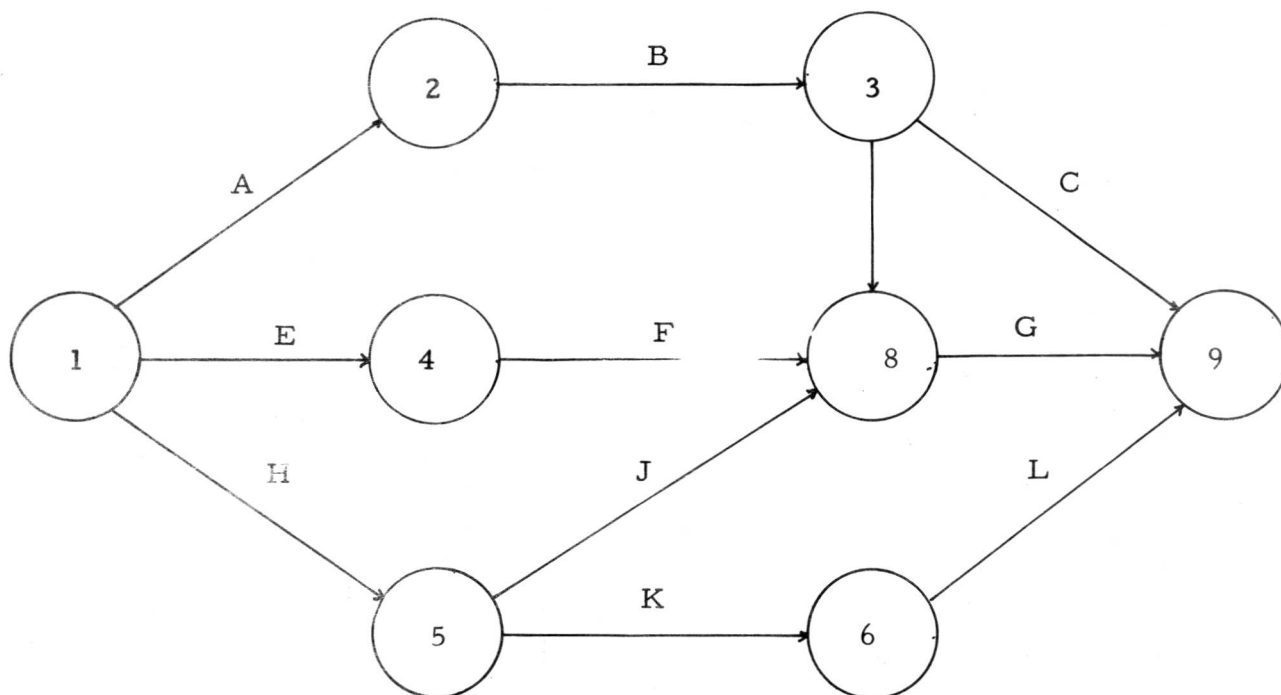
- i) Nach Vollendung des Arbeitsganges A ist eine Wartezeit T einzuschieben; B beginnt zugleich mit A und C kann erst nach Ausführung von B und der Wartezeit T beginnen:



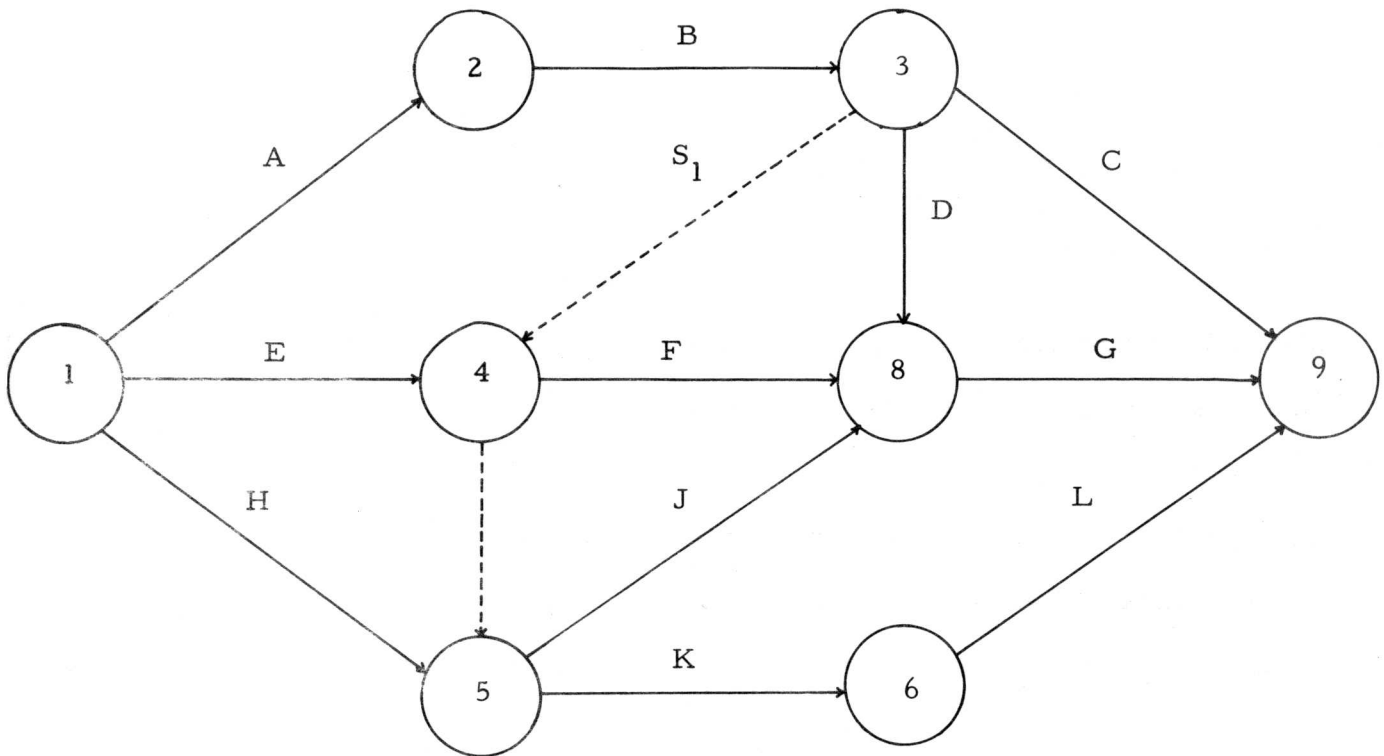
zeitlicher Spielraum für B  
zufolge der Wartezeit T

- k) Bei der Verknüpfung einzelner Tätigkeitsfolgen im Netzwerk mittels Scheintätigkeiten ist besonders auf die entstehenden Abhängigkeiten zu achten!

Ein Netzwerk habe folgenden Ablauf:



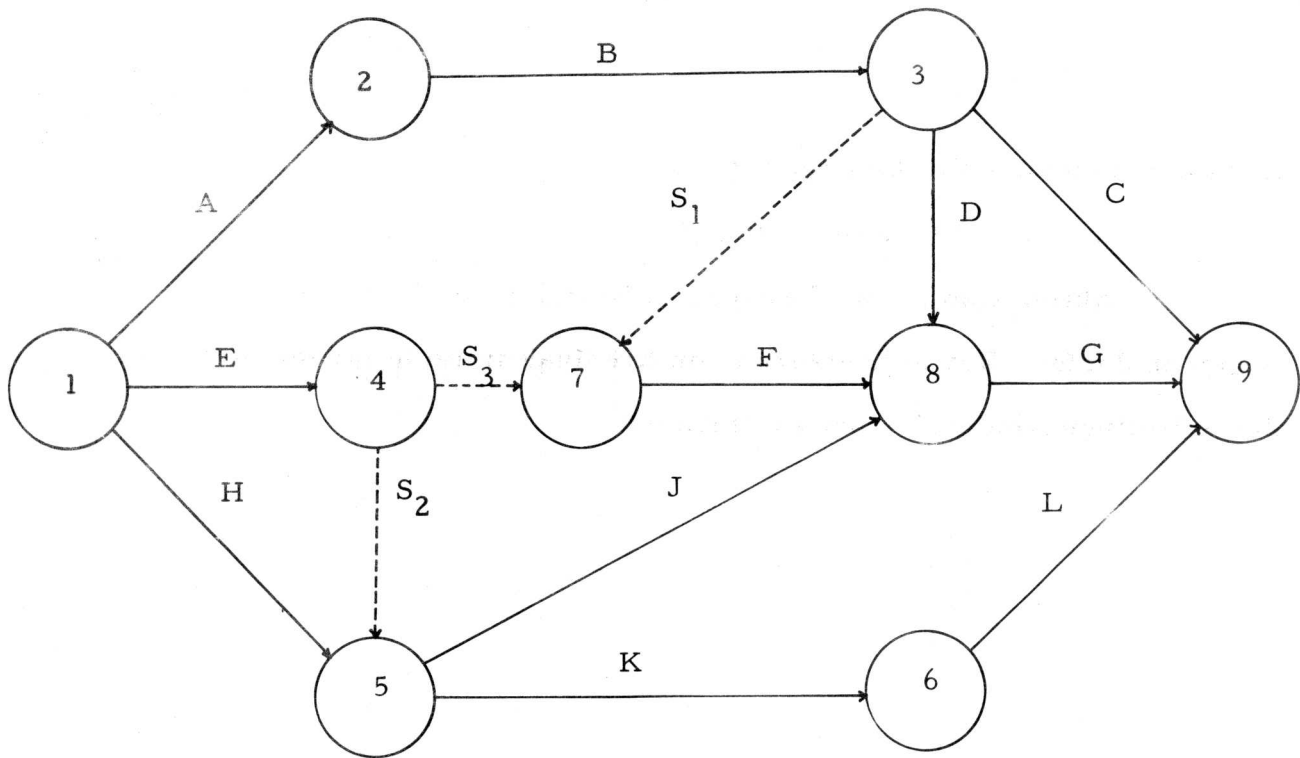
Dazu kommen noch die Bedingungen, daß die  
Aktivität F erst nach B und die  
Aktivitäten J und K erst nach Beenden von E  
beginnen dürfen. Durch Einführen von Scheinaktivitäten lassen sich  
diese Bedingungen im Netzwerk einbauen.



Durch obige Darstellungsform erreicht man zwar, daß nach  
Verbindung des Endknotens von B und des Anfangsknotens von F  
mit der Scheinaktivität  $S_1$  und nach Verbindung der Knoten 4 und 5  
die zuvor gestellten Forderungen erfüllt sind. Es ergibt sich aber  
eine neue Abhängigkeit, die nicht unbedingt zulässig ist:

J und K können erst nach Beenden von B beginnen - bedingt über  
die Scheinaktivitäten  $S_1$  und  $S_2$ .

Als Abhilfe kann die umseitig angeführte Darstellungsweise  
vorgeschlagen werden:



Durch Einfügen der Scheintätigkeit  $S_3$  wird eine Trennung der Ereignisse Ende -  $S_1$  und Beginn  $S_2$  erreicht.

Nachdem für die im Netzplan angeführten Tätigkeiten, die ihnen entsprechenden Zeiten, die zu deren Ausführung erforderlich sind, ermittelt wurden, kann man darangehen, die Beginn- und Endtermine für die Tätigkeiten festzusetzen.

Zunächst einmal kann man sich leicht vorstellen, daß es eine Folge von Aktivitäten im Netz gibt, die den längstmöglichen Weg im Netzwerk durchläuft. Es ist der sogenannte "kritische Weg" (Critical Path); seine Länge (in Zeiteinheiten gemessen) gibt die kürzeste Dauer an um alle Tätigkeiten auszuführen und zum Projektende zu gelangen.

Er ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Terminverfolgung und somit auch zur Voraussage des Projektendes. Seine Bestimmung ist daher auch Aufgabe der CP-Methode. Ergeben sich einzelne Terminverschiebungen bei der Projektausführung, so sind deren Auswirkungen manchmal von der Vermaschung des Netzes abhängig.

Es seien  $m$  = Anzahl der Knoten im Netz  
 $n$  = Anzahl der Tätigkeiten im Netz

daraus ergeben sich die Anzahl der Maschen mit

$$n - m + 1$$

6. Angaben um ein Netzwerk für eine Durchrechnung eindeutig zu bestimmen:

Anfangsknotennummer  $i$   
Endknotennummer  $j$   
Dauer  $(i, j)$  } für jede Aktivität

Im Netzwerk dürfen zwei Knoten nicht dieselbe Nummer führen.

Die Dauer muß für alle Aktivitäten in derselben Einheit angegeben werden. (Stunden, Arbeitstage, Wochen usw.)

7. Ablauf und Verfahren der Terminrechnung

7.1 Allgemeines

Nach der Fertigstellung des Netzplanes ist zunächst einmal die Arbeitsablaufplanung abgeschlossen.

In der nächsten Phase wird die Zeitplanung durchgeführt.

Grundsätzliche Ziele der Zeitplanung :

- Ermittlung von Beginn- und Endterminen für alle Aktivitäten
- Ermittlung von Zeitreserven
- Feststellung des "kritischen Weges"
- Ermittlung der Zeitdauer, die mindestens erforderlich ist, um das Projekt fertigzustellen.

Voraussetzungen sind - wie schon im vorhergehenden Abschnitt angeführt wurde - das eindeutig bestimmte Netzwerk und die Angabe der erforderlichen Zeitspanne um einen als Aktivität angeführten Auftrag auszuführen. Grundlage für die Schätzung der Dauer einer Aktivität bildet das gewählte Produktionsverfahren und das bestehende Organisationsschema des Unternehmens.

Nach der ersten Durchrechnung werden die Termine vielfach in relativen Zeitwerten angegeben, d. h. der Projektbeginn erhält den Zeitpunkt "null" und alle anderen Ereignisse werden zeitlich durch Angabe der Anzahl an Arbeitstagen zwischen dem Projektbeginn und dem Eintritt des betrachteten Ereignisses definiert. Hat man diese "relativen" Zeitpunkte festgelegt, so ist es ohne besonderen Aufwand möglich, wie auch schon oben erwähnt wurde, durch Angabe des Kalendertums für den Projektbeginn, alle Termine im Kalender festzusetzen, wobei man natürlich Feiertage, Samstags- und Sonntagsschichten wahlweise berücksichtigen kann.

## 7.2 Erläuterung an einem Beispiel

Am unten angeführten Beispiel eines Netzplanes soll nun gezeigt werden, wie prinzipiell die Ereigniszeitpunkte nach CPM bestimmt werden.

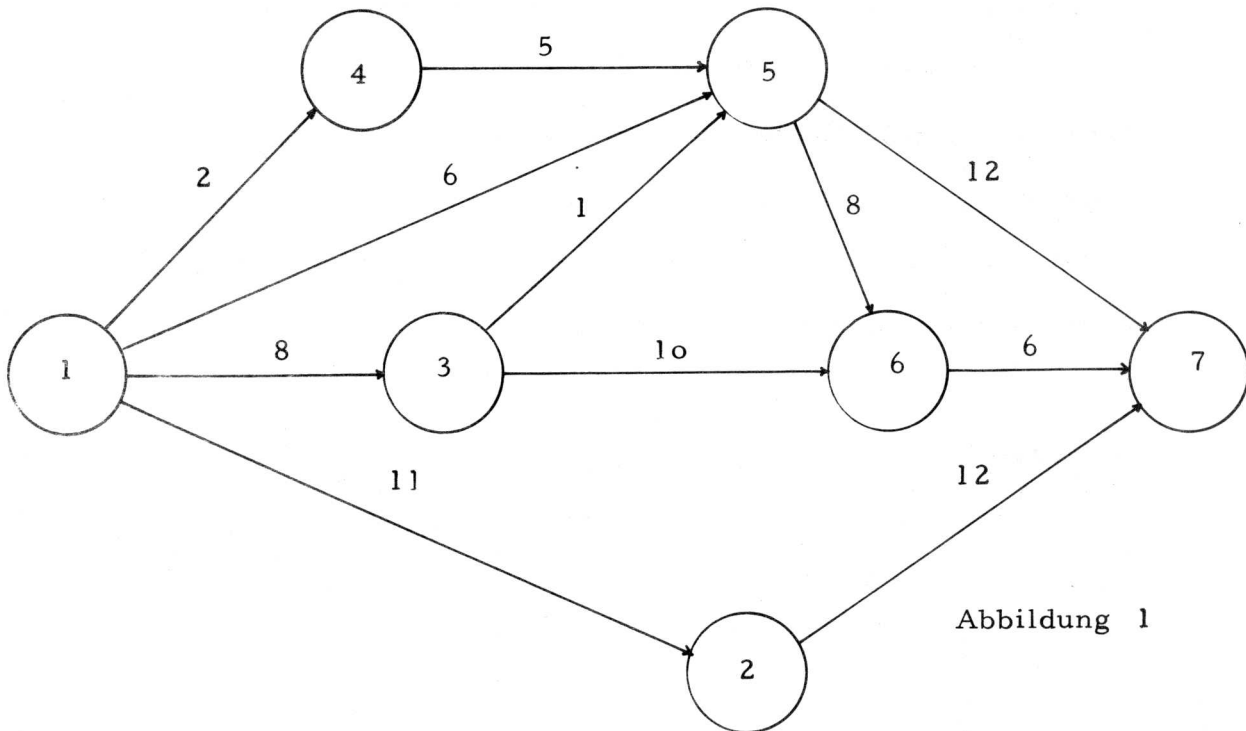


Abbildung 1

Die in den Kreisen angeführten Zahlen sind die Knotennummern, durch die die Tätigkeiten bezeichnet werden, die auf den Aktivitätspfeilen stehenden Zahlen sind die Dauer der Tätigkeiten in Tagen.

Der erste Teil der Rechnung umfaßt die Bestimmung des frühestmöglichen Anfanges für die Durchführung jeder einzelnen Aktivität.

Ausgangspunkt der Rechnung ist der Anfangsknoten des Projektes - im gewählten Beispiel der Knoten 1. Alle Aktivitäten, die dort ausgehen, erhalten als frühestmöglichen Beginnzeitpunkt die Zeit "null". Zählt man für die am Knoten 1 beginnenden Aktivitäten deren Dauer dazu, so erhält man einerseits das Ende der Aktivitäten, andererseits auch einen möglichen Beginnzeitpunkt, der an den Endknoten der bisher betrachteten Tätigkeiten neu beginnenden Tätigkeiten. Im Beispiel werden zunächst die Tätigkeiten 1-2, 1-3, 1-5, 1-4 betroffen. In der Tabelle 1 sind deren Ereigniszeitpunkte zusammengefaßt:

Anfangs-knoten	End-knoten	Dauer	frühestmöglicher Beginn	frühestmögliches Ende
1	2	11	0	11
1	3	8	0	8
1	5	6	0	6
1	4	2	0	2

Tabelle 1

Nach diesem Schritt erhält man für weitere, nicht am Anfangsknoten 1 anknüpfende Aktivitäten einen Beginnzeitpunkt. Es sind dies die Aktivitäten

4 - 5 mit der Dauer 5

3 - 5 mit der Dauer 1

3 - 6 mit der Dauer 10

2 - 7 mit der Dauer 12

Dabei kann die Tätigkeit 4 - 5 beginnen, wenn die Tätigkeit 1 - 4 beendet ist, 3 - 5 und 3 - 6 beginnen wenn 1 - 3 beendet ist, usw.



In der Tabelle 2 wurden die Ergebnisse festgehalten:

Anfangs-knoten	End-knoten	Dauer	frühestmöglichster Beginn	frühestmögliches Ende
4	5	5	2	7
3	5	1	8	9
3	6	10	8	18
2	7	12	11	23

Tabelle 2

Es fehlen nur mehr die Aktivitäten 5 - 7, 5 - 6 und 6 - 7.

Die Aktivitäten 5 - 6 und 5 - 7 können erst beginnen, wenn alle im Knoten 5 mündenden Tätigkeiten abgeschlossen sind, d. h. man muß unter den Tätigkeiten 4 - 5, 1 - 5 und 3 - 5 jene auswählen, deren Ende nach unserer bisherigen Rechnung am spätesten erfolgt. Es ist das die Tätigkeit 3 - 5 mit dem Endzeitpunkt 9; daher kann mit der Ausführung der Aktivitäten 5 - 6 und 5 - 7 auch erst zur Zeit 9 begonnen werden. Analoge Betrachtungen sind auch für den Knoten 6 anzustellen. In der nachstehenden Tabelle 3 sind die Zeiten für die noch fehlenden drei Tätigkeiten angeführt:

Anfangs-knoten	End-knoten	Dauer	frühestmöglichster Beginn	frühestmögliches Ende
5	7	12	9	21
5	6	8	9	17
6	7	6	18	24

Tabelle 3

Der Endzeitpunkt des gesamten Projektes ergibt sich aus dem Ende jener Aktivität, die am spätesten angeführt ist: im Beispiel die Tätigkeit 6 - 7 mit dem Abschlußzeitpunkt 24.

Aus dem bisherigen Rechengang ergibt sich, daß man versuchte, alle Tätigkeiten möglichst früh beginnen zu lassen. Hält man den so gewonnenen Endzeitpunkt fest und rechnet nun davon ausgehend im Netzwerk zurück, wobei man versucht, die Tätigkeit möglichst spät enden zu lassen, so ergibt sich folgendes Bild: Die Tätigkeiten 5 - 7, 6 - 7 und 2 - 7 enden zum Zeitpunkt 24. Zieht man davon deren jeweilige Dauer ab, so ergibt sich ein möglicher Endzeitpunkt für die in obigen Beginnknoten endenden Aktivitäten. Zunächst seien aber die Termine der drei oben genannten Tätigkeiten zusammengestellt (vgl. Tabelle 4):

Anfangsknoten	Endknoten	Dauer	spätestmögliches Ende	spätestmöglicher Beginn
5	7	12	24	12
6	7	6	24	18
2	7	12	24	12

Tabelle 4

Im nächsten Schritt kann man die Tätigkeiten 5 - 6, 3 - 6 und 1 - 2 betrachten. Für die im Knoten 5 mündenden Aktivitäten kann das späteste Ende erst festgesetzt werden, nachdem für 5 - 7 und 5 - 6 der späteste Beginnzeitpunkt errechnet wurde. Natürlich wird aus diesen zwei Werten (12 und 10) der kleinere ausgewählt, da über die Tätigkeit mit dem früheren Beginnzeitpunkt ein längerer Weg zum Endknoten führt. Ähnlich wird auch im Knoten 3 verfahren. Die Tabelle 5 gibt die so errechneten Werte an:

Anfangs-knoten	End-knoten	Dauer	spätestmögliches Ende	spätestmöglicher Beginn
5	6	8	18	10
3	6	10	18	8
4	5	5	10	5
1	5	6	10	4
3	5	1	10	9
1	4	2	5	3
1	3	8	8	0
1	2	11	12	1

Tabelle 5

Zur übersichtlicheren Gestaltung werden nun alle bisher gewonnenen Werte in Tabelle 6 zusammengefaßt (im Gegensatz zur bisherigen Form wurden die Spalten spätestmöglicher Beginn und spätestmögliches Ende vertauscht):

Anfangs-knoten	End-knoten	Dauer	frühestmöglicher Beginn	frühestmögliches Ende	spätestmöglicher Beginn	spätestmögliches Ende
1	2	11	0	11	1	12
1	3	8	0	8	0	8
1	4	2	0	2	3	5
1	5	6	0	6	4	10
2	7	12	11	23	12	24
3	5	1	8	9	9	10
3	6	10	8	18	18	18
4	5	5	2	7	5	10
5	6	8	9	17	10	18
5	7	12	9	21	12	24
6	7	6	18	24	18	24

Tabelle 6

Der bisher geschilderte Rechenablauf läßt sich durch folgende Formeln beschreiben:

7.3 frühestmöglicher Beginnzeitpunkt einer Aktivität:

Aus dem oben Geschilderten ergibt sich für die Berechnung des frühestmöglichen Beginnzeitpunktes folgende Regel:

Eine Aktivität (i, j) kann erst beginnen, wenn alle Aktivitäten, die im Knoten i enden, abgeschlossen sind.

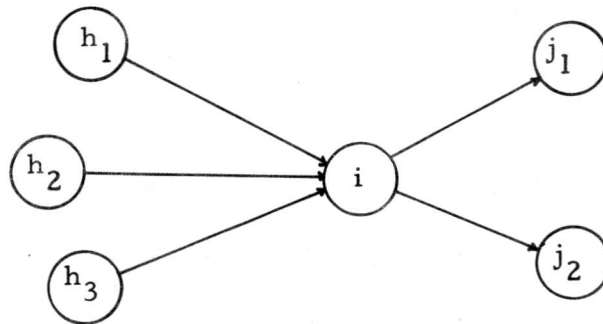


Abbildung 2

Es folgt, daß alle Aktivitäten, die im Knoten i beginnen, denselben "frühestmöglichen Beginnzeitpunkt" erhalten.

Der frühestmögliche Beginn im Knoten i ergibt sich somit aus:

$$t_i^{(0)} = \max \left\{ t_h^{(0)} + d(h, i) \right\} \quad \text{für } h = h_1, h_2, \dots$$

es bedeuten:

$t_i^{(0)}$  frühestmöglicher Beginn im Knoten i (vgl. Abb. 2)

$t_h^{(0)}$  frühestmöglicher Beginn im Knoten h (vgl. Abb. 2)

für den Anfangsknoten gilt:  $t_1^{(0)} = 0$

$d(h, i)$  Dauer der Aktivität (h, i)

Der frühestmögliche Beginnzeitpunkt für jede Aktivität (i, j) ist daher gleich (vgl. Abb. 2)

$$t_{fb}(i, j) = t_i^{(o)}$$

der Index "f" soll "Frühest", der Index "b" soll "Beginn" bedeuten.

#### 7.4 frühestmöglicher Endzeitpunkt einer Aktivität

Dieser Ereigniszeitpunkt ergibt sich aus der Summe aus frühestmöglichem Beginn und der Dauer der betrachteten Aktivität:

$$t_{fe}(i, j) = t_{fb}(i, j) + d(i, j) = t_i^{(o)} + d(i, j)$$

der Index "f" soll wiederum "frühest", der Index "e" soll "Ende" symbolisieren.

Wurde für jeden Knoten i der Wert  $t_i^{(o)}$  berechnet, so steht mit  $t_n^{(o)}$  der frühestmögliche Endzeitpunkt des Projektes fest, wenn n die Nummer des Endknotens bedeutet. Die nächste Aufgabe besteht nun darin, das spätestmögliche Ende für jede Aktivität zu bestimmen, ausgehend von

$$\underline{\underline{t_n^{(o)} = t_n^{(1)}}}$$

$t_n^{(1)}$  = das "spätestmögliche Ende" im Endknoten und wird gleich dem in dem vorhergehenden Abschnitt errechneten frühestmöglichen Endzeitpunkt gesetzt.

7.5 **spätestmöglicher Endzeitpunkt einer Aktivität**  
Aus dem oben erläuterten Rechengang läßt sich folgender Satz ableiten:

Der spätestmögliche Endzeitpunkt einer Aktivität (i, j) ergibt sich aus den spätestmöglichen Beginnzeitpunkten der im Knoten j ausgehenden Aktivitäten (j, k). Bestimmend dafür ist der "späteste Beginnzeitpunkt" aller (j, k) der am frühesten eintritt.

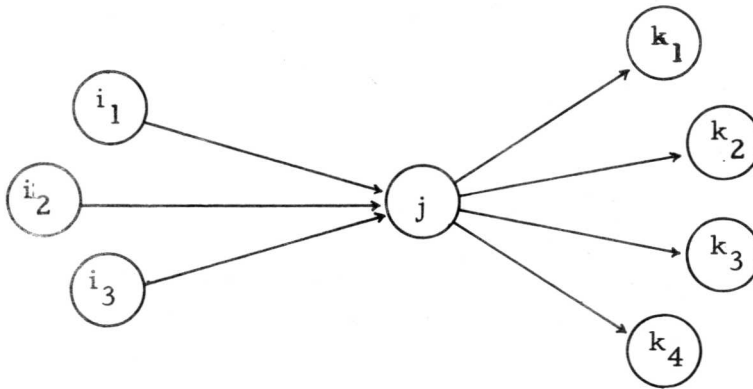


Abbildung 3

Nach der Definition gilt, daß jede im Knoten j endende Aktivität denselben "spätestmöglichen Endzeitpunkt" erhält.

In mathematischer Form läßt sich der Ablauf in folgender Weise beschreiben:

$$t_i^{(1)} = \min \left\{ t_k^{(1)} - d(j, k) \right\} \quad \text{für } k = k_1, k_2, \dots$$

Es bedeuten:

$t_i^{(1)}$  spätestmöglicher Endzeitpunkt aller in j mündenden Tätigkeiten

$t_k^{(1)}$  spätestmögliches Ende aller in  $l$  mündenden Tätigkeiten

$d(j,k)$  Dauer der Tätigkeiten  $(j,k)$  (vg. Abb. 3)

Das spätestmögliches Ende  $t_{se}(i,j)$  einer Aktivität  $(i,j)$  ergibt sich somit aus dem entsprechenden Ereigniszeitpunkt im Endknoten  $j$  einer Aktivität (vgl. Abb. 3)

$$t_{se}(i,j) = t_j^{(1)}$$

der Index "s" steht für "spätest", und "e" für "Ende"

#### 7.6 spätestmöglichster Beginn einer Aktivität

Es ist jener Zeitpunkt zu dem eine Aktivität spätestens begonnen sein muß, ohne daß sich das Projektende

$$t_n^{(0)} \neq t_n^{(1)} \text{ verzögert.}$$

Der spätestmöglichster Beginn  $t_{sb}(i,j)$  der Aktivität  $(i,j)$  ergibt sich somit aus der Differenz vom spätestmöglichsten Ende im Knoten  $j$  und der Dauer  $(i,j)$  der Tätigkeit:

$$t_{sb}(i,j) = t_{se}(i,j) - d(i,j) = t_j^{(1)} - d(i,j)$$

Der Index "s" steht für "spätest", "b" für "Beginn".

#### 7.7 Durchrechnung eines Beispiels nach den abgeleiteten Formeln

Am Knoten 5 des Netzplanes, der auf der Seite 17 (Abb. 1) aufgezeichnet ist, seien die oben in Formeln gefaßten Rechenvorgänge noch kurz erläutert:

Der frühestmöglichster Beginn für alle vom Knoten 5 ausgehenden Aktivitäten ergibt sich aus

$$\begin{aligned}
 t_5^{(0)} &= \max \left\{ t_h^{(0)} + d(h, 5) \right\} && \text{für } h = 1, 3, 4 \\
 &= \max \left\{ \begin{array}{l} t_1^{(0)} + d(1, 5) \\ t_3^{(0)} + d(3, 5) \\ t_4^{(0)} + d(4, 5) \end{array} \right\} = \\
 &= \max \left\{ \begin{array}{l} 0 + 6 \\ 8 + 1 \\ 2 + 5 \end{array} \right\} = 9
 \end{aligned}$$

Vorausgesetzt wurden für obige Rechnung die Werte  $t_3^{(0)} = 8$  und  $t_4^{(0)} = 2$ , die aus Tabelle 6 abgelesen wurden ( $t_{fb}(3, 5) = 8$  und  $t_{fs}(4, 5) = 2$ ), die sich aber automatisch ergeben, wenn man im Netzwerk nicht in der Mitte, sondern am Anfangsknoten zu rechnen beginnt. Für den Anfangsknoten gilt definitionsgemäß  $t_1^{(0)} = 0$ . Aus dem Wert  $t_5^{(0)} = 9$  ergeben sich die Termine für den frühestmöglichen Beginn

$$t_{fb}(5, 6) = t_5^{(0)} = 9 \quad \text{und}$$

$$t_{fb}(5, 7) = t_5^{(0)} = 9$$

sowie die Termine für das frühestmögliche Ende.

$$t_{fe}(5, 6) = t_{fb}(5, 6) + d(5, 6) = 17 \quad \text{und}$$

$$t_{fe}(5, 7) = T_{fs}(5, 7) + d(5, 7) = 21.$$

Analog zur Bestimmung für  $t_5^{(0)}$  sei für die Errechnung des spätestmöglichen Endes aller Knoten 5 endenden Aktivitäten herausgegriffen. Die für die  $t_k^{(1)}$  eingesetzten Werte ergeben sich natürlich aus dem Rechengang, beginnend vom Endknoten und wurden hier - um die Erläuterung abzukürzen - wiederum der Tabelle 6 entnommen.



$$t_5^{(1)} = \min \left\{ t_k^{(1)} - d(5, k) \right\} \quad \text{für } k = 6, 7$$

$$t_5^{(1)} = \min \left\{ \begin{array}{l} t_6^{(1)} - d(5, 6) \\ t_7^{(1)} - d(5, 7) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 18 - 8 \\ 24 - 12 \end{array} \right\} = 10$$

Aus  $t_5^{(1)}$  kann man nun für die Tätigkeiten (4, 5), (1, 5) und (3, 5) folgende Werte anschreiben:

$$t_{se}(4, 5) = 10 \quad ; \quad t_{sb}(4, 5) = t_{se}(4, 5) - d(4, 5) = 10 - 5 = 5$$

$$t_{se}(1, 5) = 10 \quad ; \quad t_{sb}(1, 5) = t_{se}(1, 5) - d(1, 5) = 10 - 6 = 4$$

$$t_{se}(3, 5) = 10 \quad ; \quad t_{sb}(3, 5) = t_{se}(3, 5) - d(3, 5) = 10 - 1 = 9$$

Da in noch folgenden Erläuterungen die Werte  $t_i^{(0)}$  und  $t_i^{(1)}$  aller Knoten verwendet werden, wurden sie - nach obigen Formeln berechnet - in der Tabelle 7 zusammengefaßt:

Knoten:	1	2	3	4	5	6	7
$t_i^{(0)}$	0	11	8	2	9	18	24
$t_i^{(1)}$	0	12	8	5	10	18	24

Tabelle 7

Das Rechnen mit Scheinaktivitäten - deren Dauer definitionsgemäß gleich null ist - hat denselben Ablauf wie das Rechnen mit Aktivitäten, deren Dauer größer als null ist.

## 8. Pufferzeiten und kritischer Weg

### 8.1 Allgemeines

Vergleicht man in der Tabelle 6 von jeder Aktivität den frühestmöglichen Beginn mit dem spätestmöglichen Beginn, so ergibt sich folgendes Bild:

Bei den Aktivitäten (1, 3), (3, 6) und (6, 7) ist

$$t_{fb}(i, j) = t_{sb}(i, j),$$

während bei allen übrigen Aktivitäten

$$t_{fb}(i, j) < t_{sb}(i, j)$$

ist.

Aktivitäten, für die  $t_{fb}(i, j) = t_{sb}(i, j)$  gilt, nennt man "kritische Aktivitäten". Aus dem Berechnungsablauf für die Werte  $t_{fb}(i, j)$  und  $t_{sb}(i, j)$  beziehungsweise  $t_i^{(0)}$  und  $t_i^{(1)}$  läßt sich erkennen, daß gerade diese Aktivitäten für die gesamte Projektdauer bestimmend sind. Die Folge der kritischen Aktivitäten nennt man "kritischen Weg", und ist jene Folge von Aktivitäten, die die längste Zeitspanne für ihre Ausführung beanspruchen - nämlich genau die Projektdauer. Alle anderen Aktivitäten würden, wenn man sie so früh wie möglich beginnen läßt, früher als jene am kritischen Weg erfüllt sein.

Daher haben auch alle jene Tätigkeiten, bei denen  $t_{fb}(i, j) < t_{sb}(i, j)$  ist, innerhalb der Projektdauer einen zeitlichen Spielraum.

Innerhalb dieses Spielraumes ist es unter bestimmten Voraussetzungen möglich, den Beginnzeitpunkt für eine Aktivität später, als ihn der frühestmögliche Beginn angibt, anzusetzen. Von der Praxis der Netzplantechnik aus gesehen, können solche Terminverschiebungen zweierlei Ursachen haben: einerseits eine geplante Verschiebung des Anfangstermines, andererseits eine Verzögerung des Projektablaufes, verursacht durch nicht vorhersehbare Zwischenfälle.

Um die Auswirkungen von Terminverschiebungen voraussehen zu können, ist eine genauere Untersuchung und Gliederung dieser zeitlichen Spielräume, die in der Netzplantechnik mit "Pufferzeiten" bezeichnet werden, vorzunehmen.

### 8.2 Erläuterungen an einem Beispiel

Das Rechenverfahren zur Ermittlung der Pufferzeiten wird an Hand des Netzwerkes, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist, erklärt. In der Abb. 4 wurde das Netzwerk nochmals gezeichnet, wobei außer den Knotennummern und der Dauer der einzelnen Aktivitäten, noch für jeden Knoten  $i$  die Werte  $t_i^{(0)}$  und  $t_i^{(1)}$  in dem Rechteck über den Knoten vermerkt wurden. (Diese Werte wurden der Tabelle 7 entnommen: der linke Wert im Rechteck ist jeweils der frühestmögliche Beginn aller aus dem Knoten  $i$  ausgehenden Tätigkeiten, der rechte Wert im Rechteck das spätestmögliche Ende aller im Knoten  $i$  endenden Tätigkeiten.) Der Verlauf des kritischen Weges wurde im Netzplan durch verstärkte Linien markiert.

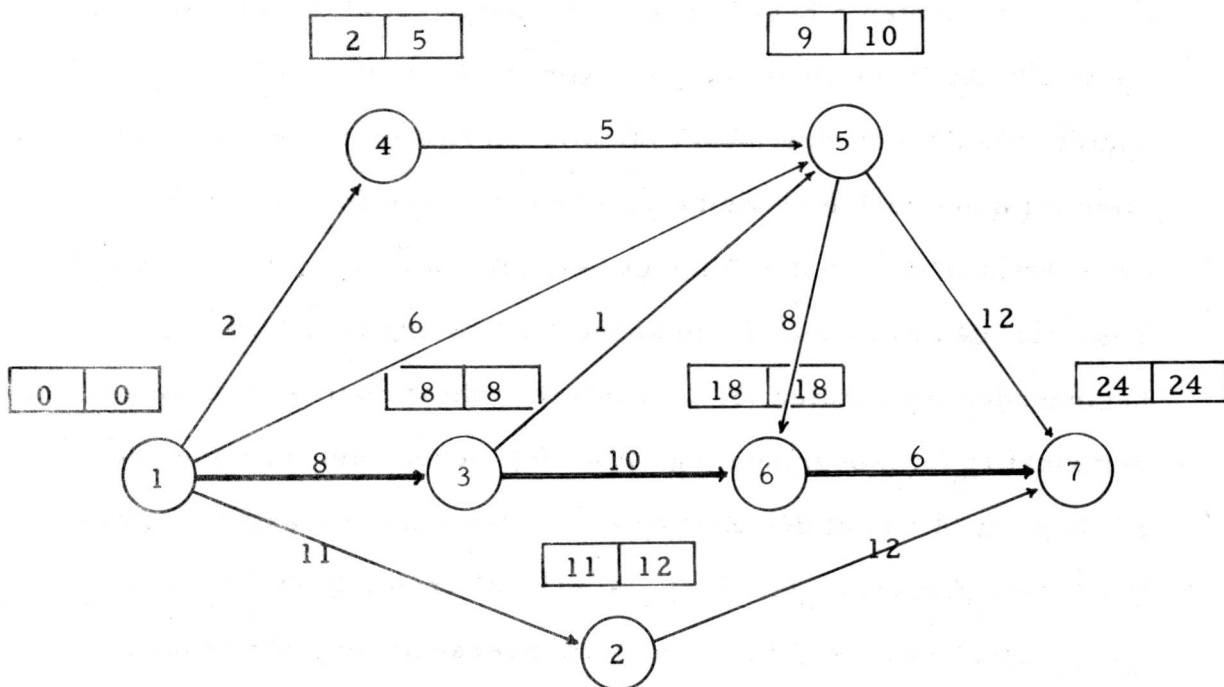


Abbildung 4

Zu Beginn sollen für die Tätigkeit (4, 5) die Pufferzeiten errechnet werden. Nach den Berechnungen, die in der Tabelle 6 zusammengefaßt wurden, gelten für die Aktivität (4, 5) folgende Daten:

Dauer	$d(4, 5) = 5$
frühestmöglicher Beginn	$t_{fb}(4, 5) = 2$
frühestmögliches Ende	$t_{fe}(4, 5) = 7$
spätestmöglicher Beginn	$t_{sb}(4, 5) = 5$
spätestmögliches Ende	$t_{se}(4, 5) = 10$

Läßt man die Aktivität (4, 5) zu ihrem frühestmöglichen Beginnzeitpunkt starten - zum Zeitpunkt  $t_{fs}(4, 5) = 2$  - so ist sie zum Zeitpunkt  $t_{fe}(4, 5) = 7$  vollendet (siehe oben). Vom Zeitpunkt  $t_{fe}(4, 5)$  bis zum Zeitpunkt  $t_5^{(0)} = 9$ , dem frühestmöglichen Beginnzeitpunkt für alle im Knoten 5 beginnenden Aktivitäten ist also noch ein Intervall von 2 Zeiteinheiten frei, von  $t_{fe}(4, 5)$  bis zu  $t_5^{(1)} = 10$ , dem spätesten erlaubten Endzeitpunkt für alle im Knoten 5 endenden Aktivitäten ist dann noch eine Zeitspanne von 3 Tagen frei (vgl. Abb. 5a). Verschiebt man also den Anfangszeitpunkt der Tätigkeit (4, 5) um 2 Tage auf den Zeitpunkt 4, so können trotzdem alle im Knoten 5 beginnenden Aktivitäten (5, j) zu ihrem frühestmöglichen Anfangszeitpunkt  $t_{fb}(5, j)$  beginnen (vgl. Abb. 5b); verschiebt man aber den Beginn von (4, 5) auf den Zeitpunkt 5, also um die maximal mögliche Zeitspanne  $[t_{sb}(4, 5) - t_{fs}(4, 5)]$ , so treten in diesem gewählten Beispiel zwangsläufig auch Terminverschiebungen - bezogen auf den frühestmöglichen Beginn - für die im Endknoten folgenden Tätigkeiten auf (vgl. Abb. 5c); das oben errechnete Projektende ( $t_7^{(1)} = 24$ ) verschiebt sich trotz dieser Vorgangsweise nicht. Ausgehend vom frühestmöglichen Beginn der Aktivität (4, 5) läßt sich

die maximal mögliche (totale) Pufferzeit  $p_t$  von 3 Tagen nach dem oben erläuterten Sachverhalt in zwei Teilen aufspalten (vgl. Abb. 5):

- in die "freie" Pufferzeit  $p_f$  von 2 Tagen, denn durch die Verschiebung des Anfangszeitpunktes von (4, 5) um diese Zeitspanne werden die unmittelbar folgenden Aktivitäten in ihrem frühestmöglichen Beginn nicht beeinflusst (vgl. Abb. 5b) und

- in die "bedingt verfügbare" Pufferzeit  $p_b$  von einem Tag, deren Inanspruchnahme eine Verschiebung des frühestmöglichen Anfangstermines der folgenden Aktivitäten um das Intervall  $p_b$  verursacht (vgl. Abb. 5c).

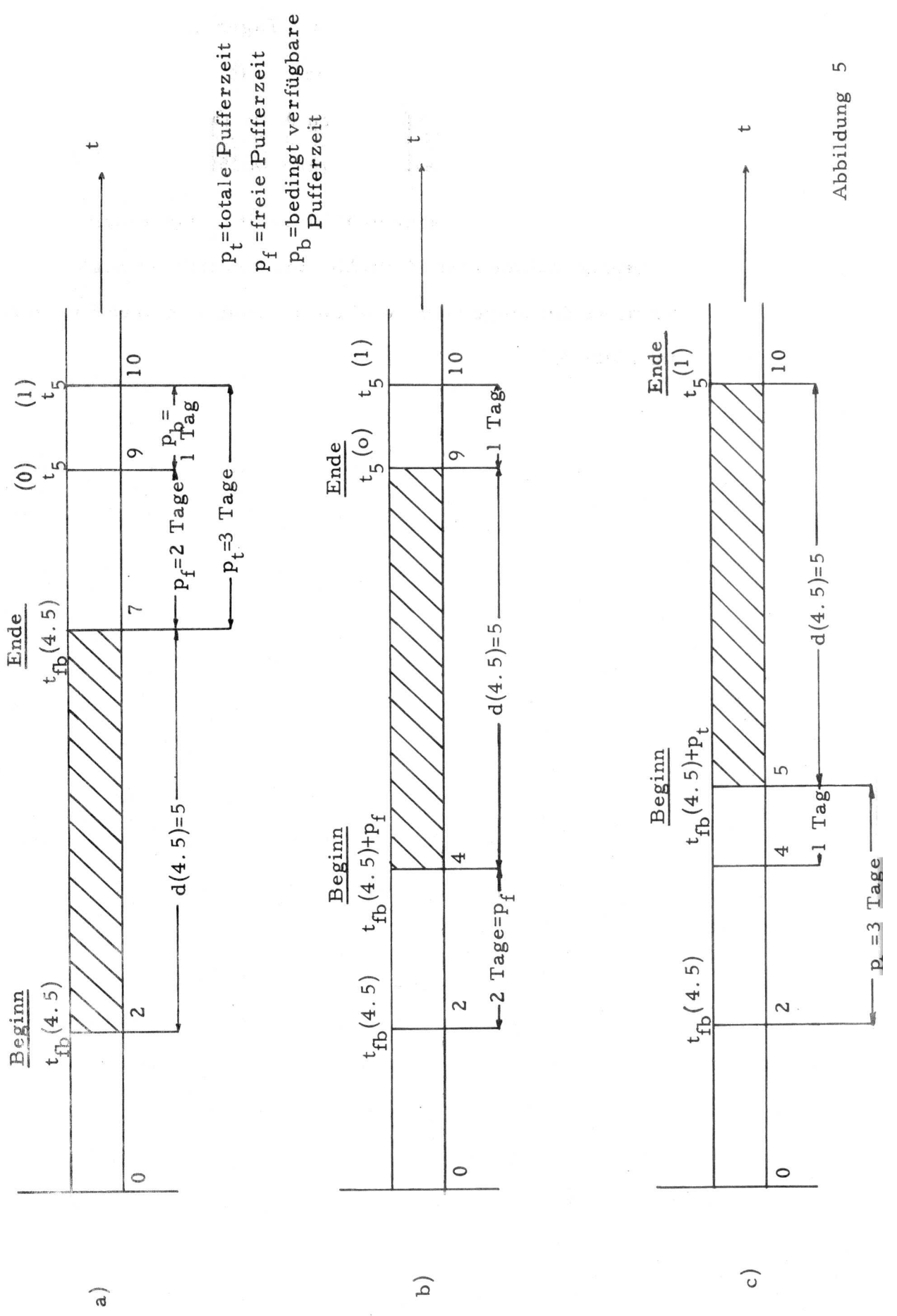


Abbildung 5

Vergleicht man die Pufferzeiten anderer Aktivitäten mit den Pufferzeiten der Aktivität (4, 5), so ergibt sich, daß nicht alle Tätigkeiten so viel Freiheit in der Festsetzung ihres Anfangstermines zulasse. Als Beispiel sei dafür, außer allen kritischen Tätigkeiten, für die  $p_t \equiv p_f \equiv p_b \equiv 0$  gilt, die Aktivität (1, 4) angeführt:

Zur Berechnung sind folgende Werte erforderlich ( aus der Tabelle 6 entnommen)

$$d(1, 4) = 2$$

$$t_{fb}(1, 4) = 0 ; t_{fe}(1, 4) = 2 ;$$

$$t_{sb}(1, 4) = 3 ; t_{se}(1, 4) = 5$$

Die totale Pufferzeit ergibt sich, wie schon oben definiert wurde, aus der Differenz von frühest- und spätestmöglichem Beginn mit 3 Tagen (vgl. Abb. 6).

Da die Aktivität (1, 4) als frühestes Ende den Zeitpunkt 2 aufweist, andererseits alle im Knoten 2 beginnenden Tätigkeiten schon zum Zeitpunkt 2 frühestens beginnen können (im Beispiel ist dies nur die Tätigkeit (4, 5)), verursacht jede Verschiebung des Anfangstermines von (1, 4) auch eine Verschiebung des frühestmöglichsten Anfangstermines der unmittelbar folgenden Aktivitäten ( siehe Abb. 7).

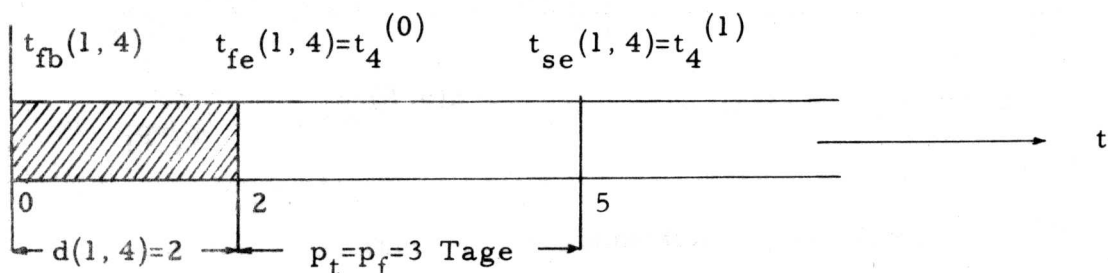


Abbildung 6

In der Abbildung 7 wurde der frühestmögliche Beginnzeitpunkt der Aktivität (1, 4) mit dem Zeitpunkt 1 festgesetzt, wodurch sich der frühestmögliche Beginn aller im Knoten 7 beginnender Aktivitäten auf den Zeitpunkt  $t_2^{(0)*} = 3$  verschiebt.

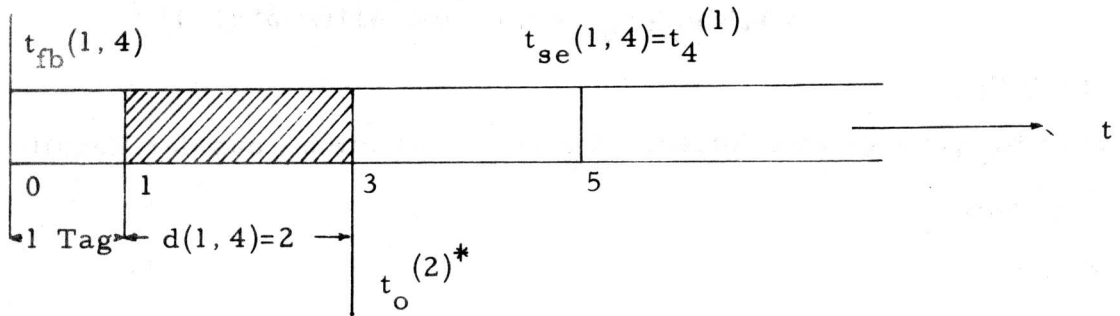


Abbildung 7

Daraus ergibt sich, daß bei der Aktivität (1, 4) die freie Pufferzeit gleich null ist.

Decken sich hingegen die Ereignisse  $t_i^{(0)}$  und  $t_i^{(1)}$ , so ist für die betreffende Aktivität die bedingt verfügbare Pufferzeit gleich null. An der Aktivität (5, 6) soll dieser Umstand gezeigt werden (Abbildung 8).

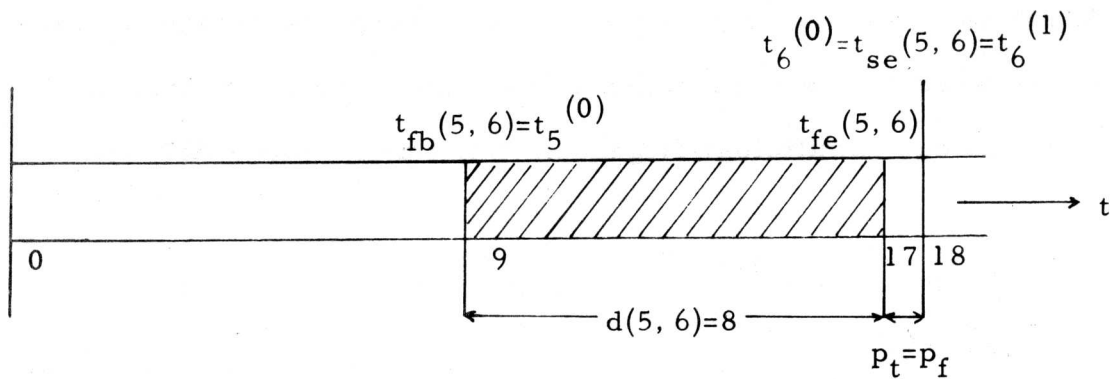


Abbildung 8



Jede Verschiebung des Anfangszeitpunktes der Aktivität (5, 6) verursacht eine Verschiebung des  $t_{fb}$  aller im Knoten 5 folgenden Aktivitäten.

Grundsätzlich gilt obige Feststellung für alle in den kritischen Weg mündenden Aktivitäten, denn entlang des kritischen Weges gilt für jeden Knoten  $i$   $t_i^{(0)} \equiv t_i^{(1)}$  (vgl. diese Tatsache auch in Tabelle 7 für die Knoten 1, 3, 6 und 7).

Untersucht man bei der Aktivität (5, 7) die Beginn- und Endzeitpunkte, so kann man außer einer totalen Pufferzeit von 3 Tagen und einer freien Pufferzeit von 3 Tagen (die bedingt verfügbare Pufferzeit ist gleich null, da der Endknoten am kritischen Weg liegt, vgl. Abb. 9), noch eine spezielle Variante einer Pufferzeit fest-

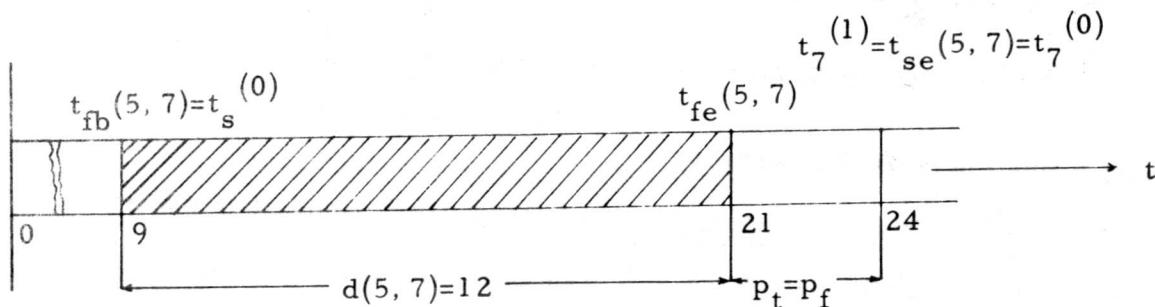
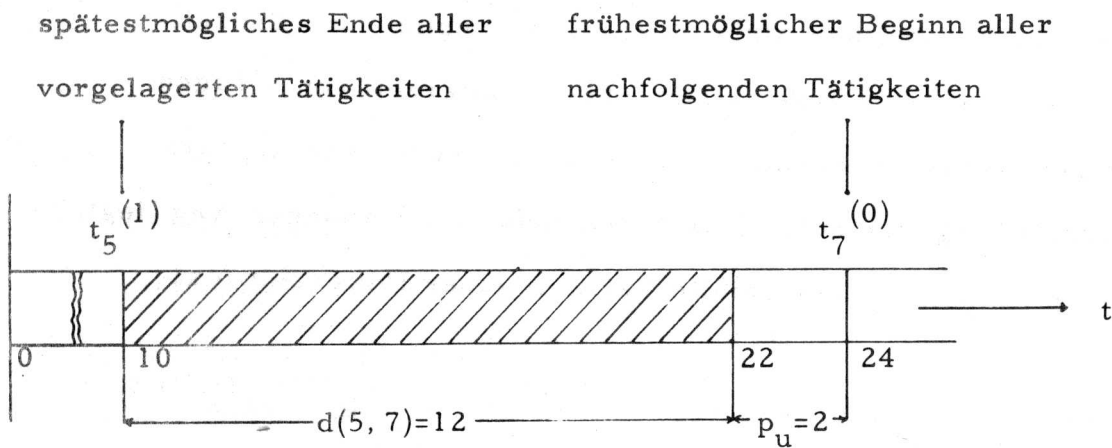


Abbildung 9

Läßt man alle im Knoten 5 endenden Aktivitäten so spät wie nur möglich enden - also zum Zeitpunkt  $t_5^{(1)} = 10$  - und alle im Knoten 7 beginnenden Aktivitäten so früh wie nur möglich beginnen - also zum Zeitpunkt  $t_7^{(0)} = 24$  (im Beispiel ist der Knoten 7 der Endknoten, trotzdem läßt sich ein theoretischer Wert  $t_7^{(0)}$  ermitteln, wie es auch schon erläutert wurde - so ergibt sich für die Tätigkeit (5, 7)

eine Zeitspanne von 14 Tagen ( $t_7^{(0)} - t_5^{(1)}$ ) um diese auszuführen. Da aber (5,7) nur 12 Tage benötigt um erfüllt zu werden, bleiben noch 2 Tage Spielraum, die nicht einmal verbraucht werden, wenn alle vorgeordneten Tätigkeiten mit  $t_{se}$  enden und alle nachgeordneten Tätigkeiten zu  $t_{fb}$  beginnen. Dieser Spielraum wird als "unabhängige" Pufferzeit bezeichnet (vgl. Abb. 10).



$p_u$  = unabhängige Pufferzeit

Abbildung 10

Aus dem oben angeführten Rechengängen ergeben sich für die Ermittlung der Pufferzeiten folgende Formeln:

### 8.3 Totale Pufferzeit

Die totale Pufferzeit ist die maximale Zeitspanne, um die man den Anfangszeitpunkt für eine Aktivität auf einen späteren Zeitpunkt verschieben kann, ohne das Projektende mit dem Termin  $t_n^{(1)}$  (für  $n$  = Nummer des Endknotens) zu verzögern.

Die totale Pufferzeit  $p_t$  ergibt sich aus der Differenz von frühest- und spätestmöglichem Endzeitpunkt einer Aktivität (oder genauso

aus der Differenz von frühest- und spätestmöglichen Anfangszeit - punkt einer Aktivität).

$$p_t(i, j) = t_{se}(i, j) - t_{f(e)}(i, j)$$

setzt man für

$$t_{se}(i, j) = t_j^{(1)} \text{ und}$$

$$t_{f(e)}(i, j) = t_i^{(b)} + d(i, j),$$

so ergibt sich für die totale Pufferzeit der Ausdruck

$$p_t(i, j) = t_j^{(1)} - t_i^{(o)} - d(i, j)$$

(vgl. Abb. 11)

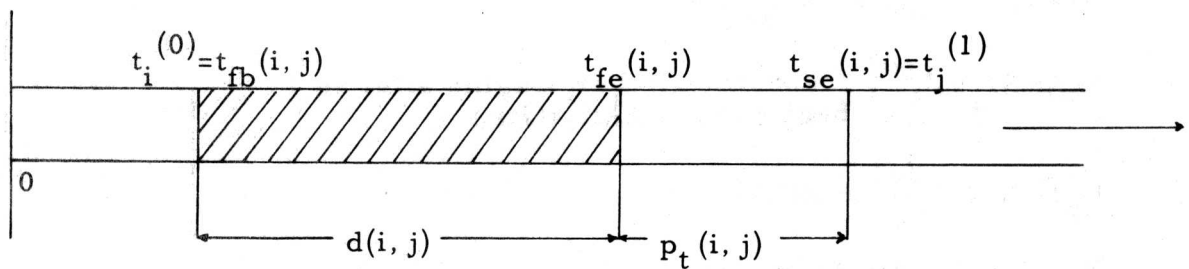


Abbildung 11

Wird die maximale Pufferzeit beim Arbeitsgang (i, j) voll ausgenutzt, so verschwinden für alle nachgeordneten Arbeitsgänge auf dem längsten Weg vom Knoten j zum Endpunkt des Netzwerkes aller Pufferzeiten

#### 8.4 Freie Pufferzeit

Die freie Pufferzeit ist die Differenz zwischen dem frühestmöglichen Ende einer Aktivität (i, j) und dem frühestmöglichen Beginn aller im Endknoten der betrachteten Aktivität beginnenden Arbeitsgänge :

frühestmöglicher Beginn aller  
im Knoten j beginnenden Aktivitäten

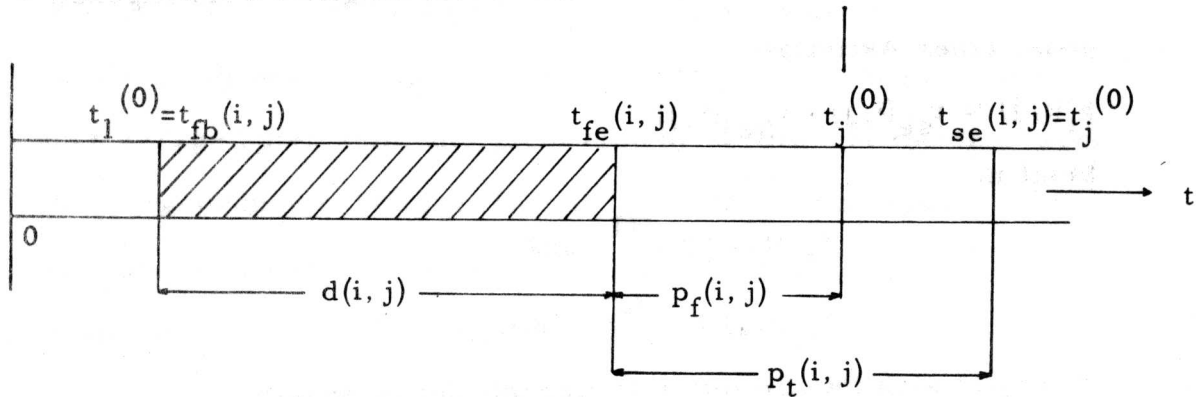


Abbildung 12

$$p_f(i, j) = t_{fb}(j, k) - t_{fe}(i, j)$$

$$t_{fb}(j, k) = t_j^{(0)} \text{ frühestmöglicher Beginn aller in } j \text{ beginnenden Aktivitäten}$$

$$t_{fe}(i, j) = t_i^{(0)} + d(i, j)$$

Werden die Ausdrücke für  $t_{fb}(j, k)$  und  $t_{fe}(i, j)$  in obiger Gleichung für  $p_f$  eingesetzt, so ergibt sich die freie Pufferzeit mit:

$$p_f(i, j) = t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - d(i, j)$$

Wird durch die oben betrachtete Aktivität  $(i, j)$  in der Formel  $t_j^{(0)} = \max \left\{ t_i^{(0)} + d(i, j) \right\}$  für  $i = i_1, i_2, \dots$  der frühestmögliche Beginn für alle in  $j$  folgenden Aktivitäten  $t_j^{(0)}$  bestimmt, so fallen die Werte  $t_{fe}(i, j)$  und  $t_i^{(0)}$  zusammen und daher ergibt sich in diesem Falle keine freie Pufferzeit. Ist aber  $p_f > 0$ , so kann man - wie es zum Teil auch schon aus den obigen Ausführungen hervorgegangen ist - den Anfangszeitpunkt der Aktivität  $(i, j)$  bis zur Größe des Intervalles  $p_f$  verschieben, ohne daß sich in den frühestmöglichen Anfangsterminen der nachgeordneten Aktivität eine Änderung ergibt.

8.5 Bedingt verfügbare Pufferzeit:

Die bedingt verfügbare Pufferzeit  $p_b$  ergibt sich aus der Differenz von totaler und freier Pufferzeit:

$$p_b(i, j) = p_t(i, j) - p_f(i, j)$$

setzt man für  $p_t(i, j) = t_j^{(1)} - d(i, j) - t_i^{(0)}$

und für  $p_f(i, j) = t_j^{(0)} - d(i, j) - t_i^{(0)}$  ein,

so folgt  $p_b(i, j) = t_j^{(1)} - t_j^{(0)}$  (vgl. Abb. 13)

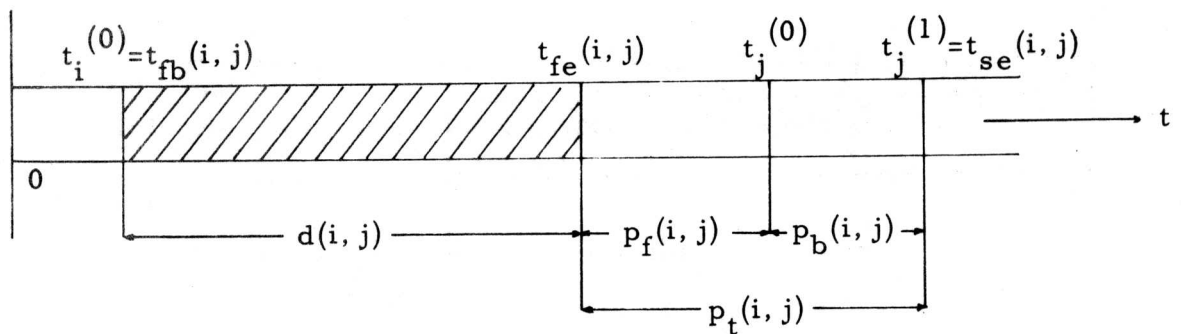


Abbildung 13

Wird durch verspäteten Beginn einer Aktivität deren bedingt verfügbare Pufferzeit verbraucht, so verlieren alle nachgeordneten Tätigkeiten auf dem längsten Weg zum Endknoten ihre Pufferzeiten (wie bei der totalen Pufferzeit, da eine volle Inanspruchnahme der bedingt verfügbaren Pufferzeit einem Verbrauch der totalen Pufferzeit gleichkommt).

Mündet eine Tätigkeit in den kritischen Weg, so ist für diese  $p_b = 0$  (was man sich leicht durch Verschieben von  $t_j^{(0)}$  auf den Zeitpunkt  $t_j^{(1)}$  - ein Sachverhalt, der nur am kritischen Weg eintritt - in Abbildung 13 ableiten kann).

### 8.6 Unabhängige Pufferzeit:

Die unabhängige Pufferzeit  $p_u$  bezeichnet den Zeitraum, in dem sich der Anfangszeitpunkt der Tätigkeit (i, j) verschieben läßt, wenn alle vorgeordneten Tätigkeiten mit ihrem spätesten erlaubten Ende enden und alle nachgeordneten Tätigkeiten so früh wie nur möglich beginnen.

$$p_u(i, j) = t_j^{(0)} - t_i^{(1)} - d(i, j)$$

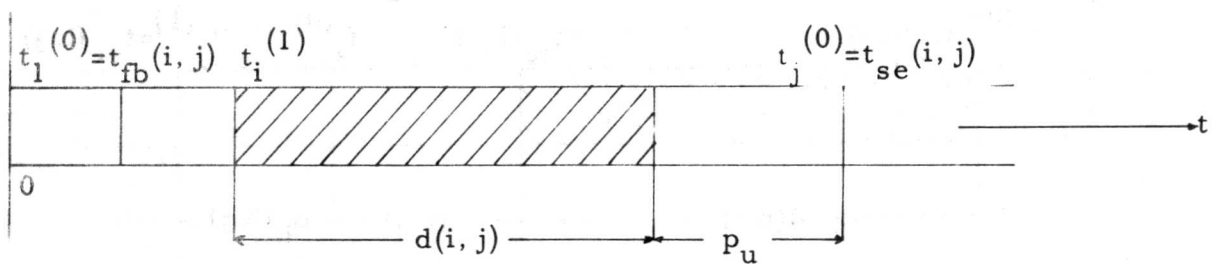


Abbildung 14

Auf Grund der Rechenvorgänge, die zur Ermittlung der Werte  $t_i^{(1)}$  und  $t_i^{(0)}$  führen, kann es vorkommen, daß sich nach obiger Formel ein  $p_u < 0$  ergibt. Tritt dieser Fall ein, so wird die unabhängige Pufferzeit gleich null gesetzt. Die eindeutige Form des Ausdruckes zur Berechnung von  $p_u$  ergibt sich daher mit:

$$p_u(i, j) = \max \left\{ \begin{array}{l} t_j^{(0)} - t_i^{(1)} - d(i, j) \\ 0 \end{array} \right\}$$

Nach den oben angeführten Formeln sollen nun für die Tätigkeit (1, 5) des Netzplanes der Abbildung 1 die Pufferzeiten berechnet werden.

Ausgangswerte:

Dauer der Tätigkeit (1, 5) :  $d(1, 5) = 6$  Tage

für die Knoten gelten (vergleiche Tabelle 7)

$$t_1^{(0)} = 0 \quad ; \quad t_1^{(1)} = 0$$

$$t_5^{(0)} = 9 \quad ; \quad t_5^{(1)} = 10$$

$$p_t = t_5^{(1)} - t_1^{(0)} - d(1, 5) = 10 - 0 - 6 = 4 \text{ Tage}$$

$$p_f = t_5^{(0)} - t_1^{(0)} - d(1, 5) = 9 - 0 - 6 = 3 \text{ Tage}$$

$$p_b = t_5^{(1)} - t_5^{(0)} = 10 - 9 = 1 \text{ Tag}$$

$$p_u = \max \left\{ \begin{array}{l} t_5^{(0)} - t_1^{(1)} - d(1, 5) \\ 0 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 9 - 0 - 6 \\ 0 \end{array} \right\} = 3 \text{ Tage}$$

In der Tabelle 8 sind neben den Beginn- und Endzeitpunkten die Pufferzeiten für alle Aktivitäten des Netzplans in Abbildung 1 eingesetzt:

AKTIVITÄT			FRÜHEST		SPÄTEST		P U F F E R Z E I T				K
I	J	D	BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV	UNAB	W
001	002	001	000	001	001	002	001	000	001	000	
001	003	008	000	003	000	003	000	000	000	000	⊕
001	004	002	000	002	003	005	003	000	003	000	
001	005	006	000	006	004	010	004	003	001	003	
002	007	012	001	023	012	024	001	001	000	000	
003	005	001	003	009	009	010	001	000	001	000	
003	006	010	003	018	003	018	000	000	000	000	⊕
004	005	005	002	007	005	010	003	002	001	000	
005	006	008	009	017	010	013	001	001	000	000	
005	007	012	009	021	012	024	003	003	000	002	
006	007	006	0018	0024	0013	0024	000	000	000	000	⊕

PROJEKTENDE:0024

Tabelle 8

9. Durchrechnung eines Beispiels an der ZUSE Z 23

Als Beispiel für eine Terminplanung nach der Critical-Path-Methode wurde der Bau einer Straßenbrücke gewählt. Die Anzahl der Aktivitäten wurde etwas verringert, um das Beispiel nicht so umfangreich erscheinen zu lassen, trotzdem kann man dadurch einen guten Einblick in die Vorgangsweise bei dieser Methode zur Planung erhalten.

Um die Geometrie des Netzwerkes in der Maschine festhalten zu können, wird jede Aktivität durch die Nummer ihres Anfangs- und Endknotens beschrieben. Zur Charakterisierung der Aktivitäten wird zusätzlich die Dauer und Benennung angegeben. In den Tabellen 9 bis 15 sind die Angaben über das Netzwerk für die Straßenbrücke zusammengestellt. Der Netzplan selbst ist am Ende der Broschüre eingheftet.

Am Netzplan erkennt man, daß nicht nur Tätigkeiten eingetragen sind, die einen Arbeitsaufwand im eigentlichen Sinne beinhalten, sondern auch Wartezeiten, Zeitaufwand für Genehmigungen und Lieferzeiten. Eine erste Durchrechnung des Netzwerkes auf der elektronischen Datenverarbeitungsanlage ZUSE Z 23 ergab die in den Tabellen 16 bis 18 tabellierten Ergebnisse.

In den Tabellen 16, 17 und 18 wurden in den ersten beiden Spalten die Anfangs- bzw. Endknoten jeder Aktivität, in der dritten Spalte deren Dauer und in der vierten Spalte die Benennung des Arbeitsganges protokolliert. In den folgenden vier Spalten sind die frühest- und spätestmöglichen Anfangs- und Endtermine für die Aktivitäten in relativen Zeitangaben festgehalten, danach folgen die Pufferzeiten (totale, freie, bedingt verfügbare und unabhängige Pufferzeit).



Aktivitäten, die am kritischen Weg liegen, sind in der letzten Spalte noch gesondert durch einen Stern ( $\star$ ) gekennzeichnet.

Im Netzplan ist der kritische Weg durch Aktivitätspfeile mit doppelt ausgezogenen Balken gekennzeichnet. Wie daraus hervorgeht, verläuft der kritische Weg zwischen den Knoten 9 und 31 nach zwei parallelen aber zeitlich gleich langen Wegen.

Aus der Angabe des Projektendes ergibt sich, daß bei genauer Einhaltung der Termine am kritischen Weg und bei Einhaltung der Termine in den Grenzen der Pufferzeit von nicht-kritischen Aktivitäten 243 Arbeitstage erforderlich sind, um das Projekt Straßenbrücke fertigzustellen (von der Detailprojektierung bis zur Baustellenräumung).

Will man die Projektdauer verkürzen, so erreicht man dieses Ziel zunächst nur bei Änderungen am kritischen Weg. Durch Änderungen in Aktivitätsdauern kann einerseits die gesamte Projektdauer verändert werden, es kann sich der kritische Weg verlagern oder aber auch ein weiterer parallel laufender Ast zum kritischen Weg entstehen. Letzteres wird gefordert, wenn man einer Arbeitsgruppe innerhalb des Projektes durchlaufend ohne Wartezeiten beschäftigen will.

Am Beispiel der Pfahlgründung sei eine mögliche Vorgangsweise erläutert. Es sei auch noch erwähnt, daß diese Arbeiten im beschriebenen Projekt als Auftrag an eine dritte Firma vergeben werden und deren Arbeitsgruppe keine Wartezeiten billigen kann.

Wenn diese Arbeiten am kritischen Weg liegen, kann man für Sub-Aufträge fixe Termine festlegen, die dann auch eingehalten werden müssen.

Verkürzt man die Aktivitäten 7-8 und 8-9 (beide liegen am kritischen Weg) um je zwei Tage, so ergibt sich einerseits eine Verkürzung der Projektdauer um 4 Tage, andererseits erhält der

kritische Weg noch zwei zusätzliche Äste zwischen den Knoten 7 und 28 (durch stärker ausgezogene Balken im Netzplan gekennzeichnet). Daraus kann man auch ersehen, daß die Pfahlgründung und das Betonieren der Fundamente jeweils ohne Wartezeiten verläuft. (Die Rechenergebnisse dieser Version sind in den Tabellen 19 bis 21 enthalten.)

#### 10. Arbeitskräftebedarf

An einer Projektsausführung sind nicht nur die Termine interessant, sondern auch der Aufwand an Arbeitskräften zu den einzelnen Zeitpunkten des Projektablaufes.

Es ist daher erforderlich, daß für jede Tätigkeit die Anzahl der Arbeitskräfte, getrennt nach Fachrichtungen, die zu deren Ausführung erforderlich sind, angegeben werden.

Im Beispiel des Projektes "Straßenbrücke" wurden diese Daten im rechten Teil der Angaben von den Aktivitäten festgehalten:

Unterschieden werden:

Spalte	Benennung
1	Zimmerer
2	Eisenbieger
3	Betonierer
4	Maschinisten
5	Hilfsarbeiter

Eine Durchrechnung auf der ZUSE Z23 ergibt nach dem Programm "Errechnung des Aufwandes an Arbeitsmitteln" folgende Ergebnisse (Tabellen 22 bis 27) Für den Beginn- bzw. Endzeitpunkt jeder Aktivität wird aufgeschrieben, wie viele Arbeitskräfte, welcher Fach-

richtung für das Projekt erforderlich sind. Zugrunde gelegt wird für alle Tätigkeiten der frühestmögliche Beginn. Bei einem Beginnzeitpunkt ist der "Bedarf" an Arbeitskräften der betrachteten Aktivität schon in den Summen enthalten, während er bei Endzeitpunkten schon abgezogen ist.

Tritt zu einem Zeitpunkt der Beginn oder das Ende mehrerer Tätigkeiten ein, so ist der tatsächliche Stand an Arbeitskräften aus der zu diesem Zeitpunkt als letzte angeführten Zeile zu entnehmen.

Spitzenwerte an Arbeitskräftebedarf kann man zunächst einmal im Rahmen der Pufferzeiten der Aktivitäten, die diese Spitzenwerte ergeben, ausgleichen. (Im Beispiel läßt sich die Zahl der Eisenbieger vom Zeitpunkt 66 ab leicht auf dem Stande von 5 oder 6 halten, da die Aktivitäten, die vom Knoten 5 ausgehen, sehr hohe Pufferzeiten aufweisen.)

## 11. Projektüberwachung

Nicht nur zur Planung von umfangreicheren Projekten, sondern auch zur Überwachung deren Ausführung eignet sich diese Technik sehr gut. Jede Terminverzögerung kann ohne Schwierigkeiten eindeutig auf deren Auswirkungen auf den kritischen Weg und damit auf das Projektende geprüft werden. Auch Änderungen im Ablauf und ähnliches kann man schnell und leicht berücksichtigen.

Tabelle 9

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
1	1	3	50	Detailprojektiertung	0	0	0	0	0
2	3	4	15	Behörl. Genehmigung	0	0	0	0	0
3	1	2	2	Arbeitskräftebeschaffung	0	0	0	0	0
4	2	4	30	Baustelleneinrichtung	2'	0	0	2'	3'
5	4	7	6	WR-F-Aushub	0	0	0	0	2'
6	7	11	3	WR-F-pölzen	4'	0	0	0	0
7	11	17	4	WR-Pfahlgründung	0	0	0	0	0
8	17	23	3	WR-F-bewehren	0	0	3'	0	1'
9	23	24	2	WR-F-betonieren	0	0	3'	1'	4'
10	24	33	1	WR-F-ausschalen	0	0	0	0	2'
11	11	12	0	S	0	0	0	0	0
12	17	18	1	Umstellung	0	0	0	0	0
13	24	25	0	S	0	0	0	0	0
14	33	34	0	S	0	0	0	0	0
15	7	8	7	SR1-F-Aushub	0	0	0	0	2'
16	8	12	0	S	0	0	0	0	0
17	12	13	3	SR1-F-pölzen	3'	0	0	0	0
18	13	18	0	S	0	0	0	0	0
19	18	19	4	SR1-Pfahlgründung	0	0	0	0	0
20	19	25	0	S	0	0	0	0	0

Tabelle 10

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte					
	i	j			1	2	3	4	5	
21	25	26	3	SR1-F-bewehren	0	0	3'	0	0	1'
22	26	27	2	SR1-F-betonieren	0	0	3'	1'	4'	0
23	27	34	0	S	0	0	0	0	0	0
24	34	35	1	SR1-F-ausschalen	0	0	0	0	2'	0
25	13	14	0	S	0	0	0	0	0	0
26	19	20	1	Umstellung	0	0	0	0	0	0
27	27	28	0	S	0	0	0	0	0	0
28	35	36	0	S	0	0	0	0	0	0
29	8	9	7	SR2-F-Aushub	0	0	0	0	2'	0
30	9	14	0	S	0	0	0	0	0	0
31	14	15	3	SR2-F-pölzen	3'	0	0	0	0	0
32	15	20	0	S	0	0	0	0	0	0
33	20	21	4	SR2-Pfahlgründung	0	0	0	0	0	0
34	21	28	0	S	0	0	0	0	0	0
35	28	29	3	SR2-F-bewehren	0	0	3'	0	1'	0
36	29	30	2	SR2-F-betonieren	0	0	3'	1'	4'	0
37	30	36	0	S	0	0	0	0	0	0
38	36	37	1	SR2-F-ausschalen	0	0	0	0	2'	0
39	15	16	0	S	0	0	0	0	0	0
40	21	22	1	Umstellung	0	0	0	0	0	0

Tabelle 11

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
41	30	31	0	S	0	0	0	0	0
42	37	38	0	S	0	0	0	0	0
43	9	10	6	WL-F-Aushub	0	0	0	0	2'
44	10	16	0	S	0	0	0	0	0
45	16	22	2	WL-F-pölzen	4'	0	0	0	0
46	22	31	4	WL-Pfahlgründung	0	0	0	0	0
47	31	32	3	WL-F-bewehren	0	0	3'	0	1'
48	32	38	2	WL-F-betonieren	0	0	3'	1'	4'
49	38	44	1	WL-F-ausschalen	0	0	0	0	2'
50	33	39	2	WR-A-einschalen	8'	0	0	0	3'
51	39	45	3	WR-A-bewehren	0	0	3'	1'	1'
52	45	46	2	WR-A-betonieren	0	0	3'	1'	5'
53	46	56	2	WR-A-erhärten	0	0	0	0	0
54	56	57	2	WR-A-ausschalen	1'	0	0	0	2'
55	39	40	0	S	0	0	0	0	0
56	46	47	0	S	0	0	0	0	0
57	57	58	0	S	0	0	0	0	0
58	35	40	0	S	0	0	0	0	0
59	40	41	3	SR1-A-einschalen	6'	0	0	0	4'
60	41	47	0	S	0	0	0	0	0

Tabelle 12

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
61	47	48	2	SR1-A-bewehren	0	0	2'	1'	1'
62	48	49	1	SR1-A-betonieren	0	0	2'	1'	4'
63	49	58	2	SR1-A-erhärten	0	0	0	0	0
64	58	59	1	SR1-A-ausschalen	1'	0	0	0	2'
65	41	42	0	S	0	0	0	0	0
66	49	50	0	S	0	0	0	0	0
67	59	60	0	S	0	0	0	0	0
68	37	42	0	S	0	0	0	0	0
69	42	43	3	SR2-A-einschalen	6'	0	0	0	4'
70	43	50	0	S	0	0	0	0	0
71	50	51	2	SR2-A-bewehren	0	0	2'	1'	1'
72	51	52	1	SR2-A-betonieren	0	0	2'	1'	3'
73	52	60	2	SR2-A-erhärten	0	0	0	0	0
74	60	61	1	SR2-A-ausschalen	1'	0	0	0	2'
75	43	44	0	S	0	0	0	0	0
76	52	53	0	S	0	0	0	0	0
77	61	62	0	S	0	0	0	0	0
78	44	53	2	WL-A-einschalen	8'	0	0	0	3'
79	53	54	3	WL-A-bewehren	0	0	3'	1'	1'
80 i.	54	55	2	WL-A-betonieren	0	0	3'	1'	5'

Tabelle 13

Ud.Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
81	55	62	2	WL-A-erhärten	0	0	0	0	0
82	62	63	2	WL-A-ausschalen	1'	0	0	0	2'
83	63	67	1	Lager versetzen	0	0	0	0	0
84	10	64	0	S	0	0	0	0	0
85	4	64	18	LG-Planung	0	0	0	0	0
86	64	65	3	LG-F-Aushub	0	0	0	1'	1'
87	65	66	2	LG-F-betonieren	0	0	0	0	2'
88	66	67	20	LG-aufbauen	9'	0	0	0	4'
89	4	67	6	Tragwerk Schalung verfestigen	8'	0	0	0	0
90	67	68	25	Tragwerk aufbauen	9'	0	0	0	3'
91	68	69	30	Tragwerk bewehren	0	6'	0	1'	0
92	69	70	4	Tragwerk betonieren	4'	0	6'	2'	10'
93	70	71	12	Tragwerk erhärten	0	0	0	0	0
94	71	72	5	LG-Träger abbauen	4'	0	0	0	3'
95	72	73	15	Tragwerk ausschalen	2'	0	0	0	10'
96	73	74	6	RB links - herstellen	5'	0	3'	1'	3'
97	74	75	6	RB rechts - herstellen	5'	0	3'	1'	3'
98	75	76	10	LG-abbauen	8'	0	0	0	4'
99	76	87	15	Baustellenräumung	0	0	0	1'	5'
100	75	77	3	Farbhandeckenisolierung	0	0	0	0	0



Tabelle 14

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
101	77	78	1	Bordsteine verlegen	0	0	0	0	0
102	78	80	3	Fahrbahndeckenbelag	0	0	0	0	0
103	78	79	1	Gehsteig - Ausgleichsbeton	0	0	0	0	0
104	79	80	0	S	0	0	0	0	0
105	80	81	1	Gehsteigbelag	0	0	0	0	0
106	81	87	6	Geländer	0	0	0	0	0
107	4	5	1	Eisen bestellen	0	0	0	0	0
108	5	17	1	LIEF und EB WR-F	0	2'	0	0	1'
109	5	25	1	LIEF und EB SR1-F	0	2'	0	0	1'
110	5	28	1	LIEF und EB SR2-F	0	2'	0	0	1'
111	5	31	1	LIEF und EB WL-F	0	2'	0	0	1'
112	5	39	2	LIEF und EB WR-A	0	2'	0	0	1'
113	5	47	2	LIEF und EB SR1-A	0	2'	0	0	1'
114	5	50	2	LIEF und EB SR2-A	0	2'	0	0	1'
115	5	53	2	LIEF und EB WL-A	0	2'	0	0	1'
116	5	68	12	LIEF und EB Tragwerk	0	5'	0	0	1'
117	5	73	2	LIEF und EB RB-links	0	2'	0	0	1'
118	5	74	2	LIEF und EB RB-rechts	0	2'	0	0	1'
119	4	6	1	KIES und Zement bestellen	0	0	0	0	0
120	6	23	1	MAT-WR-F	0	0	0	0	0

Tabelle 15

Lfd. Nr.	Knotennummer		Dauer	Beschreibung	Arbeitskräfte				
	i	j			1	2	3	4	5
121	6	26	1	MAT-SR1-F	0	0	0	0	0
122	6	29	1	MAT-SR2-F	0	0	0	0	0
123	6	32	1	MAT-WL-F	0	0	0	0	0
124	6	45	1	MAT-WR-A	0	0	0	0	0
125	6	48	1	MAT-SR1-A	0	0	0	0	0
126	6	51	1	MAT-SR2-A	0	0	0	0	0
127	6	54	1	MAT-WL-A	0	0	0	0	0
128	6	69	6	MAT Tragwerk	0	0	0	0	0
129	6	73	1	MAT-RB links	0	0	0	0	0
130	6	74	1	MAT-RB rechts	0	0	0	0	0
131	59	86	2	SR1-fertigstellen	0	0	0	0	2'
132	61	86	0	S	0	0	0	0	0
133	86	87	2	SR2-fertigstellen	0	0	0	0	2'
134	57	82	1	WR-Vertikalisierung	0	0	0	0	2'
135	82	83	1	WR-Schutzschlichtung	0	0	0	0	2'
136	83	85	3	WR-hinterfüllen	0	0	0	1'	2'
137	63	82	0	S	0	0	0	0	0
138	82	84	1	WL-Vertikalisierung	0	0	0	0	2'
139	84	85	1	WL-Schutzschlichtung	0	0	0	0	2'
140	85	87	3	WL-hinterfüllen	0	0	0	1'	2'

Tabelle 16

ZUSE / OPERATIONS RESEARCH

TERMINPLANUNG NACH C P M  
( CRITICAL PATH METHOD )

PROJEKT : TESTRECHNUNG STRASSENBRUECKE

DATUM : MAI 1965

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T K			
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV	UNAB W
0001	0003	0050	DETAILPROJEKTIERUNG	0000	0050	0000	0050	0000	0000	0000	0000 ⊕
0003	0004	0015	BEHOERDL. GENEHMIGUNG	0050	0065	0050	0065	0000	0000	0000	0000 ⊕
0001	0002	0002	ARBEITSKRAEFTEBESCHAFFUNG	0000	0002	0033	0035	0033	0000	0033	0000
0002	0004	0030	BAUSTELLEINEINRICHTUNG	0002	0032	0035	0065	0033	0033	0000	0000
0004	0007	0006	WR-F AUSHUB	0065	0071	0065	0071	0000	0000	0000	0000 ⊕
0007	0011	0003	WR-F POELZEN	0071	0074	0075	0078	0004	0000	0004	0000
0011	0017	0004	WR PFAHLGRUENDUNG	0074	0078	0078	0082	0004	0000	0004	0000
0017	0023	0003	WR-F BEWEHREN	0078	0081	0082	0085	0004	0000	0004	0000
0023	0024	0002	WR-F BETONIEREN	0081	0083	0085	0087	0004	0000	0004	0000
0024	0033	0001	WR-F AUSSCHALEN	0083	0084	0091	0092	0008	0000	0008	0000
0011	0012	0000	S	0074	0074	0080	0080	0006	0004	0002	0000
0017	0018	0001	UMSTELLUNG	0078	0079	0082	0083	0004	0002	0002	0000
0024	0025	0000	S	0083	0083	0087	0087	0004	0002	0002	0000
0033	0034	0000	S	0084	0084	0095	0095	0011	0006	0005	0000
0007	0008	0007	SR1-F AUSHUB	0071	0078	0071	0078	0000	0000	0000	0000 ⊕
0008	0012	0000	S	0078	0078	0080	0080	0002	0000	0002	0000
0012	0013	0003	SR1-F POELZEN	0078	0081	0080	0083	0002	0000	0002	0000
0013	0018	0000	S	0081	0081	0083	0083	0002	0000	0002	0000
0018	0019	0004	SR1 PFAHLGRUENDUNG	0081	0085	0083	0087	0002	0000	0002	0000
0019	0025	0000	S	0085	0085	0087	0087	0002	0000	0002	0000
0025	0026	0003	SR1-F BEWEHREN	0085	0088	0087	0090	0002	0000	0002	0000
0026	0027	0002	SR1-F BETONIEREN	0088	0090	0090	0092	0002	0000	0002	0000
0027	0034	0000	S	0090	0090	0095	0095	0005	0000	0005	0000
0034	0035	0001	SR1-F AUSSCHALEN	0090	0091	0095	0096	0005	0000	0005	0000
0013	0014	0000	S	0081	0081	0085	0085	0004	0004	0000	0002
0019	0020	0001	UMSTELLUNG	0085	0086	0087	0088	0002	0002	0000	0000
0027	0028	0000	S	0090	0090	0092	0092	0002	0002	0000	0000
0035	0036	0000	S	0091	0091	0098	0098	0007	0006	0001	0001
0008	0009	0007	SR2-F AUSHUB	0078	0085	0078	0085	0000	0000	0000	0000 ⊕
0009	0014	0000	S	0085	0085	0085	0085	0000	0000	0000	0000 ⊕
0014	0015	0003	SR2-F POELZEN	0085	0088	0085	0088	0000	0000	0000	0000 ⊕
0015	0020	0000	S	0088	0088	0088	0088	0000	0000	0000	0000 ⊕
0020	0021	0004	SR2 PFAHLGRUENDUNG	0088	0092	0088	0092	0000	0000	0000	0000 ⊕
0021	0028	0000	S	0092	0092	0092	0092	0000	0000	0000	0000 ⊕
0028	0029	0003	SR2-F BEWEHREN	0092	0095	0092	0095	0000	0000	0000	0000 ⊕
0029	0030	0002	SR2-F BETONIEREN	0095	0097	0095	0097	0000	0000	0000	0000 ⊕
0030	0036	0000	S	0097	0097	0098	0098	0001	0000	0001	0000
0026	0037	0001	SR2-F AUSSCHALEN	0097	0098	0098	0099	0001	0000	0001	0000
0015	0016	0000	S	0088	0088	0091	0091	0003	0003	0000	0003
0021	0022	0001	UMSTELLUNG	0092	0093	0092	0093	0000	0000	0000	0000 ⊕

Tabelle 17

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T K				
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEVD	URAB	W
0030	0031	0000	S	0097	0097	0097	0097	0000	0000	0000	0000	⊕
0037	0038	0000	S	0098	0098	0102	0102	0004	0004	0000	0000	⊕
0009	0010	0006	WL-F AUSHUB	0085	0091	0085	0091	0000	0000	0000	0000	⊕
0010	0016	0000	S	0091	0091	0091	0091	0000	0000	0000	0000	⊕
0016	0022	0002	WL-F POELZEN	0091	0093	0091	0093	0000	0000	0000	0000	⊕
0022	0031	0004	WL PFAHLGRUENDUNG	0093	0097	0093	0097	0000	0000	0000	0000	⊕
0031	0032	0003	WL-F BEWEHREN	0097	0100	0097	0100	0000	0000	0000	0000	⊕
0032	0038	0002	WL-F BETONIEREN	0100	0102	0100	0102	0000	0000	0000	0000	⊕
0038	0044	0001	WL-F AUSSCHALEN	0102	0103	0102	0103	0000	0000	0000	0000	⊕
0033	0039	0002	WR-A EINSCHALEN	0084	0086	0092	0094	0008	0000	0008	0000	⊕
0039	0045	0003	WR-A BEWEHREN	0086	0089	0094	0097	0008	0000	0008	0000	⊕
0045	0046	0002	WR-A BETONIEREN	0089	0091	0097	0099	0008	0000	0008	0000	⊕
0046	0056	0002	WR-A ERHAERTEN	0091	0093	0106	0108	0015	0000	0015	0000	⊕
0056	0057	0002	WR-A AUSSCHALEN	0093	0095	0108	0110	0015	0000	0015	0000	⊕
0039	0040	0000	S	0086	0086	0096	0096	0010	0005	0005	0000	⊕
0046	0047	0000	S	0091	0091	0099	0099	0008	0003	0005	0000	⊕
0057	0058	0000	S	0095	0095	0110	0110	0015	0004	0011	0000	⊕
0035	0040	0000	S	0091	0091	0096	0096	0005	0000	0005	0000	⊕
0040	0041	0003	SR1-A EINSCHALEN	0091	0094	0096	0099	0005	0000	0005	0000	⊕
0041	0047	0000	S	0094	0094	0099	0099	0005	0000	0005	0000	⊕
0047	0048	0002	SR1-A BEWEHREN	0094	0096	0099	0101	0005	0000	0005	0000	⊕
0048	0049	0001	SR1-A BETONIEREN	0096	0097	0101	0102	0005	0000	0005	0000	⊕
0049	0058	0002	SR1-A ERHAERTEN	0097	0099	0108	0110	0011	0000	0011	0000	⊕
0058	0059	0001	SR1-A AUSSCHALEN	0099	0100	0110	0111	0011	0000	0011	0000	⊕
0041	0042	0000	S	0094	0094	0099	0099	0005	0004	0001	0000	⊕
0049	0050	0000	S	0097	0097	0102	0102	0005	0004	0001	0000	⊕
0050	0060	0000	S	0100	0100	0111	0111	0011	0006	0005	0000	⊕
0037	0042	0000	S	0098	0098	0099	0099	0001	0000	0001	0000	⊕
0042	0043	0003	SR2-A EINSCHALEN	0098	0101	0099	0102	0001	0000	0001	0000	⊕
0043	0050	0000	S	0101	0101	0102	0102	0001	0000	0001	0000	⊕
0050	0051	0002	SR2-A BEWEHREN	0101	0103	0102	0104	0001	0000	0001	0000	⊕
0051	0052	0001	SR2-A BETONIEREN	0103	0104	0104	0105	0001	0000	0001	0000	⊕
0052	0060	0002	SR2-A ERHAERTEN	0104	0106	0109	0111	0005	0000	0005	0000	⊕
0060	0061	0001	SR2-A AUSSCHALEN	0106	0107	0111	0112	0005	0000	0005	0000	⊕
0043	0044	0000	S	0101	0101	0103	0103	0002	0002	0000	0001	⊕
0052	0053	0000	S	0104	0104	0105	0105	0001	0001	0000	0000	⊕
0061	0062	0000	S	0107	0107	0112	0112	0005	0005	0000	0000	⊕
0044	0053	0002	WL-A EINSCHALEN	0103	0105	0103	0105	0000	0000	0000	0000	⊕
0053	0054	0003	WL-A BEWEHREN	0105	0108	0105	0108	0000	0000	0000	0000	⊕
0054	0055	0002	WL-A BETONIEREN	0108	0110	0108	0110	0000	0000	0000	0000	⊕
0055	0062	0002	WL-A ERHAERTEN	0110	0112	0110	0112	0000	0000	0000	0000	⊕
0062	0063	0002	WL-A AUSSCHALEN	0112	0114	0112	0114	0000	0000	0000	0000	⊕
0063	0067	0001	LAGER VERSETZEN	0114	0115	0114	0115	0000	0000	0000	0000	⊕
0010	0064	0000	S	0091	0091	0092	0092	0001	0000	0001	0000	⊕
0004	0064	0020	LG-PLANUNG	0065	0085	0072	0092	0007	0006	0001	0006	⊕
0064	0065	0003	LG-F AUSHUB	0091	0094	0092	0095	0001	0000	0001	0000	⊕
0065	0066	0002	LG-F BETONIEREN	0094	0096	0095	0097	0001	0000	0001	0000	⊕
0066	0067	0018	LG AUFBAUEN	0096	0114	0097	0115	0001	0001	0000	0000	⊕
0004	0067	0006	TRAGWERK SCHALUNG VORFERT.	0065	0071	0109	0115	0044	0044	0000	0044	⊕
0067	0068	0025	TRAGWERK AUFBAUEN	0115	0140	0115	0140	0000	0000	0000	0000	⊕
0068	0069	0030	TRAGWERK BEWEHREN	0140	0170	0140	0170	0000	0000	0000	0000	⊕
0069	0070	0004	TRAGWERK BETONIEREN	0170	0174	0170	0174	0000	0000	0000	0000	⊕

Tabelle 18

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T K					
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV	UNAB W		
0070	0071	0012	TRAGWERK ERHAERTEN	0174	0186	0174	0186	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0071	0072	0005	LG-TRAEGER ABBAUEN	0196	0191	0186	0191	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0072	0073	0015	TRAGWERK AUSSCHALEN	0191	0206	0191	0206	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0073	0074	0006	RB LINKS HERSTELLEN	0206	0212	0206	0212	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0074	0075	0006	RB RECHTS HERSTELLEN	0212	0218	0212	0218	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0075	0076	0010	LG ABBAUEN	0218	0228	0218	0228	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0076	0077	0015	BAUSTELLENRAUMUNG	0228	0243	0228	0243	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0075	0077	0003	FAHRBAHNDECKENISOLIERUNG	0218	0221	0229	0232	0011	0000	0011	0000	0000	0000
0077	0078	0001	BORSTEINE VERLEGEN	0221	0222	0232	0233	0011	0000	0011	0000	0000	0000
0078	0080	0003	FAHRBAHNDECKENBELAG	0222	0225	0233	0236	0011	0000	0011	0000	0000	0000
0078	0079	0001	GEHSTEIG-AUSGLEICHSBETON	0222	0223	0235	0236	0013	0000	0013	0000	0000	0000
0079	0080	0000	S	0223	0223	0236	0236	0013	0002	0011	0000	0000	0000
0080	0081	0001	GEHSTEIGBELAG	0225	0226	0236	0237	0011	0000	0011	0000	0000	0000
0081	0087	0006	GELAENDER	0226	0232	0237	0243	0011	0011	0000	0000	0000	0000
0004	0005	0001	EISEN BESTELLEN	0065	0066	0080	0081	0015	0000	0015	0000	0000	0000
0005	0017	0001	LIEF UND EB WR-F	0066	0067	0081	0082	0015	0011	0004	0000	0000	0000
0005	0025	0001	LIEF UND EB SR1-F	0066	0067	0086	0087	0020	0018	0002	0003	0000	0000
0005	0028	0001	LIEF UND EB SR2-F	0066	0067	0091	0092	0025	0025	0000	0010	0000	0000
0005	0031	0001	LIEF UND EB WL-F	0066	0067	0096	0097	0030	0030	0000	0015	0000	0000
0005	0039	0002	LIEF UND EB WR-A	0066	0068	0092	0094	0026	0018	0008	0003	0000	0000
0005	0047	0002	LIEF UND EB SR1-A	0066	0068	0097	0099	0031	0026	0005	0011	0000	0000
0005	0050	0002	LIEF UND EB SR2-A	0066	0068	0100	0102	0034	0033	0001	0018	0000	0000
0005	0053	0002	LIEF UND EB WL-A	0066	0068	0103	0105	0037	0037	0000	0022	0000	0000
0005	0068	0012	LIEF UND EB TRAGWERK	0066	0078	0128	0140	0062	0062	0000	0047	0000	0000
0005	0073	0002	LIEF UND EB RB LINKS	0066	0068	0204	0206	0138	0138	0000	0123	0000	0000
0005	0074	0002	LIEF UND EB RB RECHTS	0066	0068	0210	0212	0144	0144	0000	0120	0000	0000
0004	0006	0001	KIES UND ZEMENT BESTELLEN	0065	0066	0083	0084	0018	0000	0018	0000	0000	0000
0006	0023	0001	MAT-WR-F	0066	0067	0084	0085	0018	0014	0004	0000	0000	0000
0006	0026	0001	MAT-SR1-F	0066	0067	0089	0090	0023	0021	0002	0003	0000	0000
0006	0029	0001	MAT-SR2-F	0066	0067	0094	0095	0028	0028	0000	0010	0000	0000
0006	0032	0001	MAT-WL-F	0066	0067	0099	0100	0033	0033	0000	0015	0000	0000
0006	0045	0001	MAT-WR-A	0066	0067	0096	0097	0030	0022	0008	0004	0000	0000
0006	0048	0001	MAT-SR1-A	0066	0067	0100	0101	0034	0029	0005	0011	0000	0000
0006	0051	0001	MAT-SR2-A	0066	0067	0103	0104	0037	0036	0001	0018	0000	0000
0006	0054	0001	MAT-WL-A	0066	0067	0107	0108	0041	0041	0000	0023	0000	0000
0006	0069	0006	MAT-TRAGWERK	0066	0072	0164	0170	0098	0098	0000	0080	0000	0000
0006	0073	0001	MAT-RB LINKS	0066	0067	0205	0206	0139	0139	0000	0121	0000	0000
0006	0074	0001	MAT-RB RECHTS	0066	0067	0211	0212	0145	0145	0000	0127	0000	0000
0059	0086	0002	SR1 FERTIGSTELLEN	0100	0102	0239	0241	0139	0005	0134	0000	0000	0000
0061	0086	0000	S	0107	0107	0241	0241	0134	0000	0134	0000	0000	0000
0086	0087	0002	SR2 FERTIGSTELLEN	0107	0109	0241	0243	0134	0134	0000	0000	0000	0000
0057	0082	0001	WR VERTIKALISOLIERUNG	0085	0086	0235	0236	0140	0018	0122	0003	0000	0000
0082	0083	0001	WR SCHUTZSCHLICHTUNG	0114	0115	0236	0237	0122	0000	0122	0000	0000	0000
0083	0085	0003	WR HINTERFUELLEN	0115	0118	0237	0240	0122	0000	0122	0000	0000	0000
0063	0082	0000	S	0114	0114	0236	0236	0122	0000	0122	0000	0000	0000
0082	0084	0001	WL VERTIKALISOLIERUNG	0114	0115	0238	0239	0124	0000	0124	0000	0000	0000
0084	0085	0001	WL SCHUTZSCHLICHTUNG	0115	0116	0239	0240	0124	0002	0122	0000	0000	0000
0085	0087	0003	WL HINTERUELLEN	0118	0121	0240	0243	0122	0122	0000	0000	0000	0000

PROJEKTENDE :0243

Tabelle 19

ZUSE / OPERATIONS RESEARCH

TERMINPLANUNG NACH C P M  
( CRITICAL PATH METHOD )

PROJEKT : TESTRECHNUNG STRASSENBRUECKE

DATUM : MAI 1965

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T K				
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV	UNAB	W
0001	0003	0050	DETAILPROJEKTIERUNG	0000	0050	0000	0050	0000	0000	0000	0000	0
0003	0004	0015	BEHOERDL. GENEHMIGUNG	0050	0065	0050	0065	0000	0000	0000	0000	0
0001	0002	0002	ARBEITSKRAEFTEBESCHAFFUNG	0000	0002	0033	0035	0033	0000	0033	0000	0
0002	0004	0030	BAUSTELLENEINRICHTUNG	0002	0032	0035	0065	0033	0033	0000	0000	0
0004	0007	0006	WR-F AUSHUB	0065	0071	0065	0071	0000	0000	0000	0000	0
0007	0011	0003	WR-F POELZEN	0071	0074	0071	0074	0000	0000	0000	0000	0
0011	0017	0004	WR PFAHLGRUENDUNG	0074	0078	0074	0078	0000	0000	0000	0000	0
0017	0023	0003	WR-F BEWEHREN	0078	0081	0078	0081	0000	0000	0000	0000	0
0023	0024	0002	WR-F BETONIEREN	0081	0083	0081	0083	0000	0000	0000	0000	0
0024	0033	0001	WR-F AUSSCHALEN	0083	0084	0087	0088	0004	0000	0004	0000	0
0011	0012	0000	S	0074	0074	0076	0076	0002	0002	0000	0002	0
0017	0018	0001	UMSTELLUNG	0078	0079	0078	0079	0000	0000	0000	0000	0
0024	0025	0000	S	0083	0083	0083	0083	0000	0000	0000	0000	0
0033	0034	0000	S	0084	0084	0091	0091	0007	0004	0003	0000	0
0007	0008	0005	SR1-F AUSHUB	0071	0076	0071	0076	0000	0000	0000	0000	0
0008	0012	0000	S	0076	0076	0076	0076	0000	0000	0000	0000	0
0012	0013	0003	SR1-F POELZEN	0076	0079	0076	0079	0000	0000	0000	0000	0
0013	0018	0000	S	0079	0079	0079	0079	0000	0000	0000	0000	0
0018	0019	0004	SR1 PFAHLGRUENDUNG	0079	0083	0079	0083	0000	0000	0000	0000	0
0019	0025	0000	S	0083	0083	0083	0083	0000	0000	0000	0000	0
0025	0026	0003	SR1-F BEWEHREN	0083	0086	0083	0086	0000	0000	0000	0000	0
0026	0027	0002	SR1-F BETONIEREN	0086	0088	0086	0088	0000	0000	0000	0000	0
0027	0034	0000	S	0088	0088	0091	0091	0003	0000	0003	0000	0
0034	0035	0001	SR1-F AUSSCHALEN	0088	0089	0091	0092	0003	0000	0003	0000	0
0013	0014	0000	S	0079	0079	0081	0081	0002	0002	0000	0002	0
0019	0020	0001	UMSTELLUNG	0083	0084	0083	0084	0000	0000	0000	0000	0
0027	0028	0000	S	0088	0088	0088	0088	0000	0000	0000	0000	0
0035	0036	0000	S	0089	0089	0094	0094	0005	0004	0001	0001	0
0008	0009	0005	SR2-F AUSHUB	0076	0081	0076	0081	0000	0000	0000	0000	0
0009	0014	0000	S	0081	0081	0081	0081	0000	0000	0000	0000	0
0014	0015	0003	SR2-F POELZEN	0081	0084	0081	0084	0000	0000	0000	0000	0
0015	0020	0000	S	0084	0084	0084	0084	0000	0000	0000	0000	0
0020	0021	0004	SR2 PFAHLGRUENDUNG	0084	0088	0084	0088	0000	0000	0000	0000	0
0021	0028	0000	S	0088	0088	0088	0088	0000	0000	0000	0000	0
0028	0029	0003	SR2-F BEWEHREN	0088	0091	0088	0091	0000	0000	0000	0000	0
0029	0030	0002	SR2-F BETONIEREN	0091	0093	0091	0093	0000	0000	0000	0000	0
0030	0036	0000	S	0093	0093	0094	0094	0001	0000	0001	0000	0
0036	0037	0001	SR2-F AUSSCHALEN	0093	0094	0094	0095	0001	0000	0001	0000	0
0015	0016	0000	S	0084	0084	0087	0087	0003	0003	0000	0003	0
0021	0022	0001	UMSTELLUNG	0088	0089	0088	0089	0000	0000	0000	0000	0

Tabelle 2o

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T			K	
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV		UNAB
0037	0031	0000	S	0093	0093	0093	0093	0000	0000	0000	0000	⊕
0037	0038	0000	S	0094	0094	0098	0098	0004	0004	0000	0003	
0009	0010	0006	WL-F AUSHUB	0081	0087	0081	0087	0000	0000	0000	0000	⊕
0010	0016	0000	S	0087	0087	0087	0087	0000	0000	0000	0000	⊕
0015	0022	0002	WL-F POELZEN	0087	0089	0087	0089	0000	0000	0000	0000	⊕
0022	0031	0004	WL PFAHLGRUENDUNG	0089	0093	0089	0093	0000	0000	0000	0000	⊕
0031	0032	0003	WL-F BEWEHREN	0093	0096	0093	0096	0000	0000	0000	0000	⊕
0032	0038	0002	WL-F BETONIEREN	0096	0098	0096	0098	0000	0000	0000	0000	⊕
0038	0044	0001	WL-F AUSSCHALEN	0098	0099	0098	0099	0000	0000	0000	0000	⊕
0033	0039	0002	WR-A EINSCHALEN	0084	0086	0088	0090	0004	0000	0004	0000	
0039	0045	0003	WR-A BEWEHREN	0086	0089	0090	0093	0004	0000	0004	0000	
0045	0046	0002	WR-A BETONIEREN	0089	0091	0093	0095	0004	0000	0004	0000	
0046	0056	0002	WR-A ERHAERTEN	0091	0093	0102	0104	0011	0000	0011	0000	
0056	0057	0002	WR-A AUSSCHALEN	0093	0095	0104	0106	0011	0000	0011	0000	
0039	0040	0000	S	0086	0086	0092	0092	0006	0003	0003	0000	
0046	0047	0000	S	0091	0091	0095	0095	0004	0001	0003	0000	
0057	0058	0000	S	0095	0095	0106	0106	0011	0002	0009	0000	
0035	0040	0000	S	0089	0089	0092	0092	0003	0000	0003	0000	
0040	0041	0003	SR1-A EINSCHALEN	0089	0092	0092	0095	0003	0000	0003	0000	
0041	0047	0000	S	0092	0092	0095	0095	0003	0000	0003	0000	
0047	0048	0002	SR1-A BEWEHREN	0092	0094	0095	0097	0003	0000	0003	0000	
0048	0049	0001	SR1-A BETONIEREN	0094	0095	0097	0098	0003	0000	0003	0000	
0049	0058	0002	SR1-A ERHAERTEN	0095	0097	0104	0106	0009	0000	0009	0000	
0058	0059	0001	SR1-A AUSSCHALEN	0097	0098	0106	0107	0009	0000	0009	0000	
0041	0042	0000	S	0092	0092	0095	0095	0003	0002	0001	0000	
0049	0050	0000	S	0095	0095	0098	0098	0003	0002	0001	0000	
0059	0060	0000	S	0098	0098	0107	0107	0009	0004	0005	0000	
0037	0042	0000	S	0094	0094	0095	0095	0001	0000	0001	0000	
0042	0043	0003	SR2-A EINSCHALEN	0094	0097	0095	0098	0001	0000	0001	0000	
0043	0050	0000	S	0097	0097	0098	0098	0001	0000	0001	0000	
0050	0051	0002	SR2-A BEWEHREN	0097	0099	0098	0100	0001	0000	0001	0000	
0051	0052	0001	SR2-A BETONIEREN	0099	0100	0100	0101	0001	0000	0001	0000	
0052	0060	0002	SR2-A ERHAERTEN	0100	0102	0105	0107	0005	0000	0005	0000	
0060	0061	0001	SR2-A AUSSCHALEN	0102	0103	0107	0108	0005	0000	0005	0000	
0043	0044	0000	S	0097	0097	0099	0099	0002	0002	0000	0001	
0052	0053	0000	S	0100	0100	0101	0101	0001	0001	0000	0000	
0061	0062	0000	S	0103	0103	0108	0108	0005	0005	0000	0000	
0044	0053	0002	WL-A EINSCHALEN	0099	0101	0099	0101	0000	0000	0000	0000	⊕
0053	0054	0003	WL-A BEWEHREN	0101	0104	0101	0104	0000	0000	0000	0000	⊕
0054	0055	0002	WL-A BETONIEREN	0104	0106	0104	0106	0000	0000	0000	0000	⊕
0055	0062	0002	WL-A ERHAERTEN	0106	0108	0106	0108	0000	0000	0000	0000	⊕
0062	0063	0002	WL-A AUSSCHALEN	0108	0110	0108	0110	0000	0000	0000	0000	⊕
0063	0067	0001	LAGER VERSETZEN	0110	0111	0110	0111	0000	0000	0000	0000	⊕
0010	0064	0000	S	0087	0087	0088	0088	0001	0000	0001	0000	
0004	0064	0020	LG-PLANUNG	0065	0085	0068	0088	0003	0002	0001	0002	
0064	0065	0003	LG-F AUSHUB	0087	0090	0088	0091	0001	0000	0001	0000	
0065	0066	0002	LG-F BETONIEREN	0090	0092	0091	0093	0001	0000	0001	0000	
0066	0067	0018	LG AUFBAUEN	0092	0110	0093	0111	0001	0001	0000	0000	
0004	0067	0006	TRAGWERK SCHALUNG VORFERT.	0065	0071	0105	0111	0040	0040	0000	0040	
0067	0068	0025	TRAGWERK AUFBAUEN	0111	0136	0111	0136	0000	0000	0000	0000	⊕
0068	0069	0030	TRAGWERK BEWEHREN	0136	0166	0136	0166	0000	0000	0000	0000	⊕
0069	0070	0004	TRAGWERK BETONIEREN	0166	0170	0166	0170	0000	0000	0000	0000	⊕
0070	0071	0012	TRAGWERK ERHAERTEN	0170	0182	0170	0182	0000	0000	0000	0000	⊕

Tabelle 24

AKTIVITAET			BESCHREIBUNG	FRUEHEST		SPAETEST		P U F F E R Z E I T K				
I	J	D		BEGINN	ENDE	BEGINN	ENDE	TOTAL	FREI	BEDV	UNAB	W
0071	0072	0005	LG-TRAEGER ABBAUEN	0182	0187	0182	0187	0000	0000	0000	0000	#
0072	0073	0015	TRAGWERK AUSSCHALEN	0187	0202	0187	0202	0000	0000	0000	0000	#
0073	0074	0006	RB LINKS HERSTELLEN	0202	0208	0202	0208	0000	0000	0000	0000	#
0074	0075	0006	RB RECHTS HERSTELLEN	0208	0214	0208	0214	0000	0000	0000	0000	#
0075	0076	0010	LG ABBAUEN	0214	0224	0214	0224	0000	0000	0000	0000	#
0076	0077	0015	BAUSTELLENRAUMUNG	0224	0239	0224	0239	0000	0000	0000	0000	#
0075	0077	0003	FAHRBAHNDECKENSOLIERUNG	0214	0217	0225	0228	0011	0000	0011	0000	
0077	0078	0001	BODSTEINE VERLEGEN	0217	0218	0228	0229	0011	0000	0011	0000	
0078	0080	0003	FAHRBAHNDECKENBELAG	0218	0221	0229	0232	0011	0000	0011	0000	
0078	0079	0001	GEHSTEIG-AUSGLEICHSBETON	0218	0219	0231	0232	0013	0000	0013	0000	
0079	0080	0000	S	0219	0219	0232	0232	0013	0002	0011	0000	
0080	0081	0001	GEHSTEIGBELAG	0221	0222	0232	0233	0011	0000	0011	0000	
0081	0087	0006	GELAENDER	0222	0228	0233	0239	0011	0011	0000	0000	
0004	0005	0001	EISEN BESTELLEN	0065	0066	0076	0077	0011	0000	0011	0000	
0005	0017	0001	LIEF UND EB WR-F	0066	0067	0077	0078	0011	0011	0000	0000	
0005	0025	0001	LIEF UND EB SR1-F	0066	0067	0082	0083	0016	0016	0000	0005	
0005	0031	0001	LIEF UND EB SR2-F	0066	0067	0087	0088	0021	0021	0000	0010	
0005	0031	0001	LIEF UND EB WL-F	0066	0067	0092	0093	0026	0026	0000	0015	
0005	0039	0002	LIEF UND EB WR-A	0066	0068	0088	0090	0022	0018	0004	0007	
0005	0047	0002	LIEF UND EB SR1-A	0066	0068	0093	0095	0027	0024	0003	0013	
0005	0050	0002	LIEF UND EB SR2-A	0066	0068	0096	0098	0030	0029	0001	0018	
0005	0053	0002	LIEF UND EB WL-A	0066	0068	0099	0101	0033	0033	0000	0022	
0005	0068	0012	LIEF UND EB TRAGWERK	0066	0078	0124	0136	0058	0058	0000	0047	
0005	0073	0002	LIEF UND EB RB LINKS	0066	0068	0200	0202	0134	0134	0000	0123	
0005	0074	0002	LIEF UND EB RB RECHTS	0066	0068	0206	0208	0140	0140	0000	0129	
0004	0006	0001	KIES UND ZEMENT BESTELLEN	0065	0066	0079	0080	0014	0000	0014	0000	
0006	0023	0001	MAT-WR-F	0066	0067	0080	0081	0014	0014	0000	0000	
0006	0026	0001	MAT-SR1-F	0066	0067	0085	0086	0019	0019	0000	0005	
0006	0029	0001	MAT-SR2-F	0066	0067	0090	0091	0024	0024	0000	0010	
0006	0032	0001	MAT-WL-F	0066	0067	0095	0096	0029	0029	0000	0015	
0006	0045	0001	MAT-WR-A	0066	0067	0092	0093	0026	0022	0004	0008	
0006	0048	0001	MAT-SR1-A	0066	0067	0096	0097	0030	0027	0003	0013	
0006	0051	0001	MAT-SR2-A	0066	0067	0099	0100	0033	0032	0001	0018	
0006	0054	0001	MAT-WL-A	0066	0067	0103	0104	0037	0037	0000	0023	
0006	0069	0006	MAT-TRAGWERK	0066	0072	0160	0166	0094	0094	0000	0080	
0006	0073	0001	MAT-RB LINKS	0066	0067	0201	0202	0135	0135	0000	0121	
0006	0074	0001	MAT-RB RECHTS	0066	0067	0207	0208	0141	0141	0000	0127	
0059	0086	0002	SR1 FERTIGSTELLEN	0098	0100	0235	0237	0137	0003	0134	0000	
0061	0086	0000	S	0103	0103	0237	0237	0134	0000	0134	0000	
0086	0087	0002	SR2 FERTIGSTELLEN	0103	0105	0237	0239	0134	0134	0000	0000	
0057	0082	0001	WR VERTIKALISOLIERUNG	0095	0096	0231	0232	0136	0014	0122	0003	
0082	0083	0001	WR SCHUTZSCHLICHTUNG	0110	0111	0232	0233	0122	0000	0122	0000	
0083	0085	0003	WR HINTERFUELLEN	0111	0114	0233	0236	0122	0000	0122	0000	
0083	0082	0000	S	0110	0110	0232	0232	0122	0000	0122	0000	
0082	0084	0001	WL VERTIKALISOLIERUNG	0110	0111	0234	0235	0124	0000	0124	0000	
0084	0085	0001	WL SCHUTZSCHLICHTUNG	0111	0112	0235	0236	0124	0002	0122	0000	
0085	0087	0003	WL HINTERFUELLEN	0114	0117	0236	0239	0122	0122	0000	0000	

PROJEKTENDE: 0239













Tabelle 27

ZUSE/OPERATIONS RESEARCH

BLATT : 06

ZEIT T	BEGINN ENDE	AKTIVITAET			ARBEITSMITTELBEDARF FUER DEN ZEITPUNKT T														
		I	J	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0221	ENDE	075	077	003	008	000	000	000	004										
0221	BEGINN	077	078	001	008	000	000	000	004										
0222	ENDE	077	078	001	008	000	000	000	004										
0222	BEGINN	078	080	003	008	000	000	000	004										
0222	BEGINN	078	079	001	008	000	000	000	004										
0223	ENDE	078	079	001	008	000	000	000	004										
0225	ENDE	078	080	003	008	000	000	000	004										
0225	BEGINN	080	081	001	008	000	000	000	004										
0226	ENDE	080	081	001	008	000	000	000	004										
0226	BEGINN	081	087	006	008	000	000	000	004										
0228	ENDE	075	076	010	000	000	000	000	000										
0228	BEGINN	076	087	015	000	000	000	001	005										
0232	ENDE	081	087	006	000	000	000	001	005										
0243	ENDE	076	087	015	000	000	000	000	000										

PROJEKTENDE : 0243

### Im Netzplan verwendete Abkürzungen

WR	Widerlager rechts
SR1	Säulenreihe I
SR2	Säulenreihe II
WL	Widerlager links
LG	Lehrgerüst
RB	Randbalken
F	Fundament
A	aufgehende Teile
LIEF	Anlieferung
EB	Eisenbieger für Bewehrung
MAT	Sand, Kies, Zement Anlieferung
S	Scheintätigkeit
AH	Aushub
PÖ	Pölzen
PF-Gr	Pfahlgründung
FE	Bewehren
BT	Betonieren
EIN	Einschalen
AUS	Ausschalen