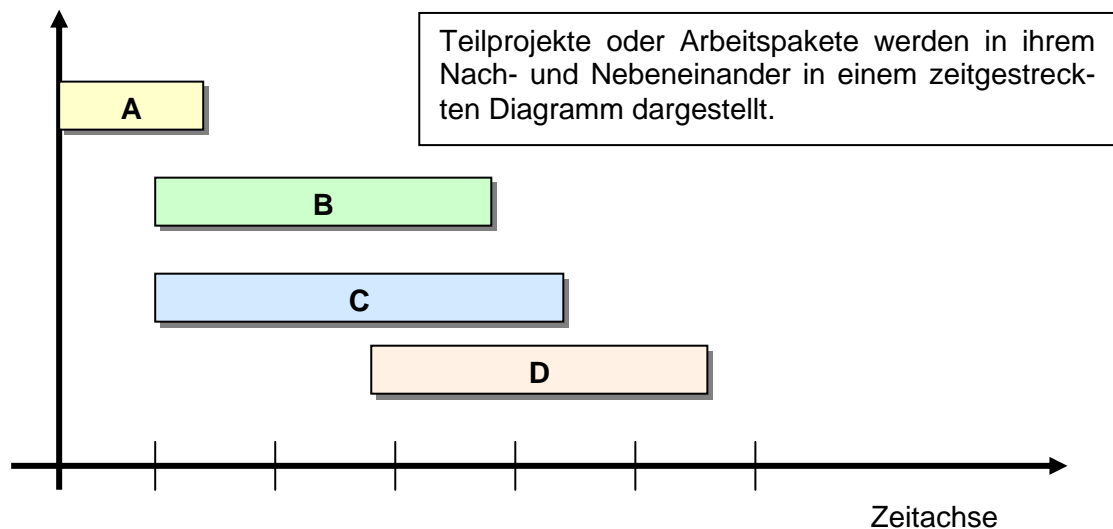


# Projekte und Projektmanagement

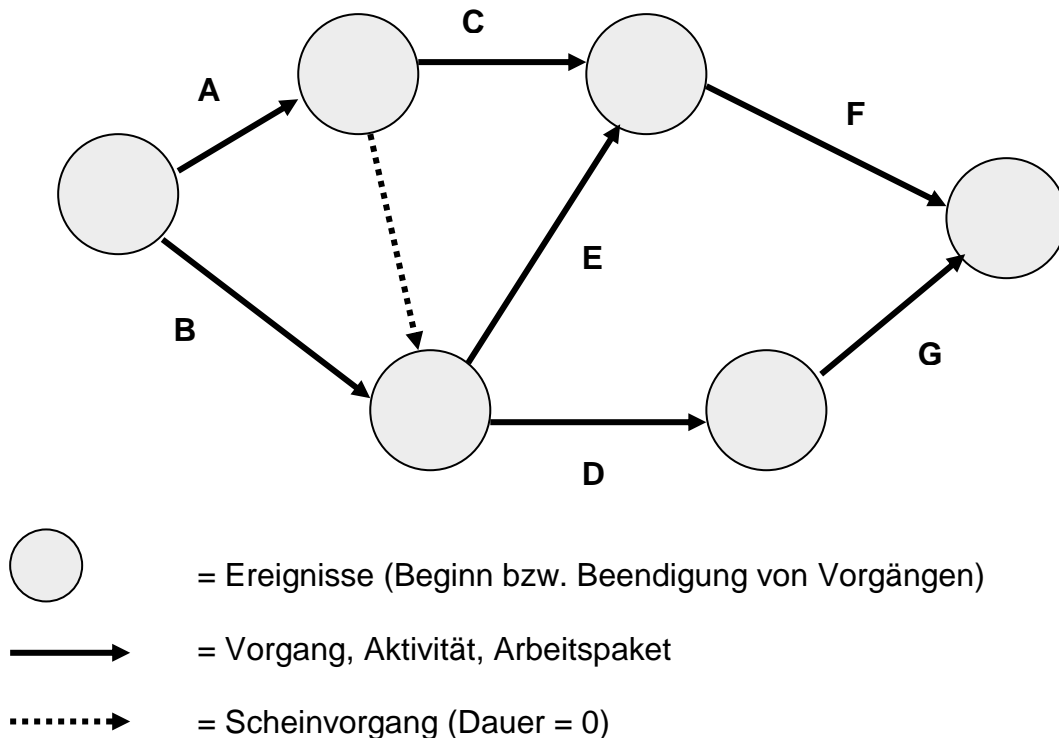
## Thema: Ablauf- und Zeitplanung (Netzplantechnik)

### 1. Ablaufplanung (Darstellungsformen, Instrumente)

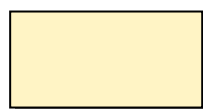
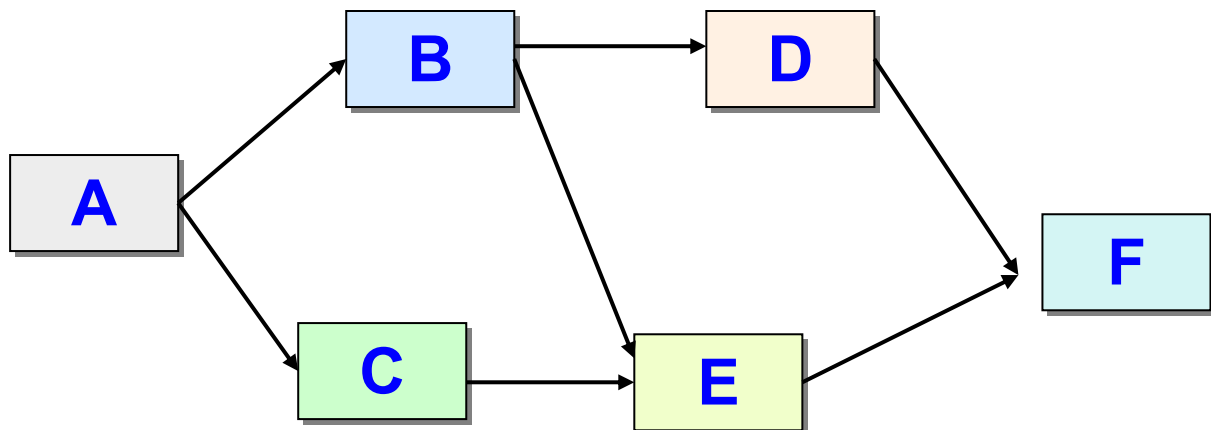
#### 1.1 Balkendiagramm (GANTT-Diagramm)



#### 1.2 Vorgangspfeilnetz (VPN)



### 1.3 Vorgangsknotennetz (VKN)



= Vorgang

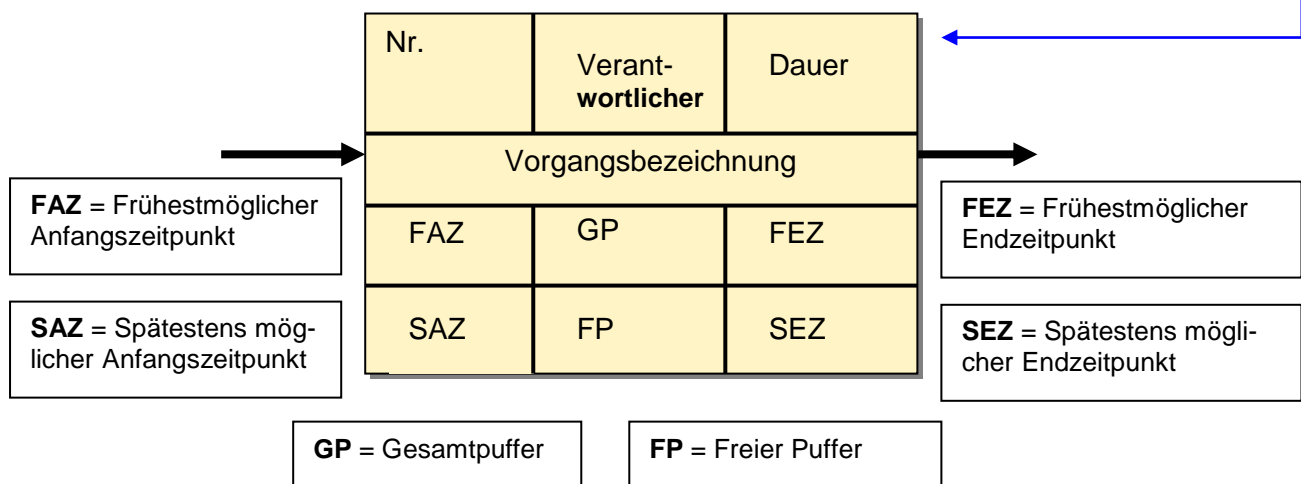


= Abhängigkeit

Laut Graphentheorie genügen folgende Angaben, um ein Netz eindeutig zeichnen zu können:

Vorgangsbezeichnung	Voraussetzungen
A	-
B	-
C	A
D	A, B
E	C
F	D
usw.	

**VKN:**



## 2. Arbeitspaket-Beschreibung (Muster)

Projekt-Nr.:	Projektbezeichnung:	Projektleiter:
PSP-Nr.:	AP-Bezeichnung :	AP-Verantwortlicher :
Dauer:	Vorgänger:	Nachfolger:
Leistungen, Ziele, Ergebnisse, Verantwortlichkeiten :		
Voraussetzungen für das Erbringen der Leistungen/Ergebnisse:		
Ressourcen/Kapazitätseinsatz:  Personal:  Sachmittel:  Kostenbudget:  Finanzielle Mittel:		
Start-Termine (FAZ, SAZ):	Abschluss-Termine (FEZ; SEZ):	
..... Projektleiter	..... AP-Verantwortlicher:	

## 3. Ziele und Ergebnisse der Ablauf- und Terminplanung

### 3.1 Grundbegriffe

#### Vorgang

Ein Vorgang ist ein Ablaufelement, das ein bestimmtes Geschehen beschreibt (DIN 69900).

Synonyme Begriffe sind: Aktivität, Tätigkeit, Arbeitsgang, Job.

#### Ereignis

Ein Ereignis ist ein Ablaufelement, das das Eintreten eines bestimmten Zustandes beschreibt (DIN 69900). Ereignisse haben keine Dauer.

## Anordnungsbeziehung

Eine Anordnungsbeziehung ist eine quantifizierte Abhängigkeit zwischen Ereignissen oder Vorgängen (DIN 69900).

## Knoten

Ein Knoten kann entweder ein Ereignis (bei Vorgangspfeilnetzen) oder ein Vorgang (bei Vorgangsknotennetzen) sein. Knoten werden i. d. R. als „Kästchen“ symbolisiert.

## Pfeil

Ein Pfeil symbolisiert entweder einen Vorgang (bei Vorgangspfeilnetzen) oder eine Anordnungsbeziehung (bei Vorgangsknotennetzen). Pfeile beschreiben durch die Richtung des Ablaufs bzw. der Abhängigkeit.

Rückkopplungen sind in Netzplänen nicht zulässig.

## 3.2 Zu klärende Fragen

Die Aufstellung eines Ablauf- und Zeitplanes als Netzplan bedingt folgende Klärungen:

- Welche *Teilarbeiten* (Vorgänge, Arbeitspakete) sind im Projekt zu realisieren?
- Welche *Voraussetzungen* müssen erfüllt werden, bevor die jeweilige Teilarbeit beginnen kann?
- Welchen *Arbeitszeitaufwand* (in "PersonenStunden [Ph]", „PersonenTagen [Pd]", "PersonenMonaten [Pm]" und dgl.) erfordert die Erfüllung der Teilarbeit?
- Mit welchem *Kapazitätseinsatz* *C* (in "Personen", „Sachmitteleinheiten“) können bzw. sollen die Aufgaben im betreffenden Arbeitspaket/Vorgang erledigt werden?

Aus der Beantwortung der Fragen c) und d) kann dann die Dauer **DV(i)** des Vorgangs Nr. i bestimmt werden:

$$DV(i) = \frac{\text{Arbeitszeitaufwand } A(z, B. \text{ in „Pd“})}{\text{Kapazitätseinsatz } (z, B. \text{ in „Personen“ [P])}} \quad [d]$$

Da der Arbeitszeitaufwand in der Regel sachlich definiert ist und nur bei Qualitätseinbußen verringert werden kann, ist eine Veränderung der Dauer **DV(i)** faktisch nur über die *Steuerung des Kapazitätseinsatzes C* möglich.

Dies wird im Rahmen der *Belastungsplanung* ausgenutzt, indem Vorgänge durch Erhöhung des Kapazitätseinsatzes "gestaucht" oder durch Verringerung des Kapazitätseinsatzes "gestreckt" werden.

Allerdings zeigt die Praxis, dass ein "Mehr" an Kapazitätseinsatz nicht immer den gewünschten Verkürzungseffekt bringt (siehe Beispiele bei der Entwicklung von Softwarelösungen durch Steuerung der Anzahl eingesetzter Programmierer).

## 3.7 Zeitplanung

Steht die *Dauer* **DV(i)** für die einzelnen Arbeitspakete/Vorgänge  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) fest und liegt auch der *Ablaufplan* des Projekts mit dem logisch begründeten Nach- und Nebeneinander der Arbeitspakete vor, dann die eigentliche Terminplanung gestartet und die Dauer **D** für das Gesamtprojekt ermittelt werden.

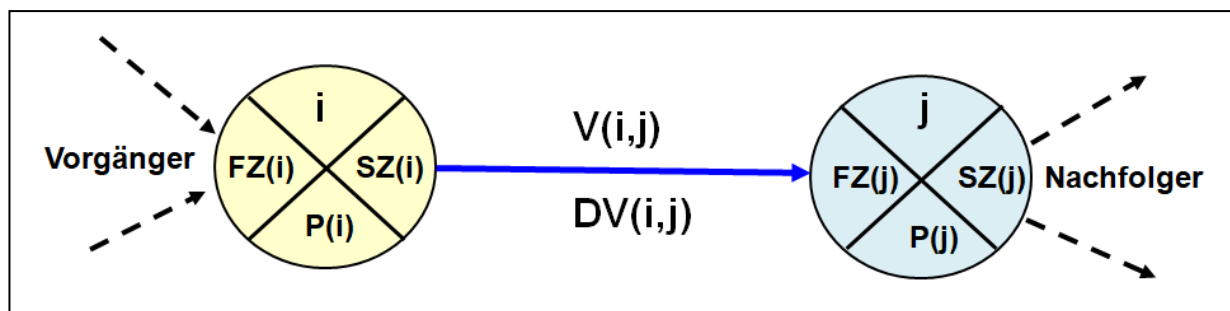
Dabei ist zwischen einer *Vorwärts-* und einer *Rückwärtsrechnung* zu unterscheiden, die jeweils zunächst *kalenderzeitlos* durchgeführt wird.

### 3.7.1 Zeitplanung nach dem CPM-Verfahren

Die *Methode des kritischen Weges* (*Critical Path Method* - **CPM**) ist ein Verfahren der Netzplantechnik, das von *eindeutig bestimmten Werten* für die *Dauer* der einzelnen Vorgänge sowie von *eindeutig beschriebenen Abhängigkeiten* der Vorgänge untereinander im gegebenen Projekt ausgeht und das in der graphischen Darstellung des Ablaufs des betreffenden Projekts das *Vorgangspfeilnetz* (VPN) bevorzugt.

Ein Hauptanliegen des CPM-Verfahrens ist die Ermittlung des *zeitlängsten Weges im Netz* (= *kritischer Weg*) sowie die Bestimmung verschiedener Pufferzeiten im Sinne ereignisbezogener Zeitreserven.

Grundlage der Berechnung von Ereignisterminen und Pufferzeiten ist das in nachstehender Abbildung dargestellte Schema der Beziehungen zwischen einem *vorangegangenen* Ereignis  $i$  und einem *nachfolgenden* Ereignis  $j$  sowie des zwischen  $i$  und  $j$  liegenden Vorgangs **V(i, j)** mit der Dauer **DV(i, j)**:



FZ(i), FZ(j) Früheste Zeitpunkte der Ereignisse i bzw. j  
 SZ(i), SZ(j) Späteste Zeitpunkte der Ereignisse i bzw. j  
 P(i), P(j) Pufferzeit beim Ereignis i bzw. j

V(i, j) Vorgangsbezeichnung  
 DV(i, j) Dauer des Vorgangs V(i, j)  
 generell gilt  $i < j$

Die (kalenderzeitlose) Zeitplanung nach dem CPM-Verfahren beginnt beim Startereignis mit den Notationen  $i = 0$  und **FZ(0) = 0**. Sodann wird die Vorwärtsrechnung durchgeführt, die darauf abzielt, die frühesten Zeitpunkte **FZ(j)** der nachfolgenden Ereignisse  $j$  (mit  $j > i$ ) zu bestimmen.

Da ein nachfolgender Vorgang – entsprechend den CPM-Regeln – erst beginnen kann, wenn beim Ereignis  $j$  alle Vorgänger abgeschlossen sind, ist für die Berechnung des frühesten Zeitpunktes **FZ(j)** folgende Formel anzuwenden:

$$\mathbf{FZ(j) = \text{Max} (FZ(i) + DV(i,j)), \text{ für alle } j > i}$$

Wird nach dieser Vorgehensweise das Zielereignis erreicht, entspricht der Zeitpunkt **FZ(Ziel)** dem frühesten Zeitpunkt für den Abschluss des gesamten Projekts (= Projektdauer **D**).

Um nun für die einzelnen Ereignisse die möglicherweise auftretende Pufferzeit **P(i)** zu ermitteln, wird jetzt die *Rückwärtsrechnung* mit dem Ansatz **SZ(Ziel) = FZ(Ziel)** gestartet und danach sowohl die spätesten Zeitpunkte **SZ(i)** der Ereignisse **i** als auch die Pufferzeiten **P(i)** berechnet. Dabei sind folgende Formeln anzuwenden:

$$\mathbf{SZ(i) = \min_j (SZ(j) - DV(i,j)), \quad \text{für alle } i < j}$$

$$\mathbf{P(i) = SZ(i) - FZ(i), \quad \text{für alle } i}$$

Pufferzeiten mit Werten **P(i) > 0** weisen auf *Zeitreserven* beim Ereignis **i** hin. Dies bedeutet, dass das betreffende Ereignis um den Betrag von **P(i)** auch später stattfinden kann, ohne dass dies Auswirkungen auf den Endzeitpunkt des Projekts hätte.

Wichtiger für die Beurteilung der Zeitstruktur eines Projekts sind jene Ereignisse, bei denen ein Wert **P(i) = 0** ermittelt wurde, denn daraus ist zu schlussfolgern:

Alle Ereignisse mit dem Wert **P(i) = 0** bilden mit den dazwischen liegenden Vorgängen **V(i, j)** den *zeitlängsten Weg* im Netz. Dieser Weg bestimmt die Dauer **D** des Projekts. Da auf diesem Weg keine Zeitreserven bestehen, wird er auch als „kritischer Weg“ bezeichnet, denn jede Verlängerung eines der auf diesem Weg liegenden Vorgänge führt unmittelbar zur Verlängerung der Projektdauer.

Um die Projektdauer zu verkürzen, müsste somit Möglichkeiten überprüft werden, bei welchen kritischen Vorgängen die Dauer **DV(i, j)** verringert werden kann.

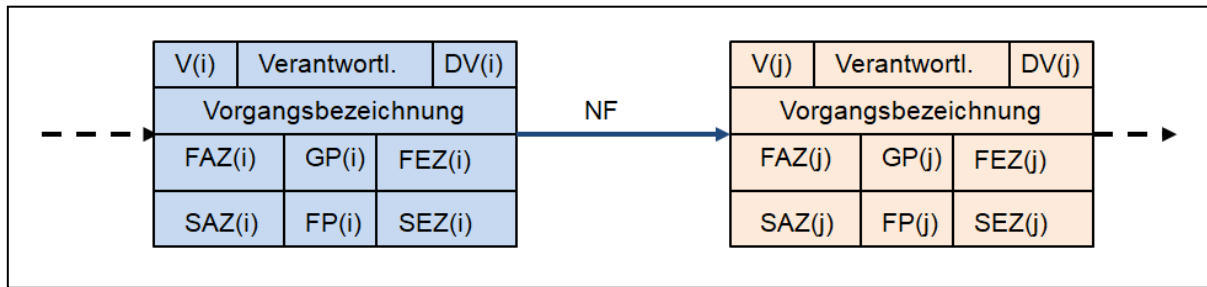
Aber *Achtung*: Eine solche Verkürzung muss nicht um den gleichen Betrag zu einer Verkürzung der Projektdauer **D** führen, denn die Verkürzung der Dauer eines kritischen Vorgangs **V(i, j)** kann dazu führen, dass ein anderes Ereignis **k** dadurch „kritisch“ wird, mit der Folge, dass dann der kritische Weg im Netz einen anderen Verlauf (über das Ereignis **k**) nimmt!

### 3.7.2 Zeitplanung nach dem MPM-Verfahren

Die *Metra-Potential-Methode (MPM)* ist ein Verfahren der Netzplantechnik, das – analog zum CPM-Verfahren – von *eindeutig bestimmten Werten* für die *Dauer* der einzelnen Vorgänge sowie von *eindeutig beschriebenen Abhängigkeiten* der Vorgänge im Sinne der *Normalfolge* im gegebenen Projekt ausgeht, das jedoch in der graphischen Darstellung des Ablaufs des betreffenden Projekts das *Vorgangsknotennetz (VKN)* bevorzugt.

Das Besondere bei dem MPM-Verfahren ist, dass zwischen dem Ende eines Vorgängers und dem Anfang eines Nachfolgers positive wie auch negative Zeitabstände **Z** (als „Wartezeit“ bzw. als „Vorziehzeit“) zugelassen werden, die nicht über- bzw. nicht unterschritten werden dürfen.

Grundlage der Berechnung von Vorgangsterminen und Pufferzeiten nach dem MPM-Verfahren ist das nachstehend skizzierte Schema der Beziehungen zwischen einem Vorgänger-Vorgang **V(i)** und einem Nachfolger **V(j)**:



Legende:

V(i) Vorgang Nr. i  
 V(j) Vorgang Nr. j  
 FAZ(i) Frühester Anfangszeitpunkt von i  
 SAZ(i) Spätester Anfangszeitpunkt von i  
 GP(i) Gesamtpuffer von i  
 FP(i) Freier Puffer von i  
 NF Normalfolge (Ende-Anfang-Beziehung)

DV(i) Dauer des Vorgangs Nr. i  
 DV(j) Dauer des Vorgangs Nr. j  
 FAZ(j) Frühester Anfangszeitpunkt von j  
 SAZ(j) Spätester Anfangszeitpunkt von j  
 GP(j) Gesamtpuffer von j  
 FP(j) Freier Puffer von j

**Anmerkungen:**

Statt einer fortlaufenden Zahl (wie 0, 1, 2 usw.) kann die Vorgangsnummer auch als „sprechender Schlüssel“ (z. B. nach der Kodierung im entsprechenden Projektstrukturplan) gestaltet werden. Dadurch wird es möglich, im Nachhinein noch Vorgänge einzufügen, ohne dass die Benummerung geändert werden muss.

Sinnvoll ist es ferner, den jeweils Verantwortlichen für den betreffenden Vorgang mit anzuführen.

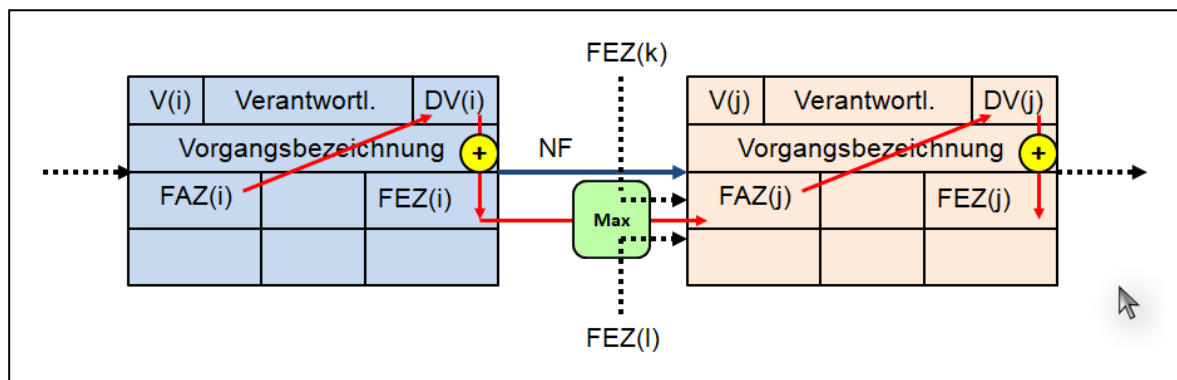
Als Vorgangsbezeichnung ist ein Kurztext für die auszuführende Arbeit einzufügen. Die ausführliche Beschreibung ist der betreffenden Arbeitspaketbeschreibung zu entnehmen.

### a) Vorwärtsrechnung

Die Vorwärtsrechnung im VKN hat dann die Aufgabe, den *frühesten Endzeitpunkt* **FEZ(i)** des gegebenen Vorgangs **V(i)**, den *frühesten Anfangszeitpunkt* **FAZ(j)** des bzw. der Nachfolger **V(j)** mit  $j > i$  und wiederum des *frühesten Endzeitpunkt* **FEZ(j)** des Vorgangs **V(j)** zu ermitteln.

Dabei werden durchgängig zunächst nur *Normalfolgen* (Ende-Anfang-Beziehungen) zwischen den Vorgängen vorausgesetzt. Auch werden noch keine Zeitabstände (Wartezeiten, Vorziehzeiten) beachtet.

Das Vorgehen der Vorwärtsrechnung im MPM-Verfahren soll die nachfolgende Darstellung verdeutlichen.



Der früheste Endzeitpunkt FEZ(i) eines Vorgangs V(i) wird somit wie folgt bestimmt:

$$\mathbf{FEZ(i) = FAZ(i) + DV(i), \text{ für } i = 0, 1, 2, \dots, n.}$$

Da für den *Startvorgang*  $\mathbf{V}(\mathbf{0})$  definitionsgemäß  $\mathbf{FAZ}(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$  und  $\mathbf{DV}(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$  gilt, ergibt sich auch für den frühesten Endzeitpunkt dieses Vorgangs der Wert  $\mathbf{FEZ}(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$ .

Bei der Ermittlung des frühesten Anfangszeitpunkts eines Nachfolgers **V(j)** ist zu beachten, dass dieser Vorgang ggf. mehrere Voraussetzungen haben kann. Daher ist dieser Zeitpunkt nach folgender Formel zu berechnen:

$$\text{FAZ}(j) = \max_i \text{FEZ}(i) \quad \text{für } j > i.$$

Diese Berechnungen sind dann für alle Vorgänge **V(i)** bis zum *Zielvorgang* **V(n)** durchzuführen.

Der dann berechnete früheste Endzeitpunkt des *Zielvorgangs* gibt dann – rein rechnerisch – zugleich die *Gesamtdauer D* des Projekts an:

$$\mathbf{FEZ(n) = FAZ(n) + DV(n) = D.}$$

Damit ist die Vorwärtsrechnung abgeschlossen.

### b) Rückwärtsrechnung

Aufgabe und Ziel der Rückwärtsrechnung im VKN ist es, die spätesten Endzeitpunkt **SEZ(i)** und die spätesten Anfangszeitpunkt **SAZ(i)** zu ermitteln. Hinzu kommt die Aufgabe, mögliche *Zeitreserven* in der Zeitstruktur des Projekts als nutzbare *Pufferzeiten* – mit unterschiedlicher Bedeutung - zu berechnen.

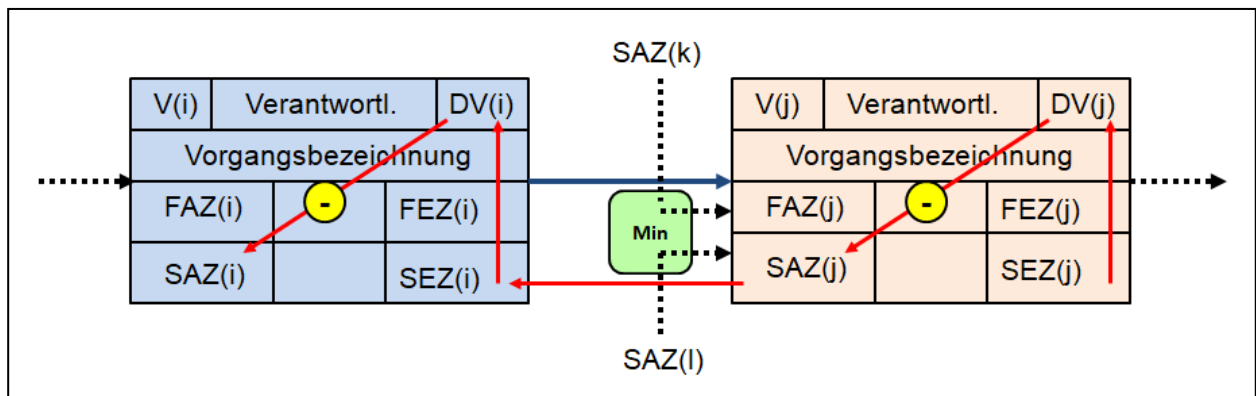
Für die Rückwärtsrechnung gilt folgender Ansatz:

Der *frühe*st Endzeitpunkt des Zielvorgangs **FEZ(n)** ist zugleich der *späte*ste Endzeitpunkt des Zielvorgangs **SEZ(n)**.

Der späteste Anfangszeitpunkt **SAZ(n)** ist dann wie folgt zu bestimmen:

$$\text{SAZ}(n) = \text{SEZ}(n) - \text{DV}(n) .$$

Das weitere Vorgehen der Rückwärtsrechnung im MPM-Verfahren soll die nachfolgende Darstellung verdeutlichen.





Bei der Ermittlung des spätesten Endzeitpunkts eines Vorgängers **V(i)** ist zu beachten, dass dieser Vorgang ggf. mehrere Nachfolger haben kann. Daher ist dieser Zeitpunkt nach folgender Formel zu berechnen:

$$\text{SEZ}(i) = \min_j \text{SAZ}(j) \quad \text{für } j > i.$$

Die spätesten Anfangszeitpunkte **SAZ(i)** sind dann – wie aus der Grafik zu ersehen – nach folgender Formel zu bestimmen:

$$\text{SAZ}(i) = \text{SEZ}(i) - \text{DV}(i) .$$

Für den Startvorgang **V(0)** mit der Dauer **DV(0) = 0** gilt dann analog:

$$\text{SAZ}(0) = \text{SEZ}(0) - \text{DV}(0) .$$

Damit ist dann die Rückwärtsrechnung im Netz abgeschlossen.

### c) Ermittlung des Gesamtpuffers GP

Für den Fall, dass der *späteste Anfangszeitpunkt* **SAZ(i)** gleich dem *frühesten Anfangszeitpunkt* **FAZ(i)** – und demzufolge auch **FEZ(i) = SEZ(i)** gilt – gibt es bei diesem Vorgang *keinen* zeitlichen Spielraum (Puffer).

Liegt jedoch der Fall vor, dass der späteste Anfangszeitpunkt **SAZ(i)** *größer* als der früheste Anfangszeitpunkt **FAZ(i)** ist, dann besteht bei diesem Vorgang ein zeitlicher Spielraum. Dieser Spielraum wird im VKN als *Gesamtpuffer* **GP(i)** ausgewiesen und ermittelt sich wie folgt:

$$\text{GP}(i) = \text{SAZ}(i) - \text{FAZ}(i) = \text{SEZ}(i) - \text{FEZ}(i), \text{ für } i = 0, 1, 2, \dots, n$$

Diesen Zusammenhang soll die nachfolgende Darstellung (weiter unten) verdeutlichen.

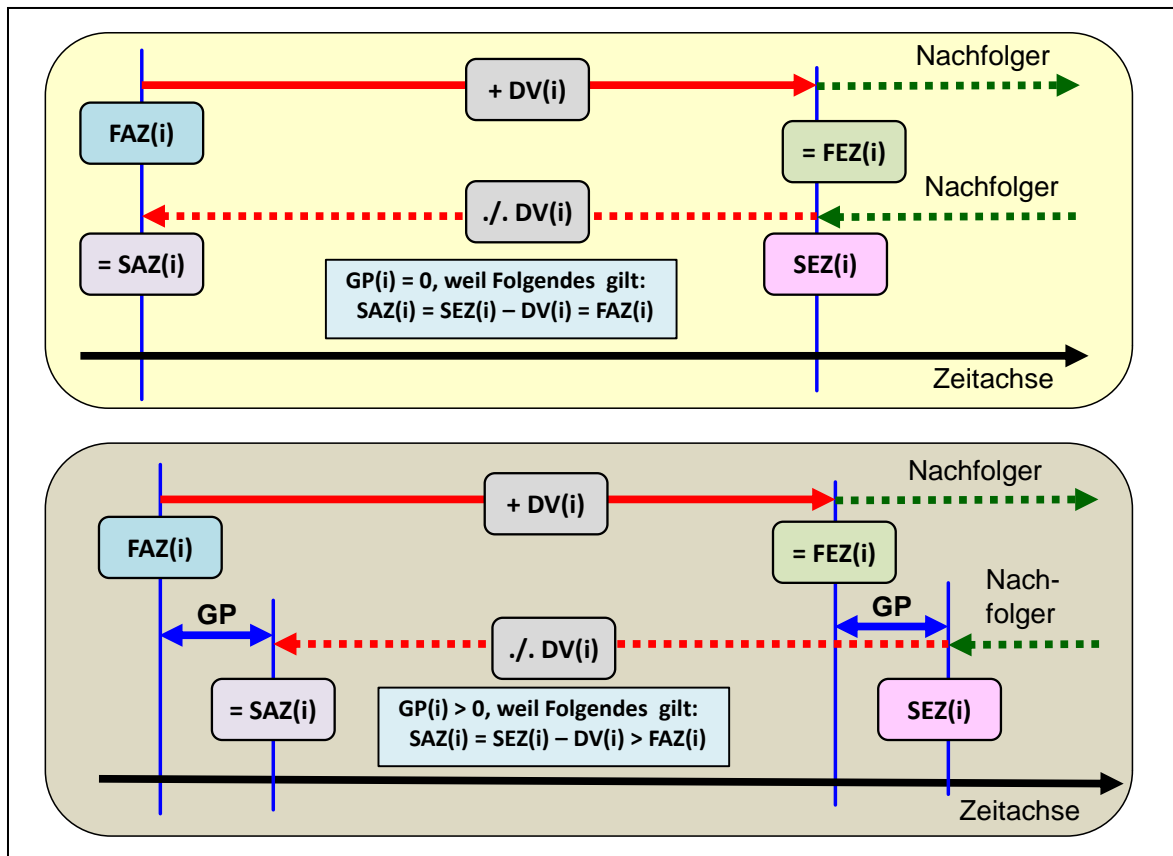
*Wichtig:*

Alle Vorgänge **V(k)** mit dem Ausweis **GP(k) = 0** liegen auf dem *kritischen Weg*. Die Addition der Dauer **DV(k)** dieser Vorgänge ergibt die Projektdauer **D**.

Daraus folgt:

Jede Verzögerung bei einem der kritischen Vorgänge (Arbeitspakete) führt betragsgleich zur Verlängerung der Projektdauer **D**!

Umgekehrt gilt dies - wie bereits beim CPM-Verfahren angegeben - nicht automatisch, denn durch die Verkürzung der Dauer **DV(k)** eines kritischen Vorgangs **k** kann sich bei der Rückwärtsrechnung ein anderer kritischer Weg auf tun, der vorher als subkritisch galt!



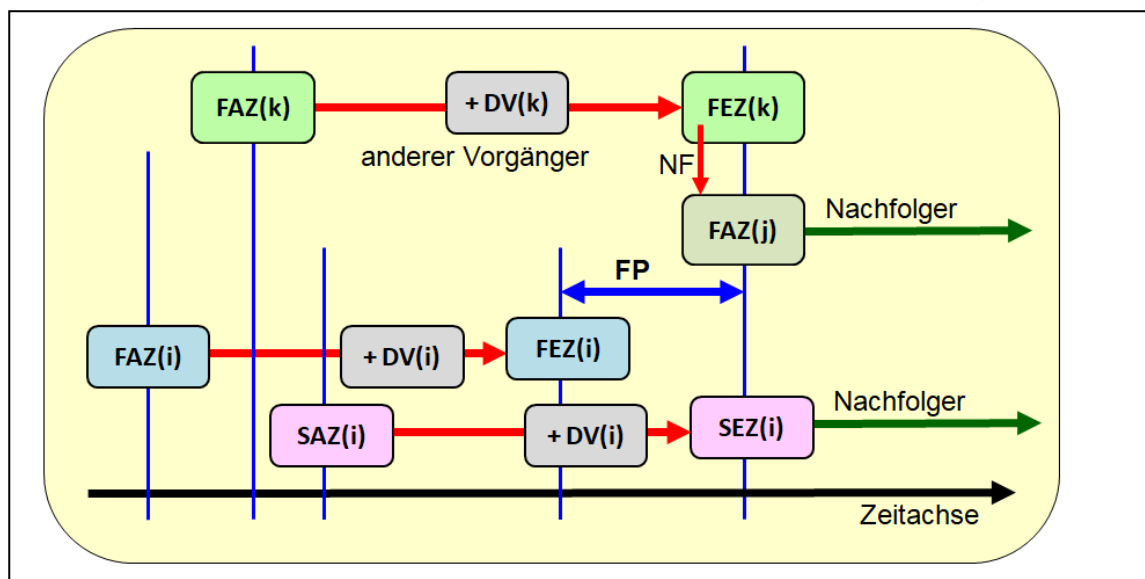
#### d) Ermittlung des Freien Puffers FP

Als **Freien Puffer FP(i)** wird im MPM-Verfahren jene Zeitspanne bezeichnet, um die ein Vorgang **V(i)** gegenüber seiner frühesten Lage verschoben werden kann, ohne dass dadurch die früheste Lage anderer Vorgänge **V(j)** beeinflusst wird.

Der Freie Puffer **FP(i)** kann bei einem VKN mit Normalfolgen ohne Zeitabstände wie folgt ermittelt werden:

$$FP(i) = FAZ(j) - FEZ(i), \text{ für } j > i.$$

Das Entstehen eines Freien Puffers soll die nachstehende Darstellung verdeutlichen.



Ein Freier Puffer entsteht offenbar dann, wenn der früheste Anfangszeitpunkt **FAZ(j)** des Nachfolgers **V(j)** durch einen *anderen* Vorgänger bestimmt wird.

Der Vorgang **V(i)** kann somit aus seiner frühesten Lage verschoben werden, bis er an die Grenze des *frühesten Anfangszeitpunktes des Nachfolgers* stößt, ohne dass dadurch der Zeitpunkt für das Projektende gefährdet ist!

### e) Netzpläne mit Zeitlichen Abständen

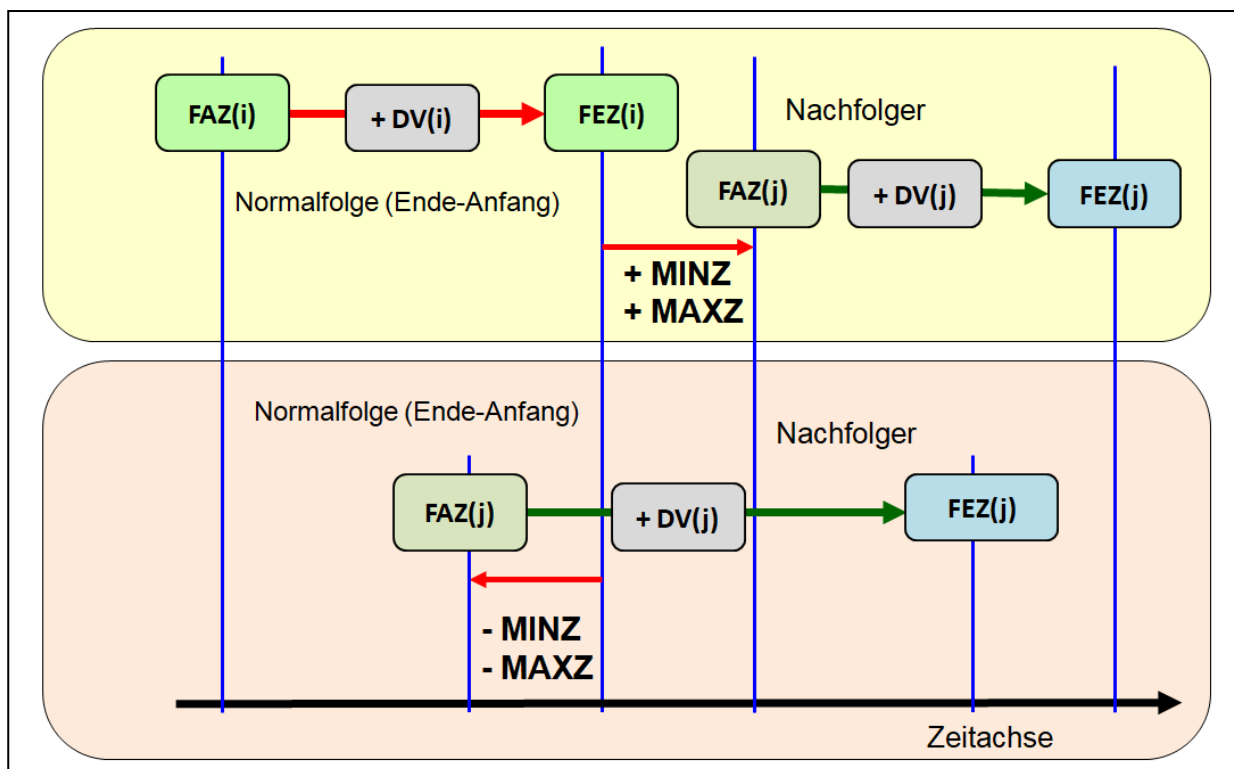
In der Praxis der Ablauf- und Zeitplanung von Projekten muss oft berücksichtigt werden, dass es aus bestimmten, z. B. technischen Gründen erforderlich ist, zeitliche Mindest- bzw. zeitliche Maximalabstände zwischen Vorgänger und Nachfolger einzuplanen.

Auch kann es – im Interesse der Verkürzung der Projektdauer – sinnvoll sein, bestimmte Vorgänge teilweise *überlappt* zu realisieren.

In die zu erstellenden Ablauf- und Zeitpläne sind somit – wie bereits angemerkt – bestimmte *minimale* bzw. *maximale* Zeitabstände **Z** als „Warte“- bzw. „Vorzieheit – einzuordnen.

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Einordnung eines *positiven* minimalen bzw. maximalen Zeitabstandes (**+ MINZ** bzw. **+ MAXZ**) im Sinne von „Wartezeit“ sowie auch die Einordnung einer *negativen* minimalen bzw. maximalen Vorzieheit (**-MINZ**, **-MAXZ**) bei einer Normalfolge als Anordnungsbeziehung.

Bei einer Einordnung eines *positiven* minimalen Zeitabstandes **MINZ** darf der Nachfolger-Vorgang **V(j)** *frühestens* nach MINZ-Zeiteinheiten *nach* Ende des Vorgänger-Vorgangs **V(i)** beginnen, wobei ein noch späterer Beginn auch zulässig ist. Es liegt somit der Fall einer *positiven Wartezeit* vor.



Die Einordnung eines *negativen* minimalen Zeitabstandes **MINZ** bedeutet, dass der Nachfolger-Vorgang **V(j)** *frühestens* MINZ-Zeiteinheiten *vor* Ende des Vorgänger-Vorgangs **V(i)** beginnen darf, wobei ein noch späterer Beginn auch zulässig ist. Es geht hier also um den Fall einer *maximalen Vorziehzeit* (maximale Überlappung) der Vorgänge **V(i)** und **V(j)**.

Die Einordnung eines *positiven* maximalen Zeitabstandes **MAXZ** bedeutet, dass der Nachfolger-Vorgang **V(j)** *spätestens* MAXZ-Zeiteinheiten *nach* Ende des Vorgänger-Vorgangs **V(i)** beginnen muss, wobei ein noch früherer Beginn auch zulässig ist. Es geht hier also um die Festlegung einer *maximalen Wartezeit* für den Beginn des Nachfolgers **V(j)**.

Die Einordnung eines *negativen* maximalen Zeitabstandes **MAXZ** bedeutet, dass der Nachfolger-Vorgang **V(j)** *spätestens* MAXZ-Zeiteinheiten *vor* Ende des Vorgänger-Vorgangs **V(i)** beginnen muss, wobei ein noch früherer Beginn auch zulässig ist. Es geht hier also um den Fall einer *minimalen Vorziehzeit* (minimale Überlappung) der Vorgänge **V(i)** und **V(j)**.

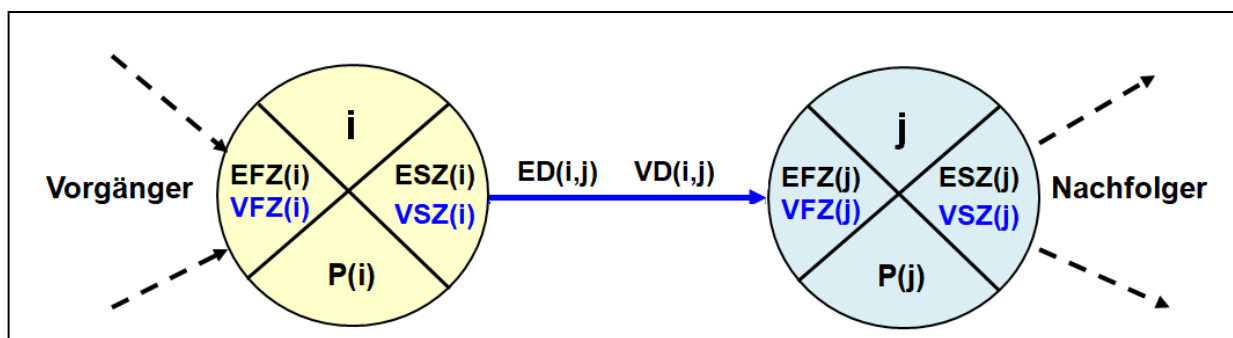
Auch bei anderen Anordnungsbeziehungen (wie *Anfangsfolge*, *Endfolge*, *Sprungfolge*) kann eine Einordnung von minimalen bzw. maximalen Zeitabständen **Z** vorgenommen werden. Die Interpretation der Wirkung dieser Einordnung ist analog zur hier skizzierten Darstellung bei der Normalfolge vorzunehmen.

### 3.7.3 Zeitplanung nach dem PERT-Verfahren

Das **PERT-Modell** (*Program Evaluation and Review Technique*) ist ein Verfahren der Netzplantechnik, das - im Unterschied zum CPM- und zum MPM-Verfahren - nicht von eindeutig bestimmten Werten für die Dauer der einzelnen Vorgänge, sondern von einer *Drei-Punkt-Zeitschätzung* der Vorgangsdauer ausgeht, was den Unsicherheiten in der Durchführung von Projekten besser gerecht wird.

Die Ablauf- und Zeitplanung basiert dabei auf der *Vorgangspfeilnetzplantechnik*. Damit ähnelt sich das Vorgehen bei PERT stark dem CPM-Verfahren.

Die Notation bei den Ereignissen sowie zu den Vorgängen wird – gegenüber der Darstellung im CPM-Verfahren – ein wenig verändert



Legende:	EFZ(i)	Erwarteter frühester Zeitpunkt Ereignis i	VFZ(i)	Zugehörige Varianz
	EFZ(j)	Erwarteter frühester Zeitpunkt Ereignis j	VFZ(j)	Zugehörige Varianz
	ESZ(i)	Erwarteter spätester Zeitpunkt Ereignis i	VSZ(i)	Zugehörige Varianz
	ESZ(j)	Erwarteter spätester Zeitpunkt Ereignis j	VSZ(j)	Zugehörige Varianz
	ED(i,j)	Erwartete Dauer des Vorgangs (i,j)	VD(i, j)	Zugehörige Varianz
	P(i)	Pufferzeit beim Ereignis i		
	P(j)	Pufferzeit beim Ereignis j		

Wegen den Ungewissheiten, die vielen Arbeiten – speziell in FuE-Projekten – innehaften, wird davon ausgegangen, dass die Dauer **D** eines Arbeitspakets als eine *stetige Zufallsgröße* zu behandeln ist.

Aus diesem Ansatz folgt mit Konsequenz:

Es ist aufgrund von Hypothesen oder auch anhand statistischer Analysen zu klären, welcher Typ einer *Wahrscheinlichkeitsverteilung* am ehesten den Charakter der Dauer **D** als Zufallsgröße repräsentieren kann.

Daraus ergibt sich dann, wie ein *Erwartungswert* zur Dauer **D** (Symbol **ED**) und wie die *Varianz* (Symbol **VD**) – als Maß der Streuung der Einzelwerte um den Erwartungswert – zu berechnen ist.

Im PERT-Modell wird davon ausgegangen, dass für die Beschreibung der Dauer **D** als Zufallsgröße die sog. *Beta-Verteilung* geeignet ist, zumal sich dann der Erwartungswert **ED** auf der Grundlage einer *Drei-Punkt-Zeitschätzung* relativ einfach berechnen lässt.

Für jeden Vorgang bzw. für jedes Arbeitspaket sind in Bezug auf die Dauer **D** folgende Schätzwerte zu bestimmen:

- die *optimistische* Dauer **OD** (Annahme: Der betreffende Vorgang kann ohne wesentliche Störungen realisiert werden, günstige Bedingungen sichern einen zügigen Verlauf der Arbeiten in diesem Vorgang);
- die *pessimistische* Dauer **PD** (Annahme: Die Durchführung des Vorgangs unterliegt wahrscheinlich häufig Störungen, ungünstige Umstände können zu Verzögerungen im Arbeitsablauf führen) sowie
- die *wahrscheinliche* Dauer **WD** (Annahmen: Bei mehreren - theoretisch denkbaren - Wiederholungen des Vorgangs würde sich dieser Wert für die Vorgangsdauer einstellen).

Aus diesen drei Zeitschätzungen wird die *erwartete Dauer* des Vorgangs **ED** und die zugehörige *Varianz* **VD** wie folgt bestimmt:

$$\text{ED} = \frac{\text{OD} + 4 \cdot \text{WD} + \text{PD}}{6} \quad (4.4) \quad \text{VD} = \frac{(\text{PD} - \text{OD})^2}{36}$$

Bei den Berechnungen im PERT-Modell sind im kalenderzeitlosen VPN folgende Formeln anzuwenden:

a) *Start-Bedingungen*

Frühester Zeitpunkt des Startereignisses: **FZ(0) = 0,0**;  
zugehörige Varianz: **VZ(0) = 0,0**.

b) *Vorwärtsrechnung:*

Erwarteter frühester Zeitpunkt Ereignis j:

$$\text{EFZ}(j) = \max_i [\text{EFZ}(i) + \text{ED}(i,j)]$$

Zugehörige Varianz:

$$VFZ(j) = VFZ(i) + VD(i, j)$$

c) Ziel-Bedingungen

Erwarteter spätester Zeitpunkt des Zielereignisses: **ESZ(Ziel) = EFZ(Ziel)**;  
Zugehörige Varianz: **VSZ(Ziel) = 0,0**.

d) Rückwärtsrechnung:

Erwarteter spätester Zeitpunkt Ereignis i:

$$ESZ(i) = \min_i [ESZ(i) - ED(i, j)]$$

Zugehörige Varianz:

$$VSZ(i) = VSZ(i) + VD(i, j)$$

e) Ermittlung des Puffers  $P(i)$

$$P(i) = ESZ(i) - EFZ(i)$$

Dabei gilt: Der zeitlängste Weg im VPN läuft über alle Ereignisse  $i$ , bei denen die Pufferzeit  $P(i)$  den Wert  $P(i) = 0$  annimmt. Es dies der *kritische Weg* im PERT-Netz.

Die Addition der Vorgangsdauer  $ED(i)$  all dieser Vorgänge liefert die erwartete *Gesamtdauer* **ED** des betreffenden Projekts.

Die Nutzung des PERT-Modells für die Zeit- und Terminplanung erscheint dann sinnvoll, wenn die Dauer typischer Vorgänge in einem Projekt wegen bestehender Unsicherheiten nur in Grenzen von Wahrscheinlichkeiten bestimmt werden kann. Dies trifft – wie angegeben – vor allem für FuE-Projekte zu.

Der im PERT-Modell genutzte Ansatz der Drei-Punkt-Schätzung mit alle den darauf basierenden Formeln bereitet zwar – im Vergleich zum CPM- und MPM-Verfahren – mehr Rechenaufwand, dieser kann jedoch mit Einsatz von Software-Tools (auch mit MS Excel) beherrscht werden.

Von praktischem Nutzen wird die Anwendung des PERT-Modells jedoch nur dann sein, wenn der betreffende Projektplaner erstes in der Lage ist, vernünftige Schätzwerte für die drei Grundgrößen OD, WD und PD anzugeben, und zweitens auch Kenntnisse darüber besitzt, die sich aus dem Zeitmodell ergebenden Wahrscheinlichkeitsaussagen richtig zu interpretieren.