



Management großer Softwareprojekte

Prof. Dr. Holger Schlingloff

Humboldt-Universität zu Berlin,
Institut für Informatik

Fraunhofer Institut für Rechnerarchitektur
und Softwaretechnik FIRST

Netzplantechnik - PERT

Program Evaluation and Review Technique (PERT)

„Ereignisknoten-Netzplan“

- Betont Projektzustände (Knoten, „Ereignisse“); von den Zustandsübergängen (Pfeile, „Aktivitäten“, beliebige Folgen von Vorgängen) zählt lediglich Dauer und Anordnungsbeziehung, nicht der Vorgang selbst
- wesentliches *Charakteristikum*: Berücksichtigung der Unsicherheit bei der Zeitschätzung; für jede Anordnungsbeziehung werden geschätzt:
 - **OD**: *optimistische Dauer*
 - **HD**: *häufigste Dauer*
 - **PD**: *pessimistische Dauer*

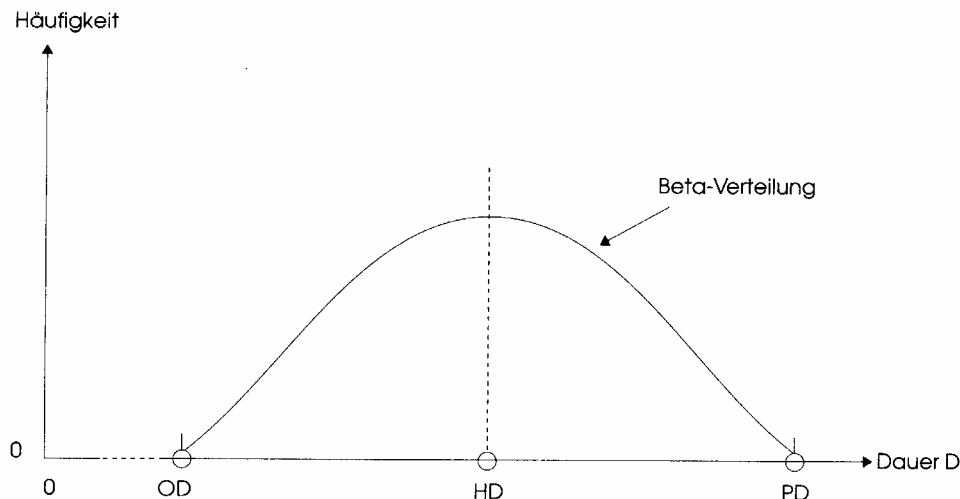


3-Zeiten Verteilung

- *Annahmen:*

- OD, HD und PD stellen drei repräsentative Werte der Häufigkeitsverteilung dar
- bei mehrfacher Durchführung fallen alle Zeitwerte zwischen OD und PD
- kontinuierliche Verteilungskurve

- *Folgerung:* Normalverteilung



Böhm Abb. 9.32, S. 288

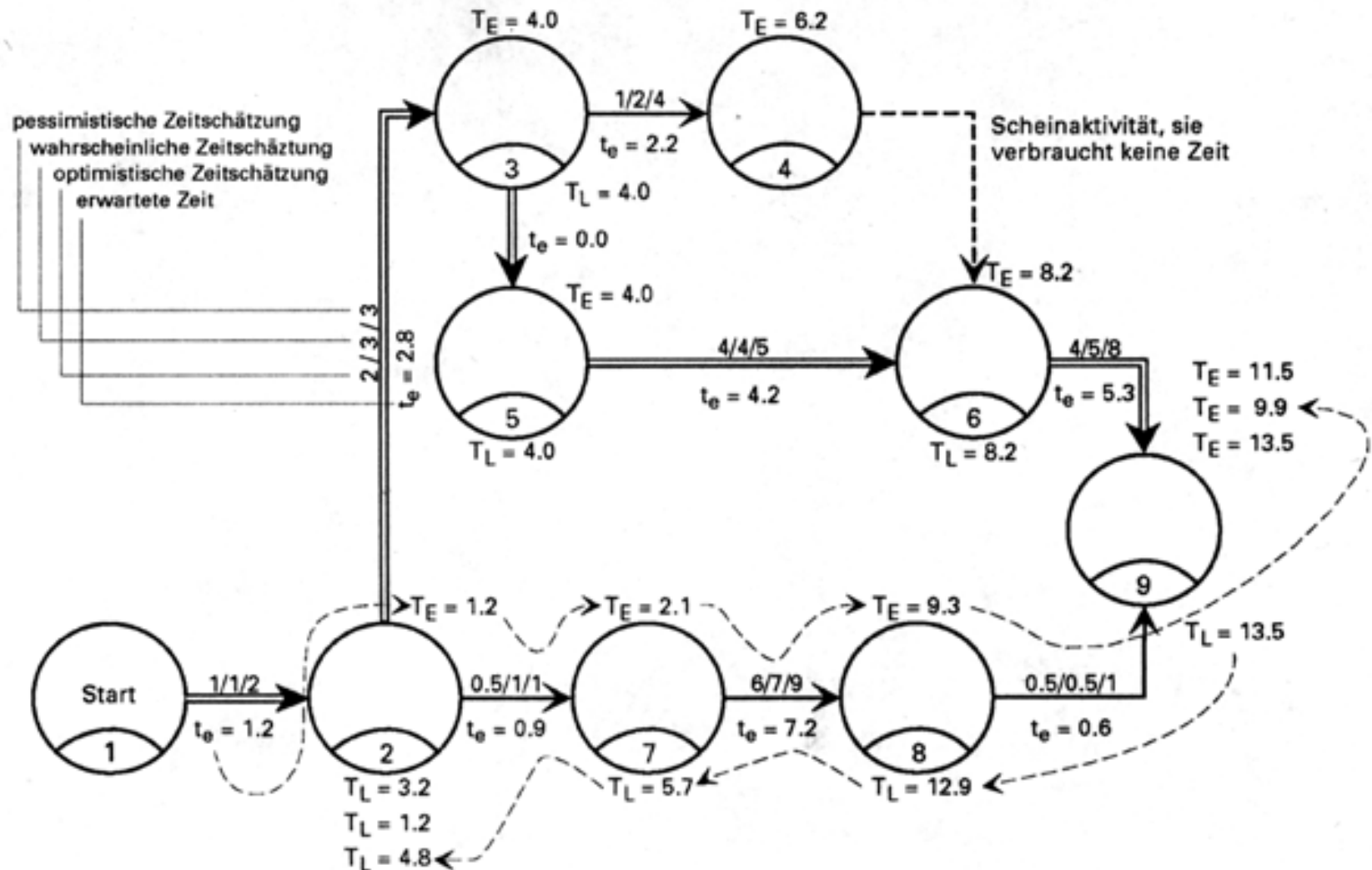


erwartete Zeit

- Berechnung der mittleren Dauer (MD) als *Erwartungswert* aus den drei Schätzungen OD, HD und PD
Näherungsgleichung:
$$MD = (OD + 4HD + PD)/6$$
- Berechnung der kumulativen **erwarteten Zeit** (T_E oder FZ) für eine Aktivität als Summe der erwarteten Dauern
(*Vorwärtsrechnung*)
- Berechnung der kumulativen **spätest möglichen Zeit** (T_L oder SZ) zu der eine Aktivität abgeschlossen sein muss, als Summe der Dauern durch *Rückwärtsrechnung* vom Endergebnis aus



Beispiel PERT-Netzplan



Varianz

- Angabe der **Varianz** (δ)² der Vorgangsdauer zur Bewertung der Unsicherheit bei der Angabe der Vorgangsdauer
- **Varianz** = Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom Mittelwert / (Anzahl Messungen – 1)
Standardabweichung = Wurzel aus der Varianz

Näherungsgleichung:

$$\delta^2(D) = ((PD - OD)/6)^2$$

- Die Varianz der frühesten/spätesten Zeitpunkte (FZ/SZ) ergibt sich aus der Summe der Varianzen, aus denen FZ und SZ berechnet wurden



Schlupf

- Da Ereignisse im Vordergrund stehen, werden nicht Pufferzeiten, sondern der *Schlupf* je Ereignis berechnet:
 $SL(i) = SZ(i) - FZ(i)$
- *Varianz des Schlupfs:*
$$\delta^2[SL(i)] = \delta^2[FZ(i)] + \delta^2[SZ(i)]$$
- oft wird der Endtermin des Projektes vorgegeben; der vorgegebene Plantermin eines Knotens (PT(i)) kann zum frühesten Termin (FT(i)) in Beziehung gebracht werden
- Ergebnis: Wahrscheinlichkeit, mit welcher der Plantermin erreicht werden kann



Rechenbeispiel

- Anwendung der Normalverteilung zwecks Berechnung:

$$z = [PT(i) - FT(i)] / \delta^2(FZ(i))$$

- **Beispiel:**

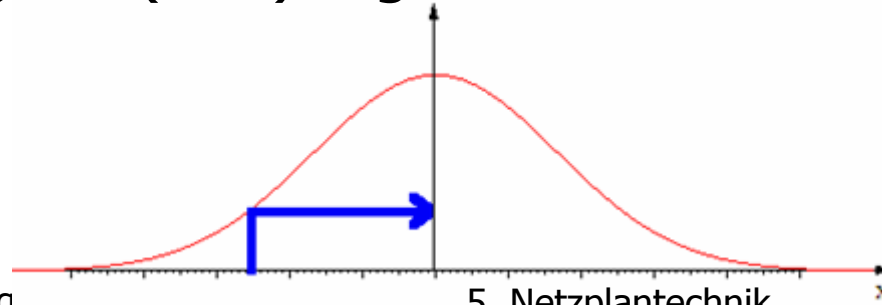
festgelegter Endtermin: 22. 4. 2003 (PT)

Ermittlung aus dem Netzplan ergibt: FT = 29. 4. 2003

$$\delta^2 = 14 \text{ Tage}$$

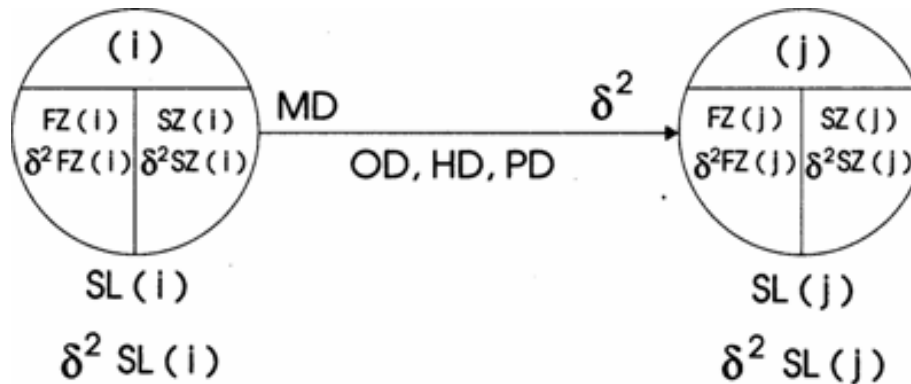
$$z = [(22. \text{ April}) - (29. \text{ April})] / 14 = -0.5$$

Normalverteilung bei (-0.5) ergibt Wahrscheinlichkeit ca. 31%



Notation im PERT-Netzplan

(Böhm Abb. 9.37, S. 292)



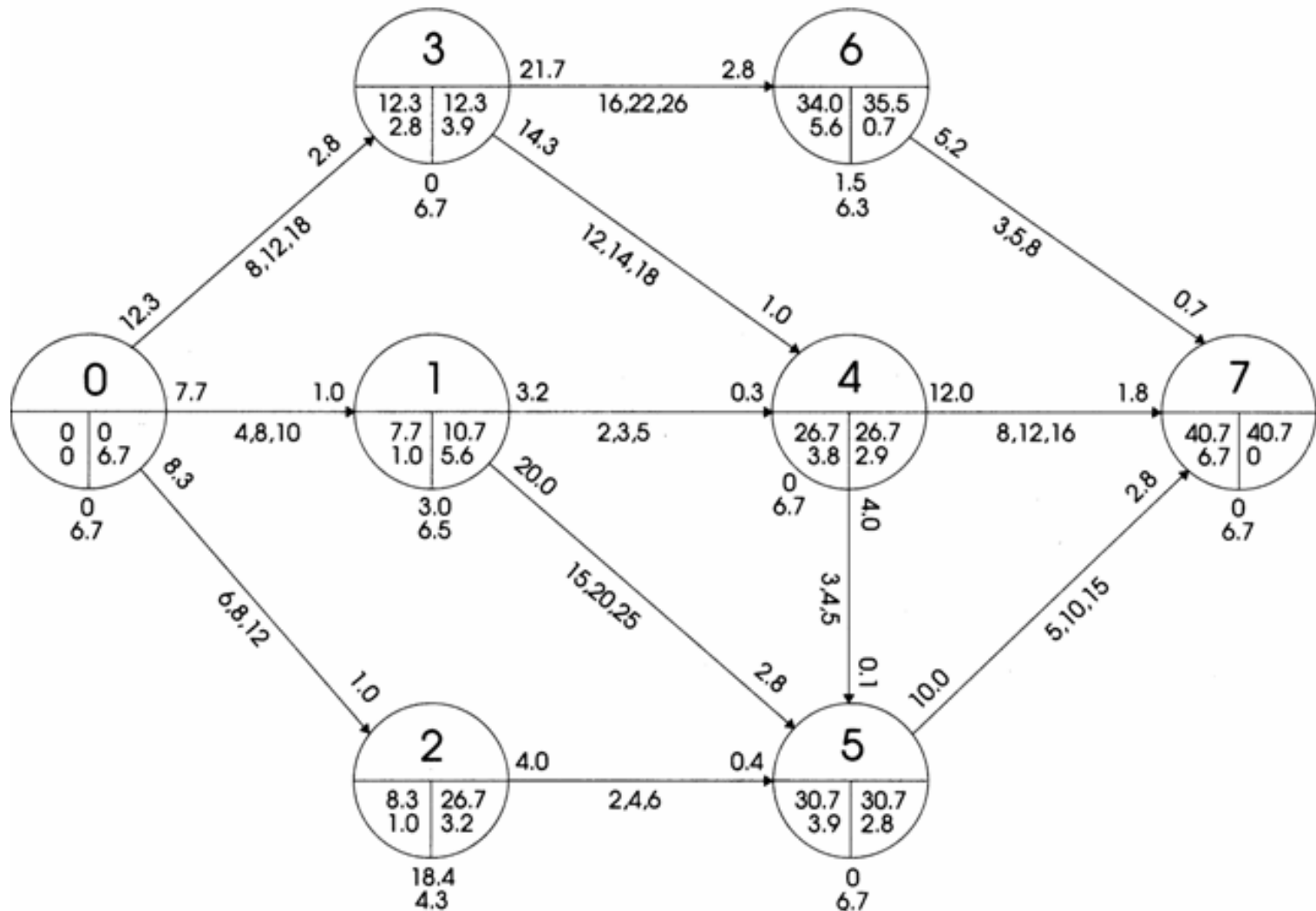
SL = Schlupf
 OD = optimistische Dauer
 PD = pessimistische Dauer
 HD = häufigste Dauer
 MD = Erwartungswert (Mittelwert)

$\delta^2 SL$ = Varianz des Schlupfs
 = $\delta^2 FZ(i) + \delta^2 SZ(j)$

$\delta^2 FZ / \delta^2 SZ$ = Varianz frühester/
 spätester Ereigniszeitpunkt



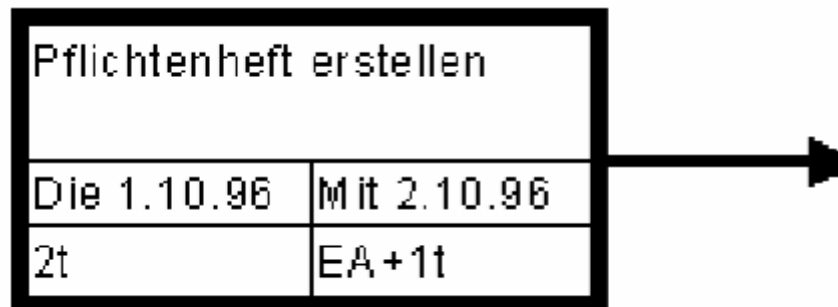
Beispiel PERT-Netzplan mit Varianzen



Netzplantechnik - MPM

MPM: Metra-Potential-Method (**Vorgangsknoten-Netzplan**)

- in Europa am meisten verbreitete Netzplanart
- Vorgänge als Rechtecke, Verbindungspfeile symbolisieren Abhängigkeiten
- Meilensteine = Vorgänge ohne Dauer



MPM: Zeitplanung

- **Vorgangsdauer** = für den Vorgang notwendige Arbeitszeit; **Arbeitsdauer** = Zeit, die eine Ressource für den Vorgang da ist
 - Bsp.: Vorgangsdauer „Anforderungsanalyse“ = 20 PT
 - 2 MA 100% → Arbeitsdauer je 10 Tage
 - 3 MA 50% → Arbeitsdauer 13,3 Tage
- Gesamtzeitraum = Kalenderzeit incl. Feiertage
- Festlegung von Vorgängen auf bestimmte „harte“ Termine möglich



Vorgangsbeziehungen

4 Möglichkeiten:

- **Ende-Anfang (EA):** Normalfolge
 - Vorgang beginnt sobald Vorgänger beendet ist
 - Beispiel: Design - Implementierung
- **Anfang-Anfang (AA):** Anfangsfolge
 - zweite Vorgang beginnt gleichzeitig mit erstem
 - Beispiel: Implementierung – Versionskontrolle Code
- **Ende-Ende (EE):** Endfolge
 - Vorgänge müssen gleichzeitig beendet werden
 - Beispiel: Übergabe - Backuperstellung
- **Anfang-Ende (AE):** Sprungfolge
 - Vorgang kann beendet werden sobald Vorgänger anfängt
 - Beispiel: Altsystemnutzung - Inbetriebnahme

Für jede dieser Beziehungen können positive oder negative Offsets (Wartezeiten) angegeben werden



a Netzplandarstellung

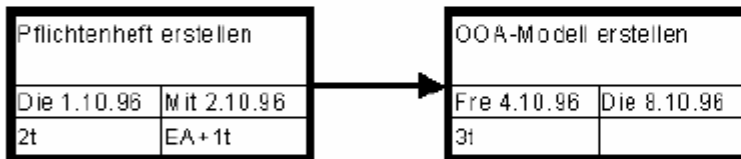
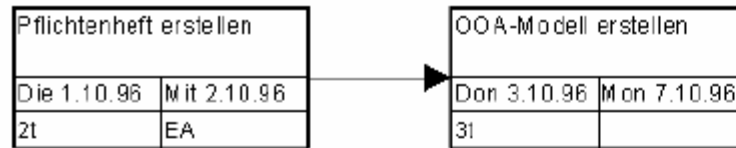


Abb. 2.4-3:
Beispiele für
verschiedene EA-
Beziehungen und
ihre Darstellung

Quelle: Balzert II pp 35 ff

Legende:

Name	
Frühester Anfang	Frühestes Ende
Dauer	Notizen

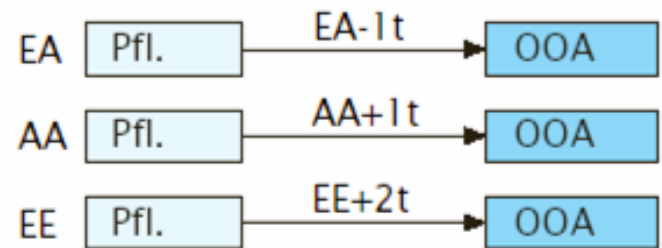
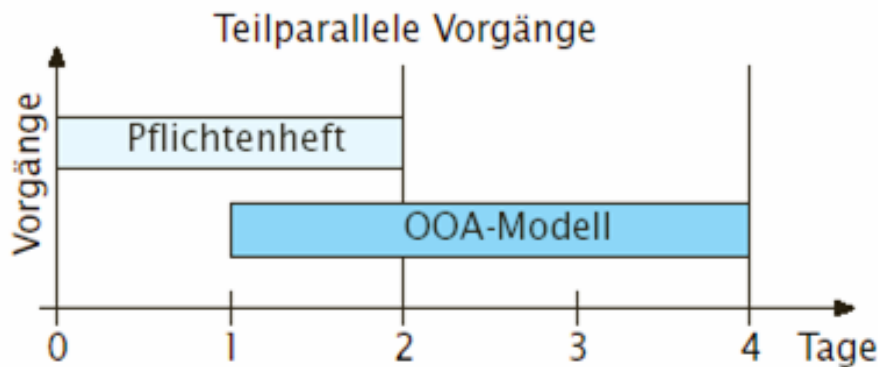
Im Feld Notizen ist die Vorgangs-
beziehung angegeben.
EE+1t bedeutet eine EE-Beziehung
mit 1Tag Verzögerung

b Gantt-Diagrammdarstellung

Nr.	Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende	Vorgänger	30. Sep '96						
						D	M	D	F	S	S	M
1	Pflichtenheft erstellen	2t	Die 1.10.96	Mit 2.10.96								
2	OOA-Modell erstellen	3t	Don 3.10.96	Mon 7.10.96	1							
3	Pflichtenheft erstellen	2t	Die 1.10.96	Mit 2.10.96								
4	OOA-Modell erstellen	3t	Mit 2.10.96	Fre 4.10.96	3EA-1t							
5	Pflichtenheft erstellen	2t	Die 1.10.96	Mit 2.10.96								
6	OOA-Modell erstellen	3t	Fre 4.10.96	Die 8.10.96	5EA+1t							



Beziehungsarten im Vergleich

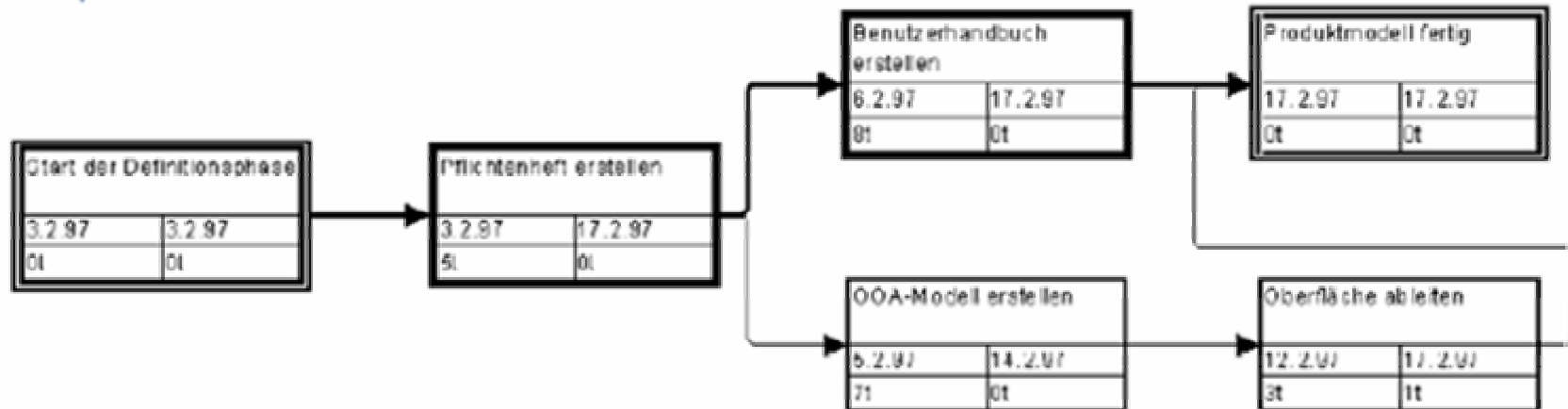


Constraints

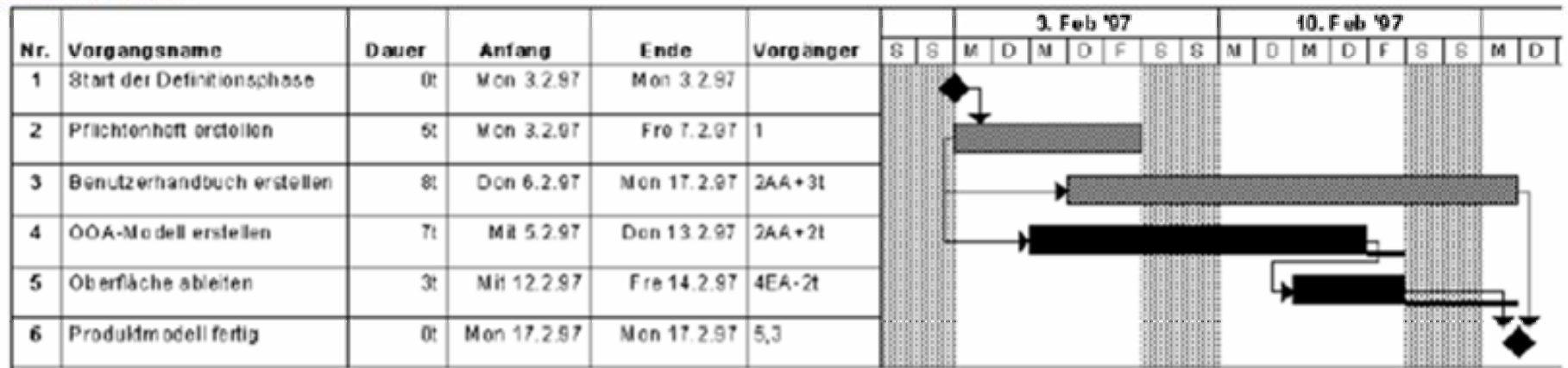
- mögliche Einschränkungen
 - so früh wie möglich
 - so spät wie möglich
 - endet nicht später als am 31.12.2002
 - fängt nicht später an als am 1.1.2003
 - endet nicht früher als am 18.12.
 - beginnt nicht früher als am 18.2.
 - muss enden am 30.4.
 - muss anfangen am 1.5.
- Achtung, zu viele constraints können den MPM-Netzplan unlösbar machen! (negative Pufferzeiten)



a Netzplan



b Gantt-Diagramm



Legende: Netzplan

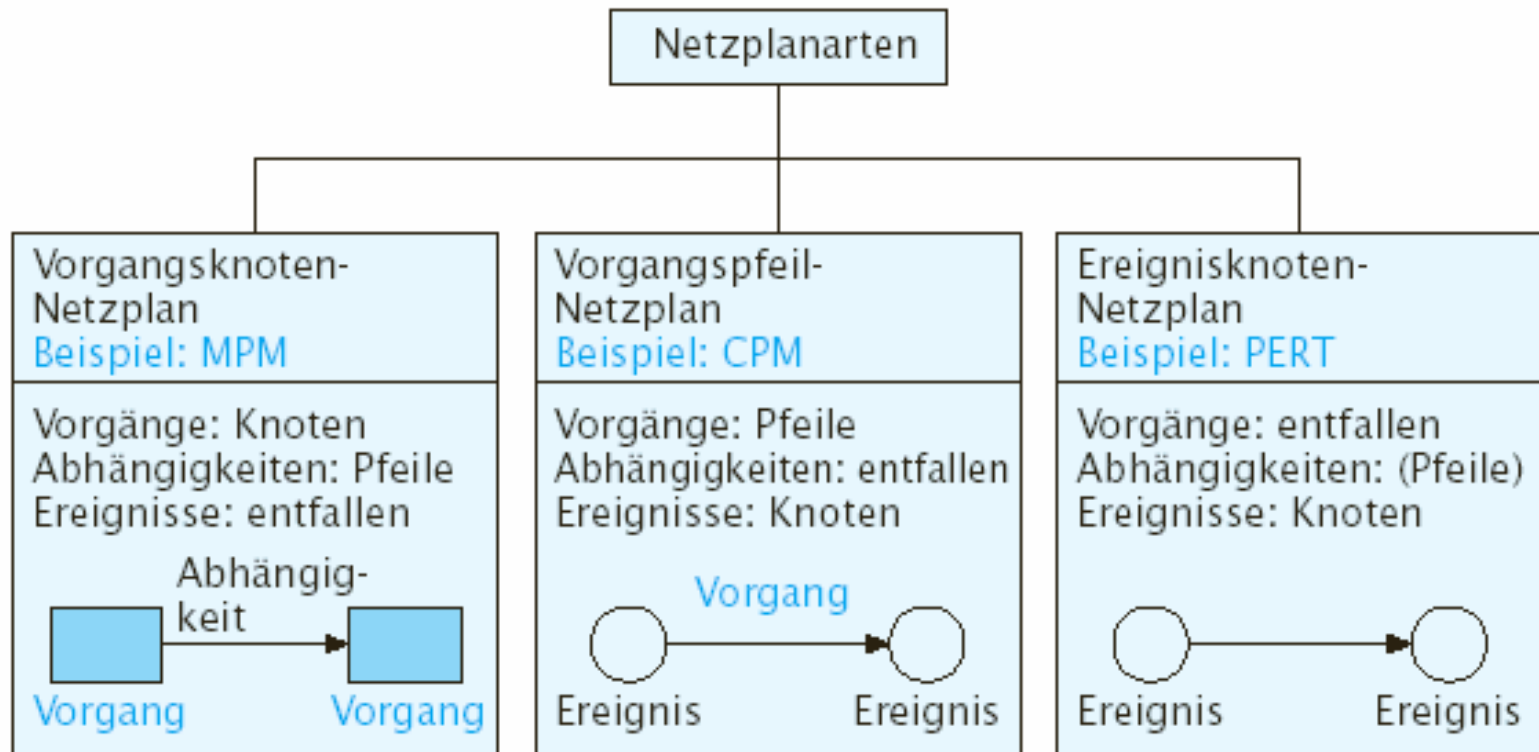
Name		Kritisch	Meilenstein
Frühester Anfang	Spätestes Ende	Nicht kritisch	Sammelvorgang
Dauer	Freie Pufferzeit		

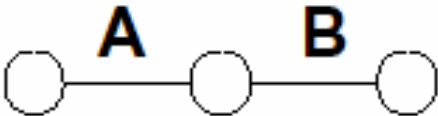
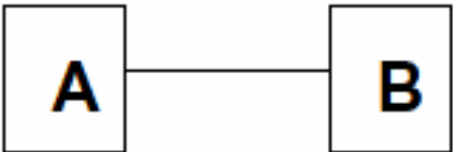
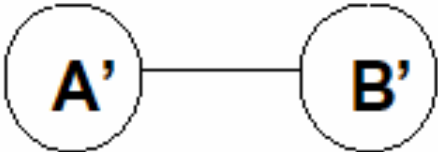
Legende: Gantt-Diagramm

Vorgang	
Kritischer Vorgang	
Puffer	
Meilenstein	

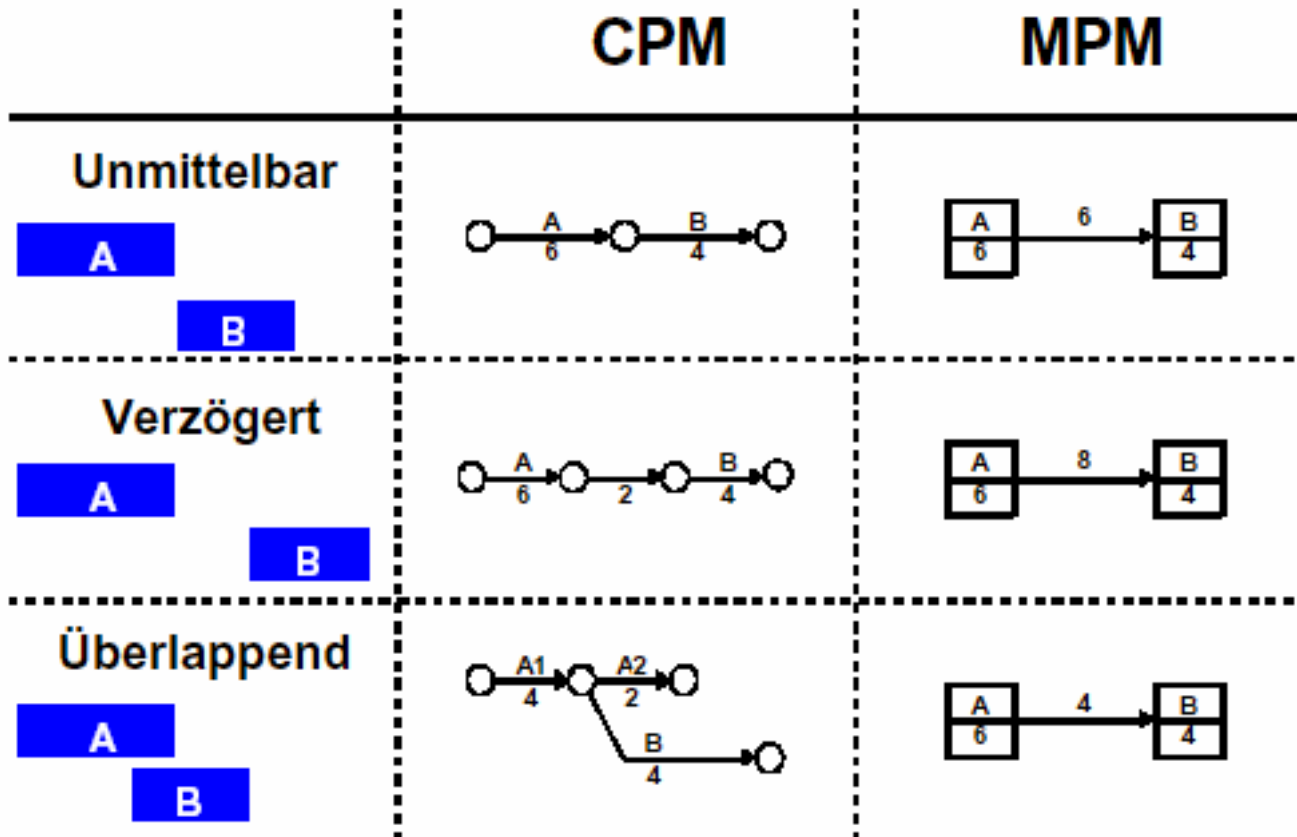
Vergleich der Netzplantechniken

Quelle: Balzert



Arten	Darstellung	Elemente	Methode
VPN		Vorgänge = Pfeile Ereignis = Knoten	CPM
VKN		Vorgänge = Knoten Reihenfolge = Pfeile	MPM
EKN		Ereignis = Knoten Reihenfolge = Pfeile	PERT

Vorgangsbeziehungen



Strukturierung von Netzplänen

- Untergliederung in Teilnetze
 - organisationsorientiert: nur Teilaufträge
 - projektorientiert: Teilprojekte
- Netzplanverdichtung
 - frühere und künftige Teile nicht detailliert
- Meilenstein-Netzplan
 - nur Meilenstein-Pseudovorgänge
- Rahmennetzplan
 - unternehmensspezifische Schablone



Aufgabe

Gegeben seien folgende Vorgänge:

/1/ Vorgang 1, Aufwand 3 MT, fester Anfang am 21.10.96

/2/ Vorgang 2, Aufwand 20 MT

/3/ Vorgang 3, Aufwand 15 MT

/4/ Vorgang 4, Aufwand 5 MT, festes Ende am 13.12.96

Zwischen den Vorgängen existieren folgende Abhängigkeiten:

/2/ kann sofort nach Ende von /1/ beginnen

/3/ kann erst 5 Tage nach Ende von /1/ beginnen

/4/ kann erst beginnen, wenn /3/ beendet ist

/4/ kann frühestens 5 Tage vor dem Ende von /2/ beginnen

a Gehen Sie zunächst davon aus, daß jedem Vorgang ein anderer Mitarbeiter zugeordnet ist. Berechnen Sie zu jedem Vorgang die frühen und die späten Termine und geben Sie die Pufferzeiten an. Hat der resultierende Netzplan einen kritischen Pfad?

b Gehen Sie nun davon aus, daß das gesamte Projekt von einem einzigen Mitarbeiter durchgeführt wird. Kann man in diesem Fall eine termin- und kapazitätstreue Bedarfsoptimierung vornehmen? Wenn nicht, welche Möglichkeiten hat man, um das Projekt dennoch durchzuführen?



Wo stehen wir?

- **Planungsarten**

- *Aktivitätenlisten, Projektstrukturpläne*
- *Projektablaufpläne*
- *Terminpläne, Kostenpläne, Kapazitätspläne*

- **Planungstechniken:**

- *Netzpläne*
- *Balkendiagramme (Gantt-Diagramme)* 
- *Einsatzmittel-Auslastungsdiagramme (EAD)*

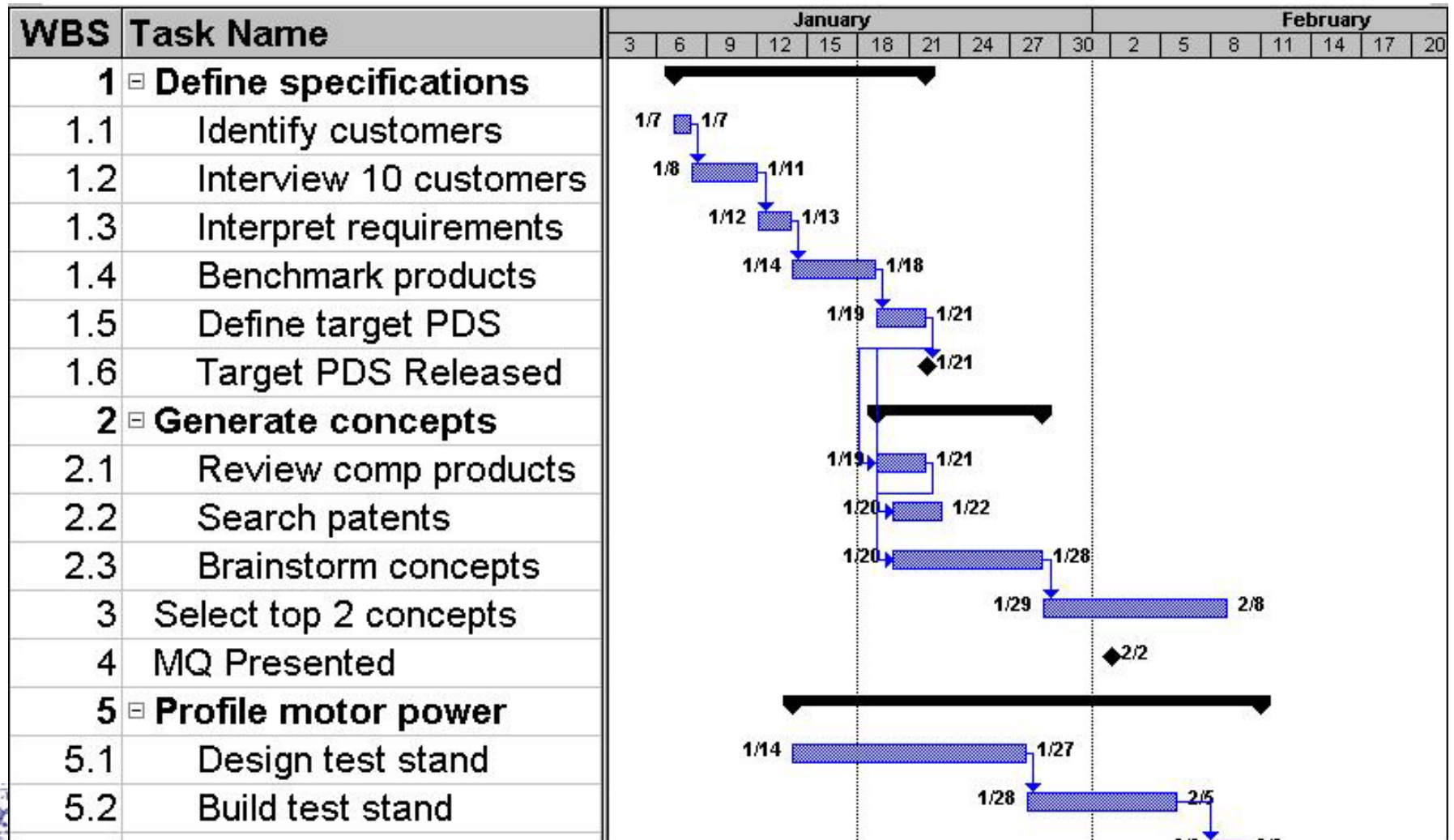


Planungstechniken - Balkendiagramm

- **Balkendiagramme:** auch "Gantt-Diagramme"
vielseitige Verwendung;
horizontale Achse: Zeit
vertikale Achse: z.B.
 - Sachmittel: "Belegungsplan"
 - Aufgaben: "Tätigkeitsplan", "Projektfortschrittsplan"
 - Aufgabenträger: "Einsatzplan"
- **Erweiterungen:**
 - Balken können mit Wert beschriftet werden
z.B. Mitarbeitername
 - je ein Balken für Soll- und Ist-Wert zwecks Vergleich



Beispiel: Gantt-Diagramm aus Project



Beispiel: Gantt-Chart als Tabelle

ME 5254 Canoe Lift Project, SQ 97

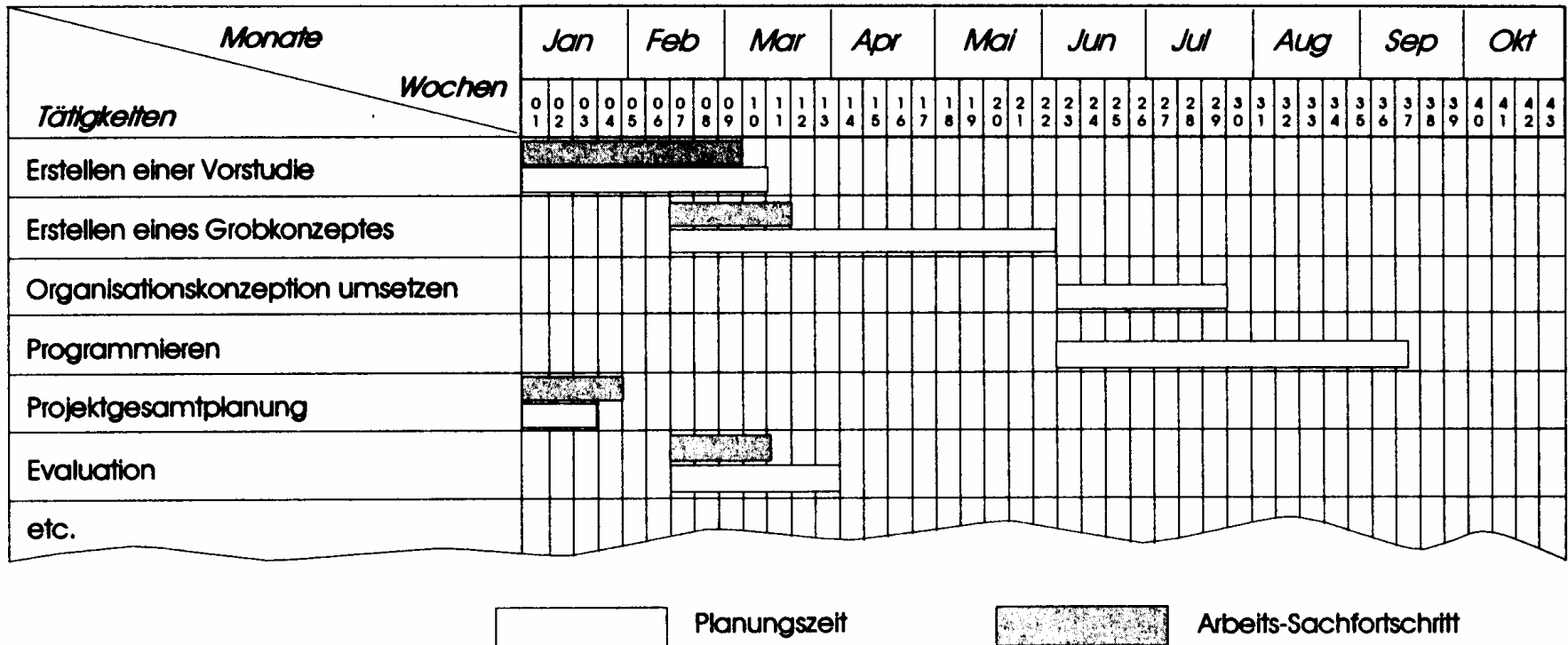
Updated Apr-7-97

			APRIL							MAY							JUNE							
Task	Duration	Who	1	3	5	10	15	17	22	24	29	1	5	8	13	15	20	22	27	29	3	5	9	11
MARKET RESEARCH																								
Interview 25 customers	2w	dz,mp,sq																						
Internet survey	2w	kl																						
COMPETITION																								
Brochures/ads/catalogs	12d	wd,kl																						
Sporting stores	12d	wd,sq																						
OTHER RESEARCH																								
Patent search	2w	mp,dz																						
CONCEPT DESIGN	7d																							
Brainstorming session(s)		ALL																						
CONCEPT SELECTION	2d	wd																						
DETAIL DESIGN																								
Structural analysis	14d	sq																						
Pro/E drawings	14d	kl,mp																						
Mechanism design	14d	mp																						
PROTOTYPE																								
Order purchased parts	7d	kl																						
Fabricate machined parts	14d	dz																						
Assemble	5d	dz,kl,mp																						
Test	5d	dz,kl,mp																						
Alpha prototype complete	0d																							



Beispiel: Balkendiagramm mit Ist-Soll-Vergleich

(Jenny Abb. 4.07, S.344)



Einsatzmittel -Auslastungsdiagramm (E-A-D)

- **Motivation:** Berechnung und Visualisierung der Personal- und Betriebsmitteleinheiten, die zu bestimmten Zeitpunkten während des Projektablaufes benötigt werden.
- **Ziele** der Einsatzmittelplanung:
 - Reduktion der Brachzeiten von Einsatzmitteln
 - Reduktion der Gesamtheit von Einsatzmitteln
 - Erhöhung der Anzahl der zu bearbeitenden Objekte
 - Optimierung des Einsatzes von Menschen und Maschinen
- horizontale Achse des E-A-Diagramms: Zeit
vertikale Achse: Anzahl der Einheiten

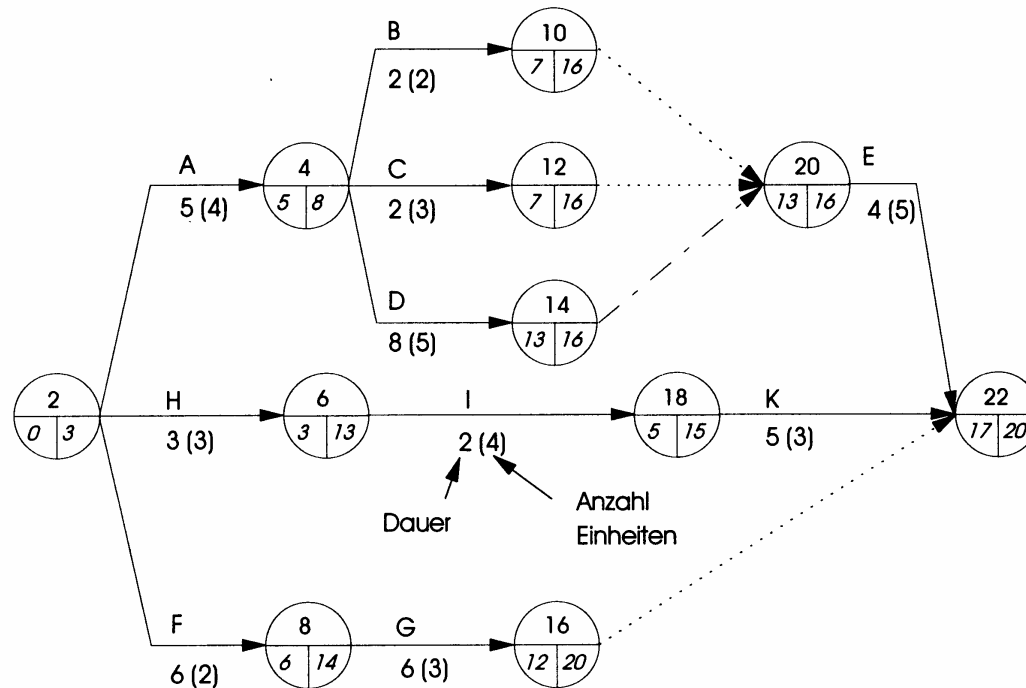


Schritte zum EAD

- Erstellen des Netzplans, erweitert um die Angabe der Einsatzmitteleinheiten (in Klammer, rechts von der Dauer)
- Erstellen des Balkendiagramms der frühesten Lage
- Erstellen des E-A-Diagramms der frühesten Lage
- Erstellen des Balkendiagramms der spätesten Lage
- Erstellen des E-A-Diagramms der spätesten Lage
- Durchführen der Bedarfsglättung gemäß der Bedarfsbegrenzung ("nicht-funktionale Anforderungen")

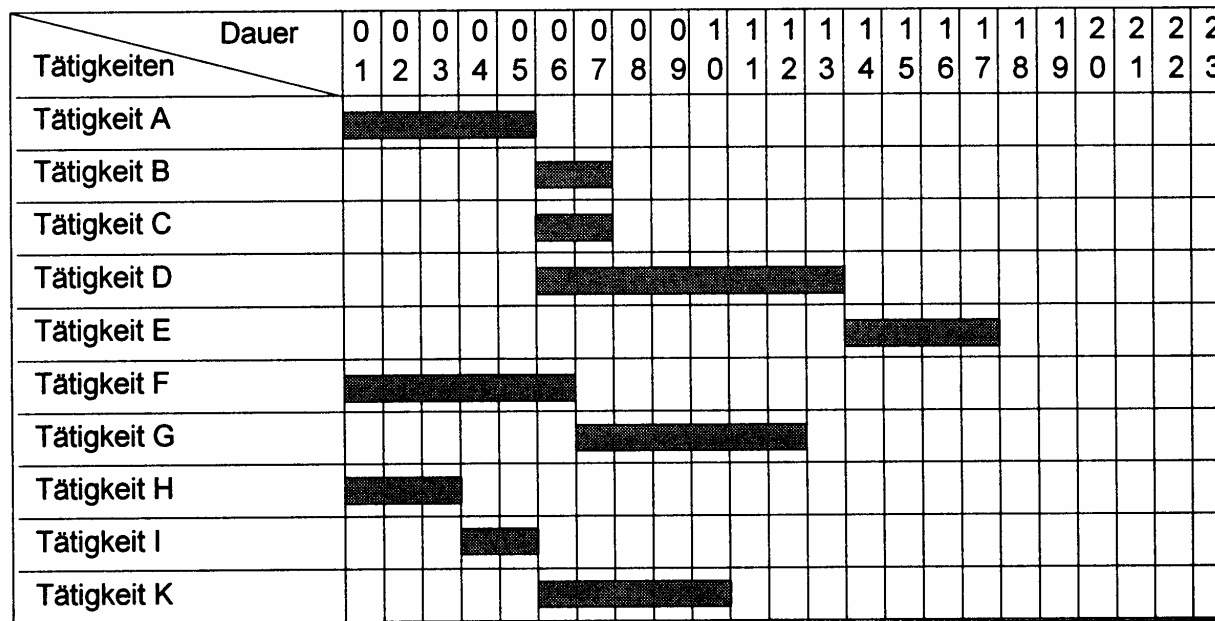


- Beispiel eines Netzplans mit Einsatzmitteleinheiten
(und mit unterschiedlichen Zeitwerten des Endereignisses)



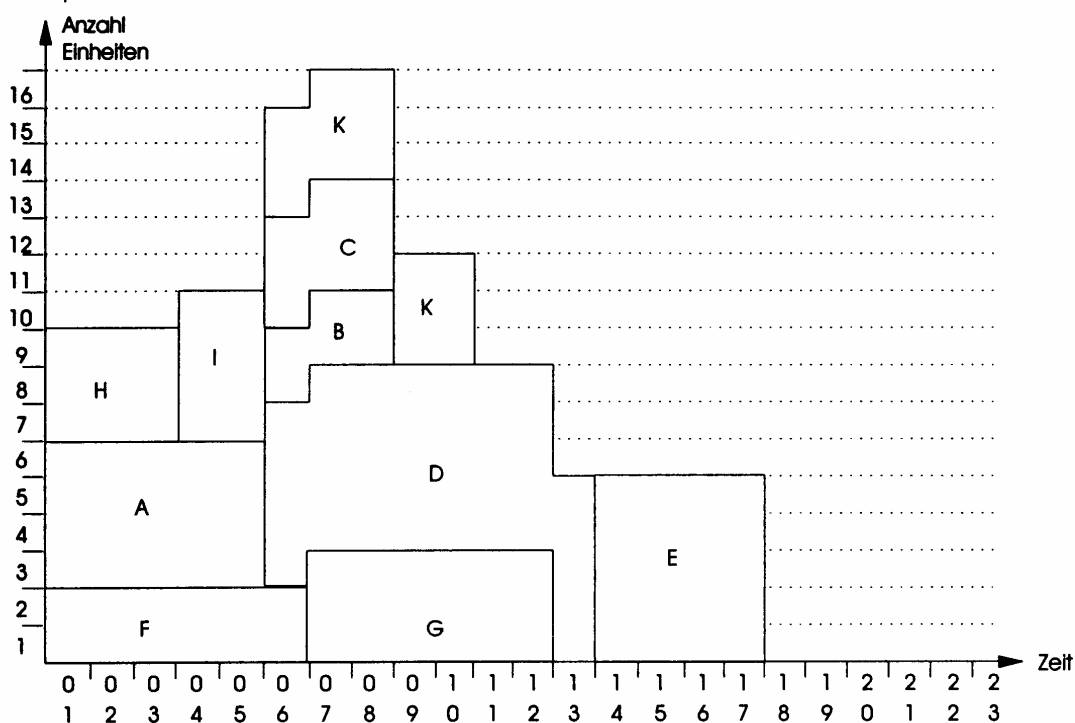
(Jenny Abb. 4.08, S. 436)

- Beispiel für ein Balkendiagramm der frühesten Lage



(Jenny Abb. 4.09, S. 346)

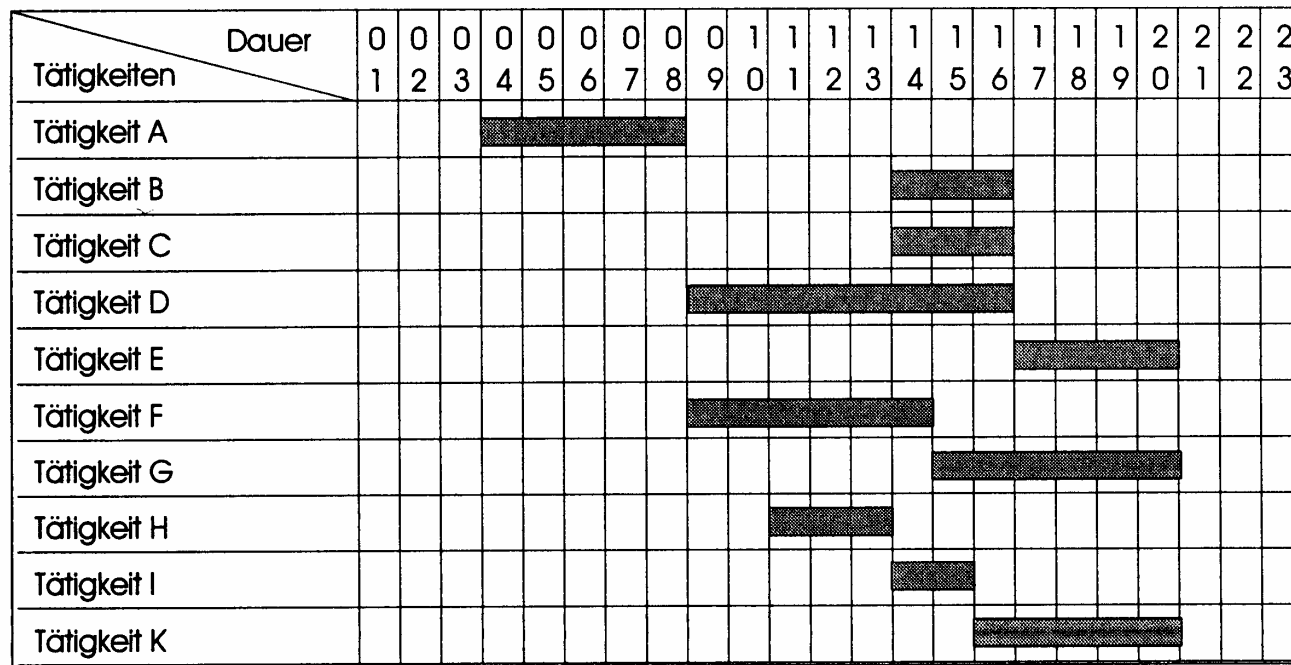
- Beispiel des Ergebnisses der Übertragung des Balkendiagramms der frühesten Lage auf das E-A-Diagramm der frühesten Lage. Kein Vorgang nutzt dabei etwaige Pufferzeiten.



(Jenny Abb. 4.10, S. 347)

Planungstechniken - Schritte zum Einsatzmittel-Auslastungsdiagramm

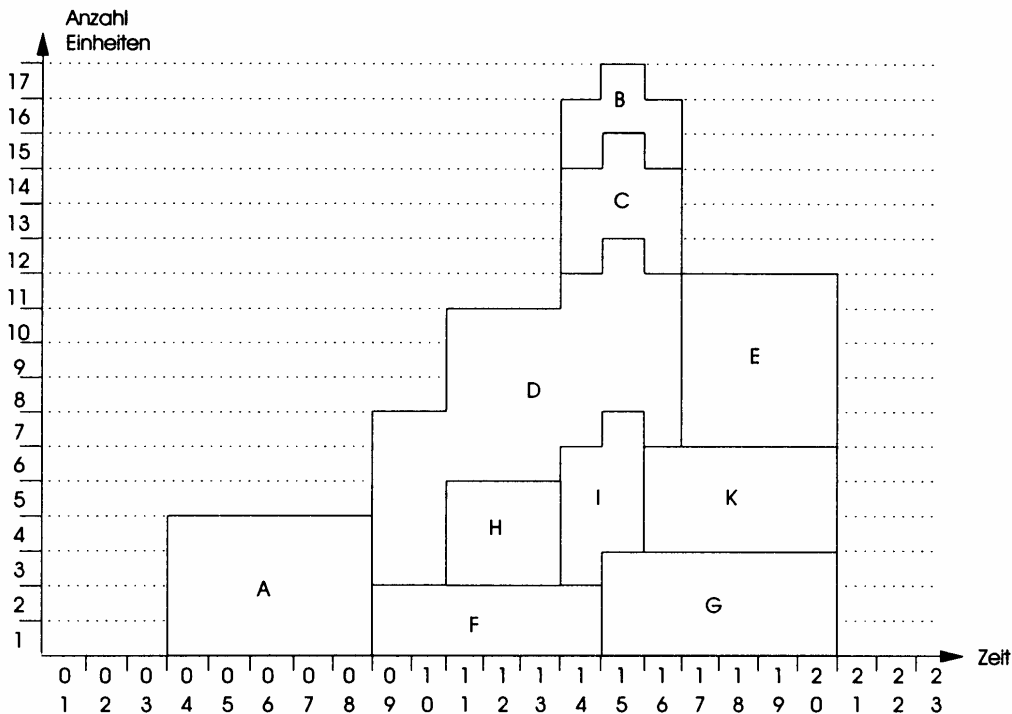
- Beispiel für ein Balkendiagramm der spätesten Lage



(Jenny Abb. 4.11, S. 347)

Planungstechniken - Einsatzmittel-Auslastungsdiagramm

- Beispiel des Ergebnisses der Übertragung des Balkendiagramms der spätesten Lage auf das E-A-Diagramm der spätesten Lage. Alle Pufferzeiten werden voll dabei ausgeschöpft.



(Jenny Abb.4.12,
S. 348)



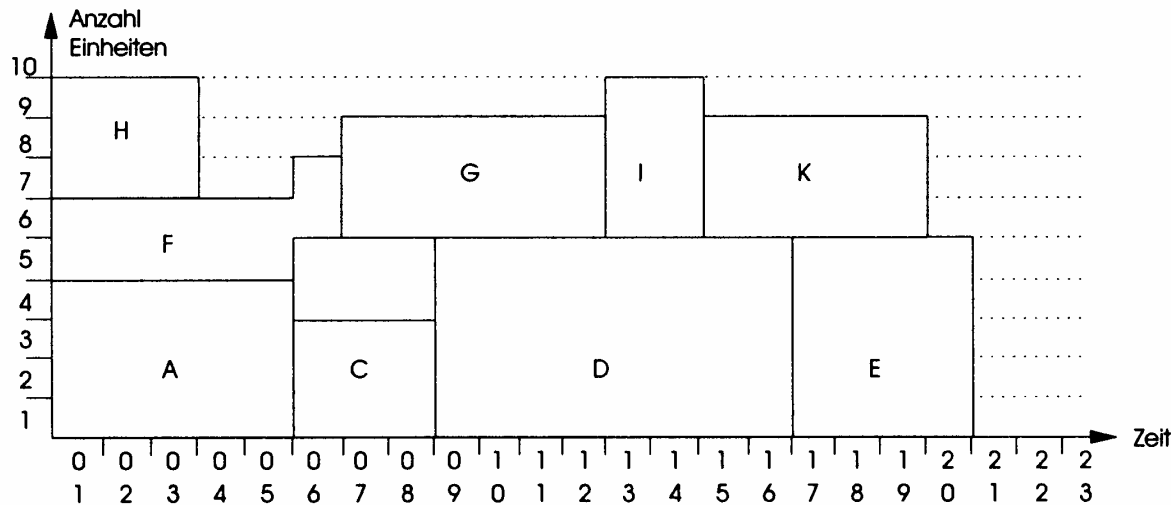
Planungstechniken - Bedarfsglättung im Einsatzmittel-Auslastungsdiagramm

- Die E-A-Diagramme der frühesten und der spätesten Lage zeigen Extremwerte des Bedarfs an.
- Optimale Nutzung der Pufferzeiten ermöglicht Minimierung der Grenzwerte.
- Neuordnung der Tätigkeiten innerhalb der erlaubten Spektren ermöglicht eine Anpassung des Bedarfs gemäß der Bedarfsbegrenzung.
erreicht durch: Verschieben der Vorgänge, der Ereignisse, oder der Arbeitspakete innerhalb der Pufferzeiten.
- Frühzeitige Erkennung von Engpässen wird ermöglicht



Planungstechniken - Bedarfsglättung im Einsatzmittel-Auslastungsdiagramm

- Beispiel einer Glättung unter dem Kriterium, dass die auf zehn Einheiten festgelegte Bestandesgrenze eingehalten werden muss.



(Jenny Abb. 4.13, S. 348)

