

Projektplanung

-
- ▶ Strukturplanung
 - ▶ Ablaufplanung
 - ▶ Ressourcenplanung
 - ▶ Terminplanung
 - ▶ Kostenplanung
 - ▶ Netzplantechnik
 - ▶ Planungsprobleme

Aufgaben der Netzplantechnik

- ▶ Die Netzplantechnik ist ein rechnergestütztes oder manuelles Verfahren zur Analyse, Planung, Kontrolle und Steuerung von Projekten
- ▶ Netzplan = bewerteter , gerichteter Graph ohne Schleifen, der aus Knoten und Pfeilen besteht.
- ▶ Dafür ist es unbedingt notwendig den Netzplan immer zu aktualisieren, um eine sinnvolle Unterstützung zu ermöglichen
- ▶ Terminabweichungen sind allerdings nicht so deutlich visualisiert wie in einem Balkenplan, da hier der Fokus auf den Abhängigkeiten zwischen den Vorgängern und den kritischen Pfaden liegt

Netzplantechnik Grundbegriffe

▶ Vorgänge:

- ▶ Ein Vorgang ist ein Ablaufelement, das ein bestimmtes Geschehen beschreibt (entspricht den Arbeitspaketen). Vorgänge werden durch eine bestimmte Dauer gekennzeichnet, die benötigt wird, um den Vorgang auszuführen.

▶ Ereignisse:

- ▶ Ein Ereignis ist ein Ablaufelement, das das Eintreten eines bestimmten Zustandes beschreibt. Ein Ereignis verfügt über keine Dauer. Jeder Vorgang beginnt und endet mit einem Ereignis.


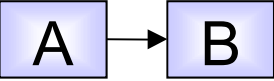
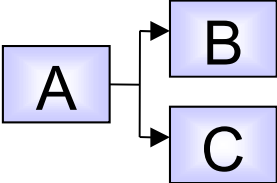
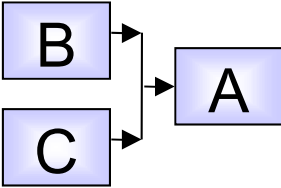
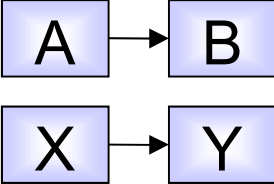
▶ Anordnungsbeziehungen:

- ▶ Unter Anordnungsbeziehungen versteht man eine quantifizierbare Abhängigkeit zwischen Ereignissen und Vorgängen.

▶ Puffer:

- ▶ Puffer sind Zeitintervalle, in denen Vorgänge unter bestimmten Voraussetzungen verschoben werden können.

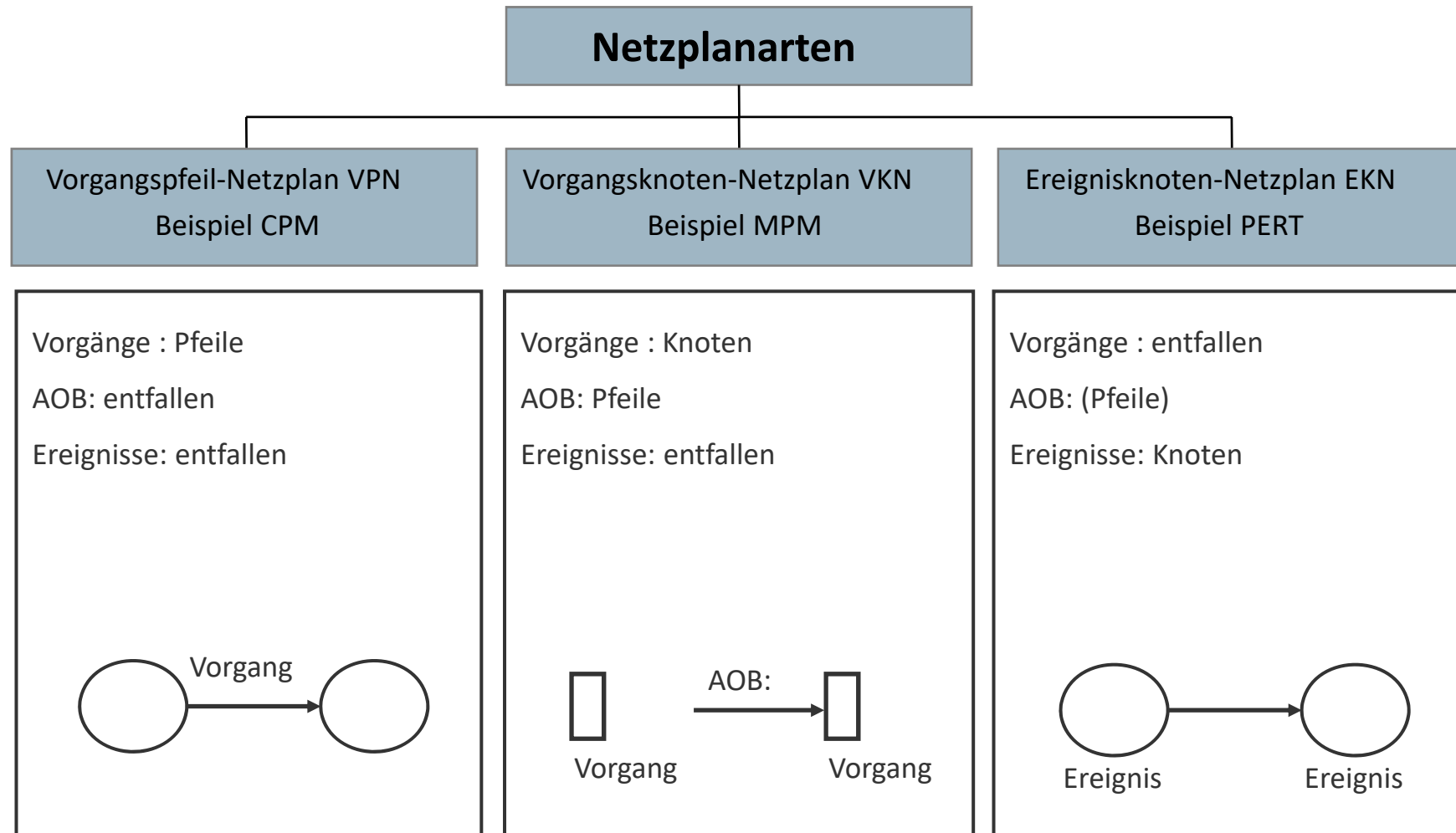
Anordnungsbeziehungen

 <pre> graph LR A[A] --> B[B] B[B] --> C[C] </pre>	<p>Jedes Arbeitspaket (B) hat einen Vorgänger (A) und einen Nachfolger (C)</p>
 <pre> graph LR A[A] --> B[B] </pre>	<p>Ein Arbeitspaket (B) kann erst beginnen, wenn ein anderes Arbeitspaket (A) abgeschlossen ist</p>
 <pre> graph LR A[A] --> B[B] A[A] --> C[C] </pre>	<p>Ein Arbeitspaket (B) kann nur gleichzeitig mit einem anderen Arbeitspaket (C) beginnen, da für beide Arbeitspakete (B+C) ein gemeinsamer Vorgänger abgeschlossen sein muss</p>
 <pre> graph LR B[B] --> A[A] C[C] --> A[A] </pre>	<p>Ein Arbeitspaket (A) kann nur beginnen mit dem Abschluss von anderen Arbeitspaketen (B+C), da dieses Arbeitspaket (A) Eingaben aus zwei oder mehreren Arbeitspaketen (B + C) benötigt</p>
 <pre> graph LR A[A] --> B[B] X[X] --> Y[Y] </pre>	<p>Arbeitspakete (A + B) können unabhängig und parallel zu anderen Arbeitspaketen (X + Y) laufen.</p>

Methoden der Netzplantechnik

- ▶ CPM (Critical Path Method)
 - ▶ Diese Technik ist vorgangsorientiert und benutzt einen Vorgangspfeil-Netzplan. Hier wird das Ende eines Vorgangs A mittels eines diesen Vorgangs darstellenden Pfeils mit dem Beginn des nachfolgenden Vorgangs B verknüpft.
- ▶ MPM (Metra Potential Method)
 - ▶ Dieses Verfahren ist vorgangsorientiert (wie CPM) und wendet einen Vorgangs-Knoten-Netzplan an. Die Tätigkeiten werden als rechteckige Vorgangsknoten abgebildet, ihre Abhängigkeiten voneinander durch Verbindungspfeile dargestellt.
- ▶ PERT (Program Evaluation and Review Technique)
 - ▶ Es handelt sich hierbei um ein ereignisorientiertes Verfahren, das einen Ereignis-Knoten-Netzplan verwendet, der dem Vorgangspfeil-Netzplan ähnelt. Die Ereignisse werden durch Knoten, die Tätigkeiten durch Pfeile abgebildet.

Arten der Netzplantechnik

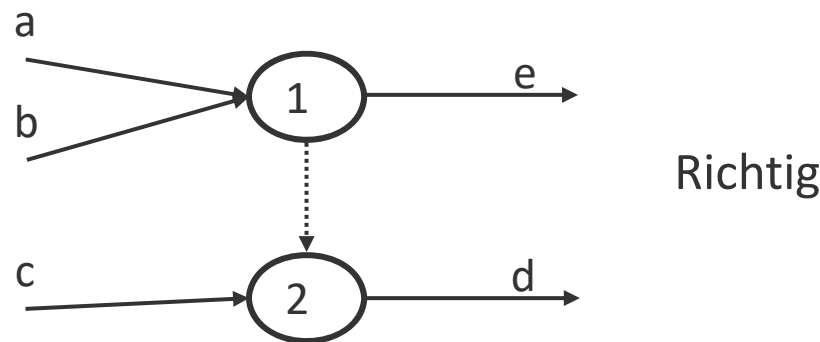
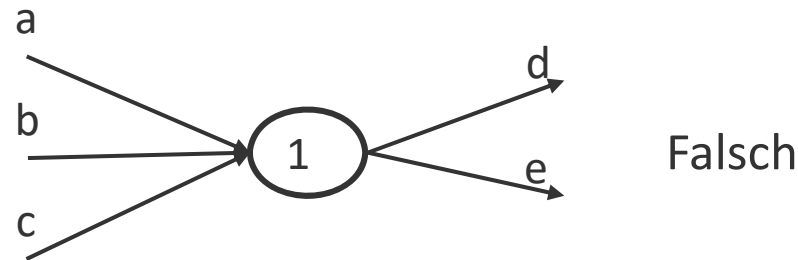


Kritischer Pfad

- ▶ Werden **keine Fixtermine** gesetzt, so gibt es bei jedem Netzplan einen geschlossenen Weg von Vorgängen, die alle kritisch sind.
- ▶ Die gesamten und damit auch die freien Pufferzeiten sind auf diesem **kritischen Pfad** genannten Weg gleich Null.
- ▶ Werden Fixtermine gesetzt, so können insgesamt drei Fälle auftreten:
 - ▶ Nicht kritischer Pfad -> Positiver Puffer
 - ▶ Kritischer Pfad -> Puffer gleich Null
 - ▶ Überkritischer Pfad -> Negativer Puffer
- ▶ Es können auch **mehrere kritische Pfade** auftreten, auch Teilketten von kritischen Vorgängen sind möglich; man spricht dann von **kritischen Unternetzen**.

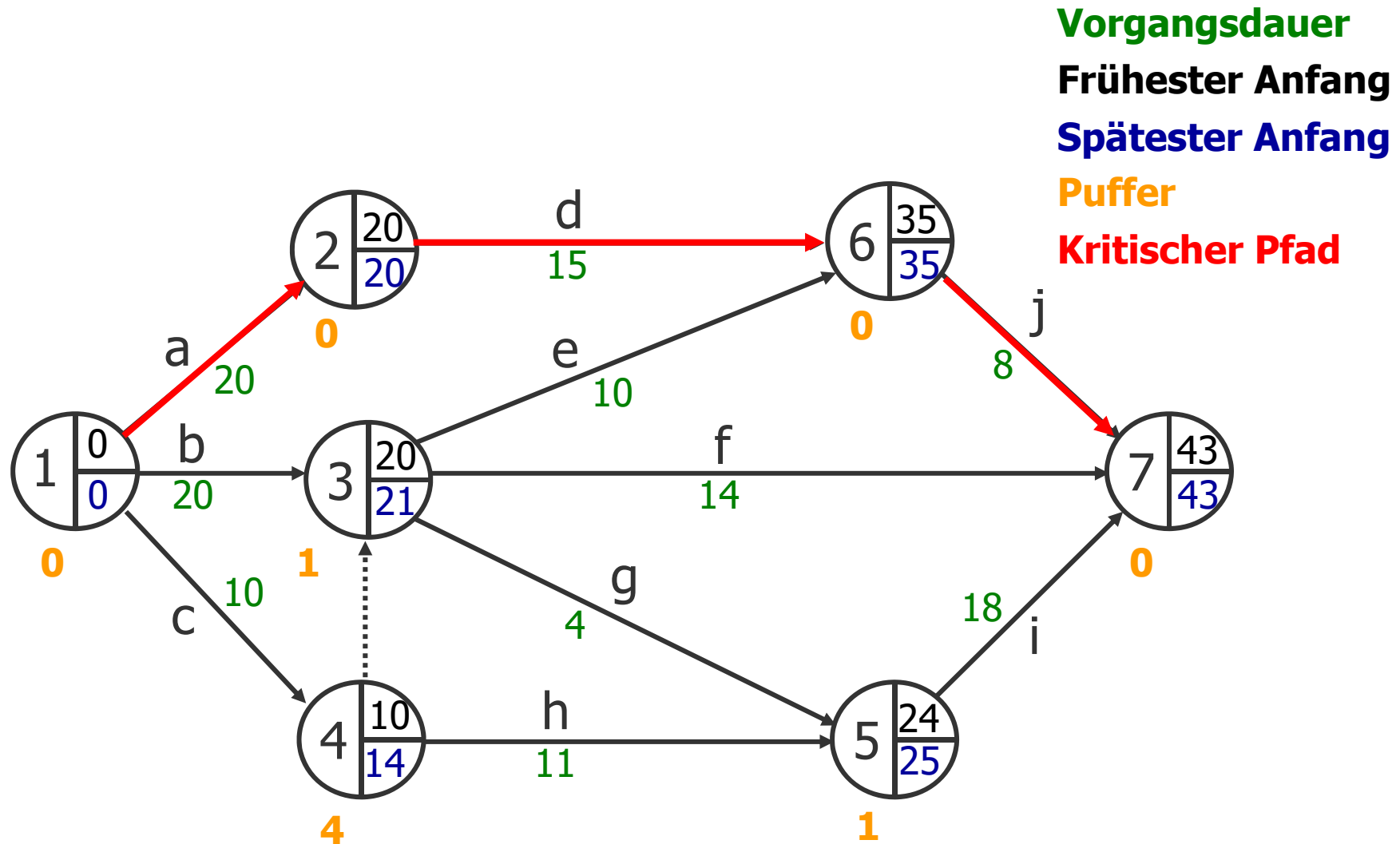
Dummy Vorgänge

- ▶ Ein **Dummy Vorgang** hat keine Dauer und verbraucht keine Ressourcen. Er indiziert lediglich einen bestimmten Vorgänger und eine technologische Beziehung.



Vorgang	Vorgänger
d	a,b,c,
e	a,b

Bsp. Netzplantechnik CPM – Vorgangspfeilnetzplan (VPN)

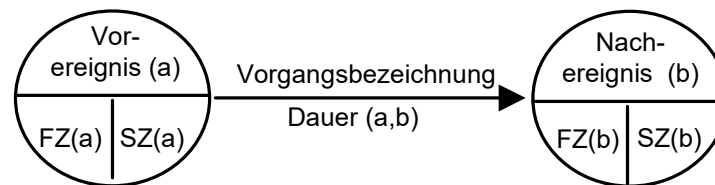


Vorgangspfeiltechnik - CPM

Bei der Vorgangspfeiltechnik wird ein Vorgang mit ..

- einen Vorgangspfeil (Vorgangsbezeichnung und Dauer des Vorgangs)
- einem Vorereignis (frühester Zeitpunkt / FZ, spätester Zeitpunkt / SZ)
- einem Nachereignis (frühester Zeitpunkt / FZ, spätester Zeitpunkt / SZ)

dargestellt.



Für eine Vorwärtsterminierung wird mit den frühesten Zeitpunkten und den Vorgangsdauern gerechnet.
Die Berechnung erfolgt jeweils fortlaufend mit den höchsten aller ermittelten Werte

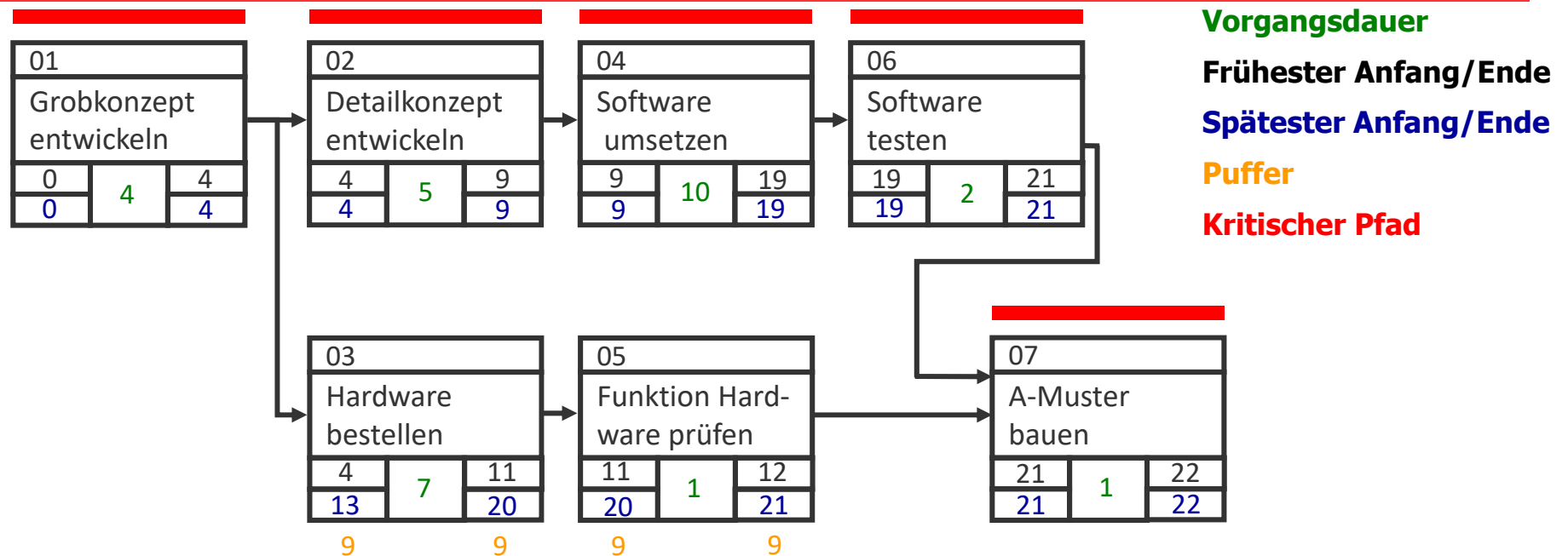
$$FZ(b) = FZ(a) + \text{Dauer}(a,b)$$

Für eine Rückwärtsterminierung wird mit den spätesten Zeitpunkten und den Vorgangsdauern gerechnet.
Die Berechnung erfolgt jeweils fortlaufend mit den niedrigsten aller ermittelten Werte.

$$SZ(a) = SZ(b) - \text{Dauer}(a,b)$$



Bsp. Netzplantechnik MPM – Vorgangsknoten-Netzplan (VKN)



V-Nummer	Vorgang	Dauer	Vorgänger	Nachfolger
01	Grobkonzept entwickeln	4	-	2 und 3
02	Detailkonzept Software entwickeln	5	1	4
03	Hardware bestellen	7	1	5
04	Software umsetzen	10	2	6
05	Funktion der Hardware überprüfen	1	3	7
06	Software testen	2	4	7
07	A-Muster bauen	1	5 und 6	-

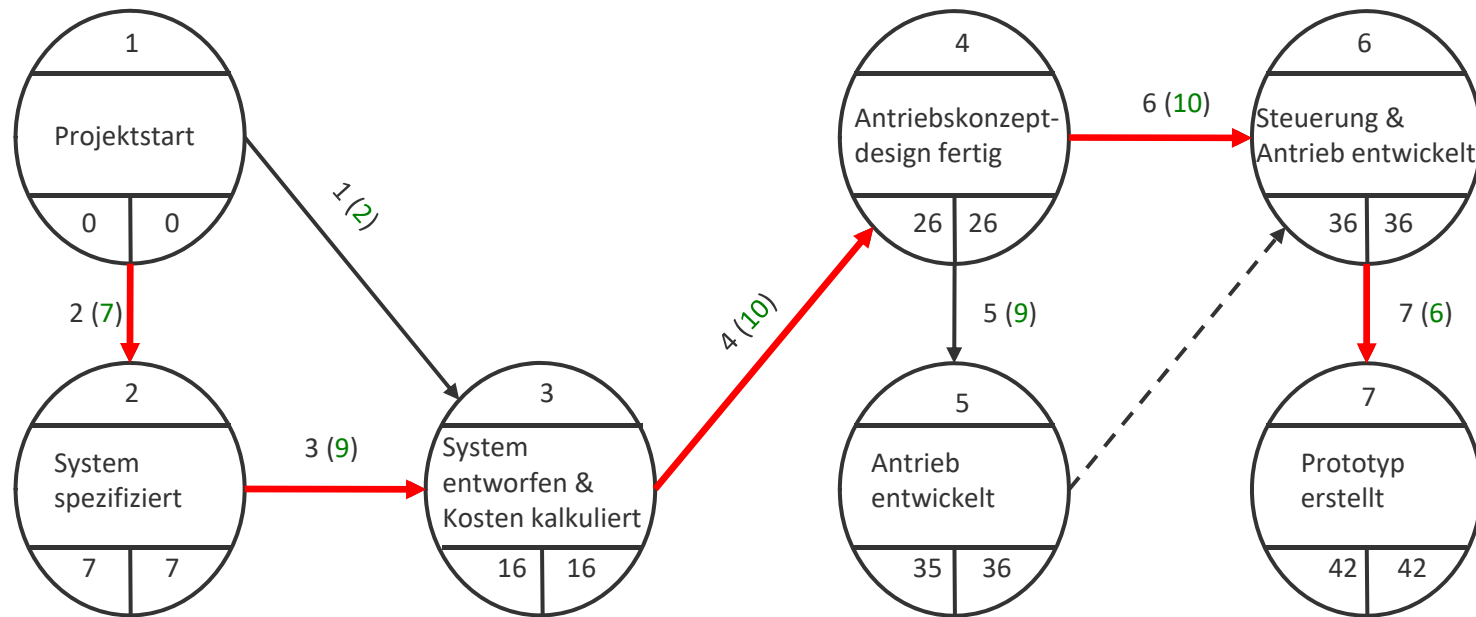
Vorgangsknotentechnik - MPM

Bei der Vorgangsknotentechnik werden die Vorgänge entsprechend der Bezeichnung in einem Knoten dargestellt.

Für ein Vorgangsknotennetzplan werden erfasst:

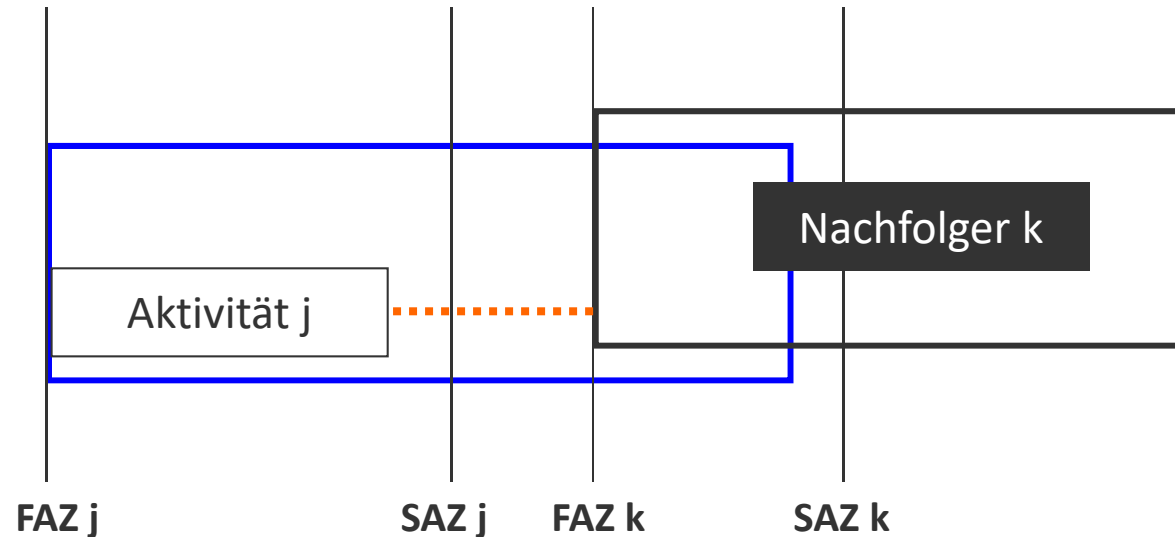
- Vorgangsnummer
- Vorgangsbezeichnung
- Frühester Anfangs-Zeitpunkt (FAZ)
- Spätester Anfangs-Zeitpunkt (SAZ)
- Frühester End-Zeitpunkt (FEZ)
- Spätester End-Zeitpunkt (SEZ)
- Dauer des Vorgangs (D)

Bsp. Netzplantechnik PERT – Ereignisknoten-Netzplan (EKN)




Nr.	Vorgang	Vorgänger	Dauer (Monate)			
			T ₀	T _M	T _P	T _E
1	Kostenkalkulation	-	1	2	3	2
2	Systemspezifikation	-	6	7	8	7
3	Systementwurf	2	6	8	16	9
4	Konzeptdesign Antrieb	1,3	8	9	16	10
5	Entwicklung Antrieb	4	6	7	20	9
6	Entwicklung Steuerung	4	5	8	23	10
7	Erstellung Prototyp	5,6	5	6	7	6

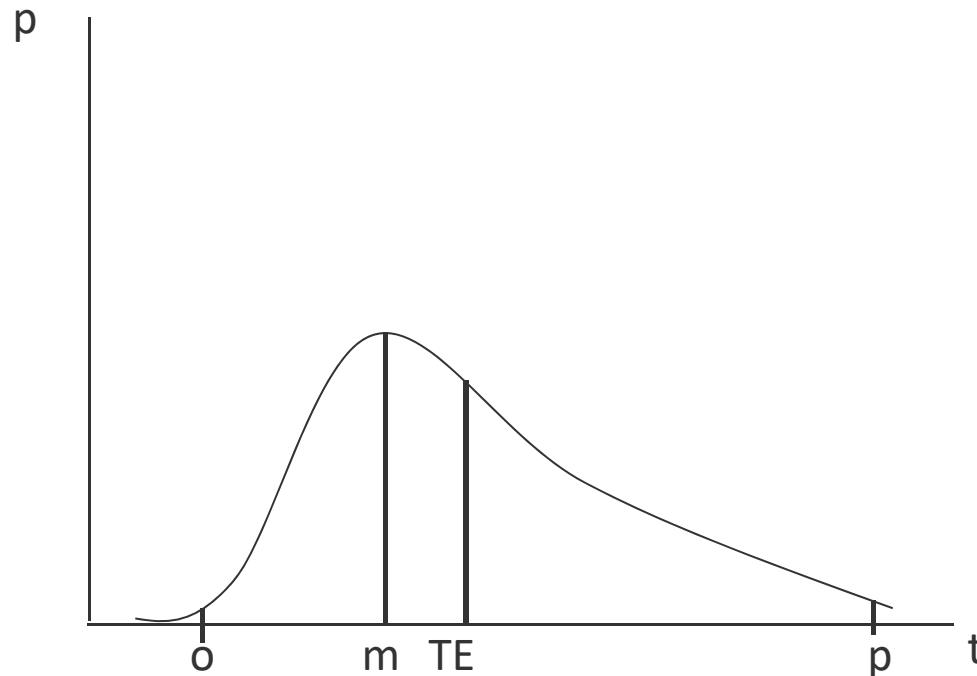
Pufferzeiten



Gesamte Pufferzeit: Differenz zwischen spätest möglichem und frühest möglichem Anfangszeitpunkt. ($SAZ_j - FAZ_j$)

Freier Puffer: Zeitspanne, um die ein Vorgang von der frühesten Lage nach hinten verschoben werden kann, ohne dass die früheste Lage des Nachfolgers verschoben werden muss. (= )

Probabilistische Vorgangsdauern: „Drei-Punkt“ Schätzmethode



o = optimistische Zeit (Aktivität wird in 99% der Fälle a oder länger dauern)

p = pessimistische Zeit (Aktivität wird in 99% der Fälle b oder kürzer dauern)

m = „most likely“ Zeit (Modalwert)

Annahme: Standardabweichung einer Beta-Verteilung = $1/6$ der Spannbreite; $(o-p)/6$

Erwartungswert $TE = (o+4m+p)/6$

Risikoabschätzung der Planung

- ▶ Angabe der Varianz(δ)² der Vorgangsdauer zur Bewertung der Unsicherheit bei der Angabe der Vorgangsdauer
- ▶ **Varianz**= Mittelwert der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom Mittelwert
- ▶ **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

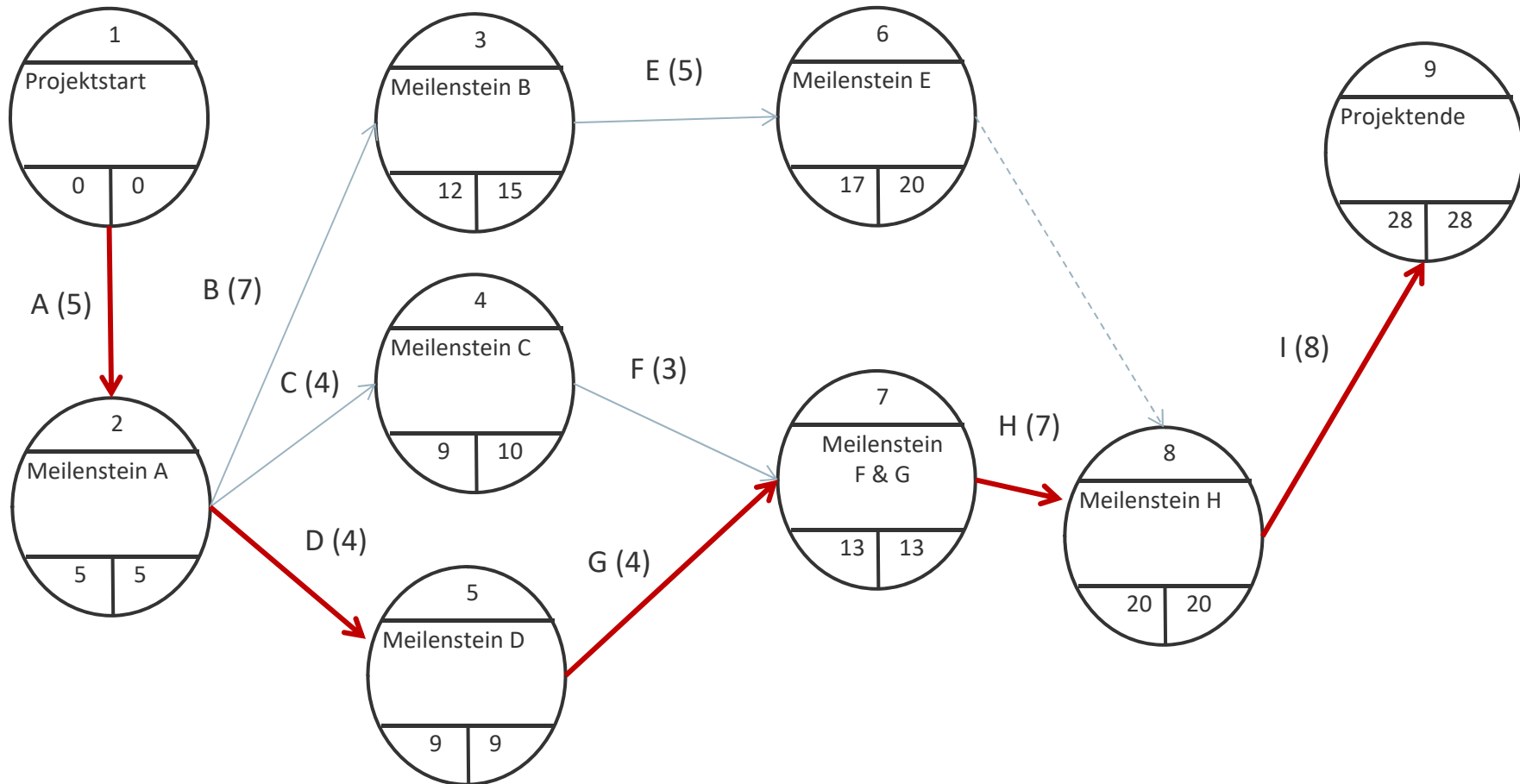
Beispiel - Strukturplan mit Zeitschätzung

Laufende Nummer	Vorgangsbezeichnung	Vorgänger	TE	o	m	p	Varianz
1	A	-		1	5	10	
2	B	A		2	6	15	
3	C	A		1	4	9	
4	D	A		1	3	8	
5	E	B		2	4	11	
6	F	C		1	2	6	
7	G	D		3	4	7	
8	H	F, G		3	5	17	
9	I	E, H		3	8	15	

Beispiel - Strukturplan mit Zeitschätzung

Laufende Nummer	Vorgangsbezeichnung	Vorgänger	TE	o	m	p	Varianz
1	A	-	5,17	1	5	10	
2	B	A	6,83	2	6	15	
3	C	A	4,33	1	4	9	
4	D	A	3,50	1	3	8	
5	E	B	4,83	2	4	11	
6	F	C	2,50	1	2	6	
7	G	D	4,33	3	4	7	
8	H	F, G	6,67	3	5	17	
9	I	E, H	8,33	3	8	15	

Beispiel - PERT



Zeitangaben gerundet

Beispiel - Strukturplan mit Zeitschätzung

Laufende Nummer	Vorgangsbezeichnung	Vorgänger	TE	o	m	p	Varianz (Schätzung)
1	A	-	5,17	1	5	10	2,25
2	B	A	6,83	2	6	15	4,69
3	C	A	4,33	1	4	9	1,77
4	D	A	3,50	1	3	8	1,36
5	E	B	4,83	2	4	11	2,25
6	F	C	2,50	1	2	6	0,69
7	G	D	4,33	3	4	7	0,44
8	H	F, G	6,67	3	5	17	5,44
9	I	E, H	8,33	3	8	15	4,00

Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird das Projekt im Zeitplan abgeschlossen?

Annahme: Aktivitäten sind statistisch voneinander unabhängig, dann gilt:
Varianz einer Menge der Aktivitäten = Summe der Einzelvarianzen

Hier: kritischer Pfad:

Erwartete Zeit (TE) des kritischen Pfades: Tage

Varianz des Kritischen Pfades: Tage

Annahme: Projektabschluss in 30 Tagen (=D) versprochen

Wahrscheinlichkeit den versprochenen Abschluss zu schaffen:

$$Z = (D - TE_{\text{kritischer Pfad}}) / \text{Standardabweichung}_{\text{kritischer Pfades}}$$

Z =

Nach Z-Normalverteilungs-Tabelle: p =

Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird das Projekt im Zeitplan abgeschlossen?

Annahme: Aktivitäten sind statistisch voneinander unabhängig, dann gilt:
Varianz einer Menge der Aktivitäten = Summe der Einzelvarianzen

Hier: kritischer Pfad: A, C, D, F, G, H, I

Erwartete Zeit (TE) des kritischen Pfades: 28 Tage
Varianz des Kritischen Pfades: 13,5 Tage

Annahme: Projektabschluss in 30 Tagen (=D) versprochen

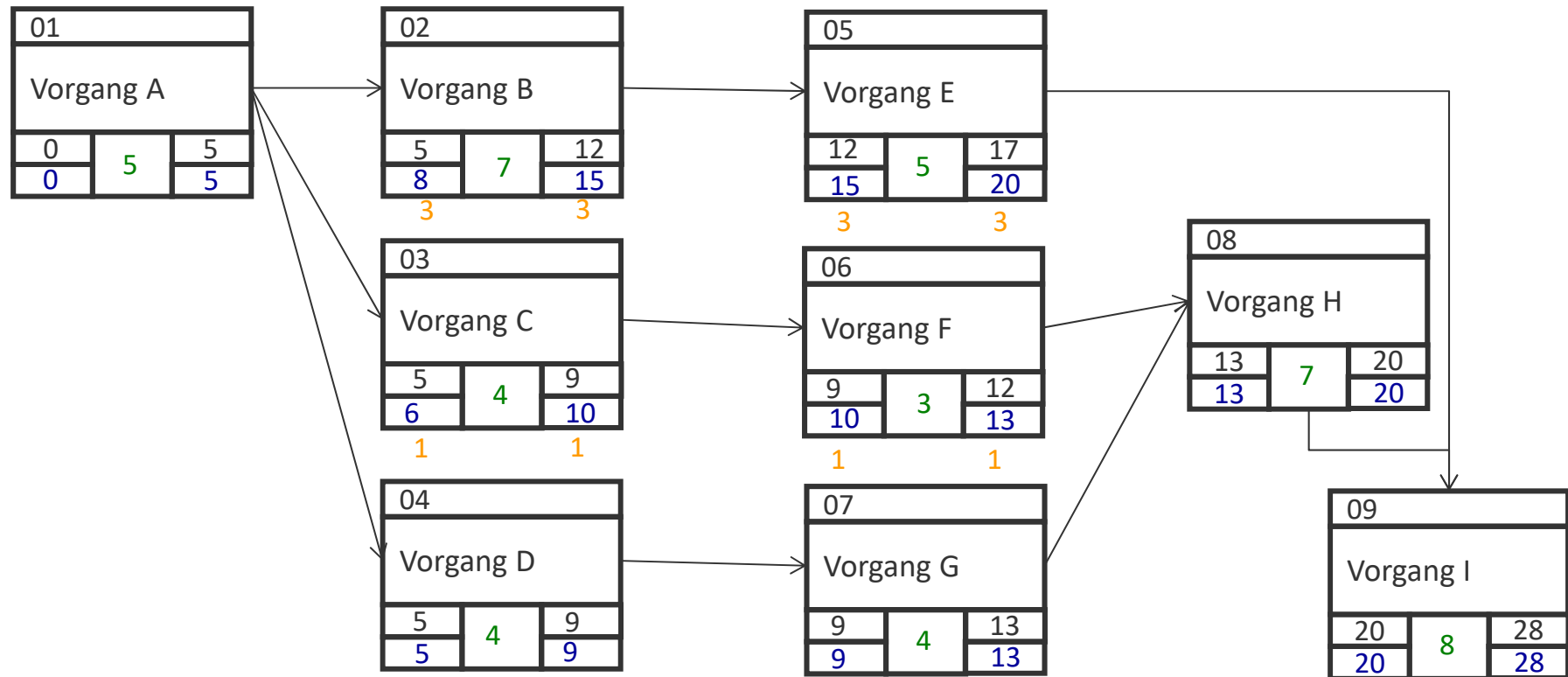
Wahrscheinlichkeit den versprochenen Abschluss zu schaffen:

$$Z = (D - TE_{\text{kritischer Pfad}}) / \text{Standardabweichung}_{\text{kritischer Pfades}}$$

$$Z = (30 - 28) / 3,67 = 0,54$$

Nach Z-Normalverteilungs-Tabelle: $p = .71$

□ Beispiel Umwandlung des PERT in ein MPM – Vorgangsknoten-Netzplan (VKN)



Vorteile Netzplantechnik

- ▶ Sie liefert einen ausgezeichneten Überblick über die Gesamtheit der Teilvorgänge und zeigt deren gegenseitigen Abhängigkeiten.
- ▶ Sie hält dazu an, das gesamte Projekt genau zu durchdenken und frühzeitig Entscheidungen zu treffen.
- ▶ Sie ermöglicht eine relativ exakte Vorhersage wichtiger Zwischentermine und des Endtermins.
- ▶ Sie weist aus, wo Zeitreserven (Puffer) vorhanden sind, wo sie fehlen und wo Beschleunigungsmaßnahmen unumgänglich sind.
- ▶ Kritische Vorgänge und Engpässe sind leicht erkennbar.
- ▶ Sie führt in Verbindung mit der elektronischen Datenverarbeitung zu einer Entlastung von Routinearbeiten, was sich vor allem bei häufigen Planänderungen auswirkt.

Probleme der Netzplantechnik

- ▶ Der Netzplan ist zu detailliert, was in einem hohen Kontrollaufwand resultiert (zu viele Aktivitäten).
- ▶ Der Netzplan wird zu abstrakt aufgebaut und deshalb von den Anwendern (Technikern, Kaufleute, usw.) nicht verstanden.
- ▶ Netzplanaktivitäten, die einem sehr starken Veränderungsprozess unterliegen, sind nicht kontrollfähig.
- ▶ Die übergroße Netzplandetaillierung ist vor allem ein Problem, das Netzplan-Neulingen sehr leicht passiert. Eine zu große Anzahl von Aktivitäten führen dazu, dass der Planer den Dingen zu sehr hinterherläuft.

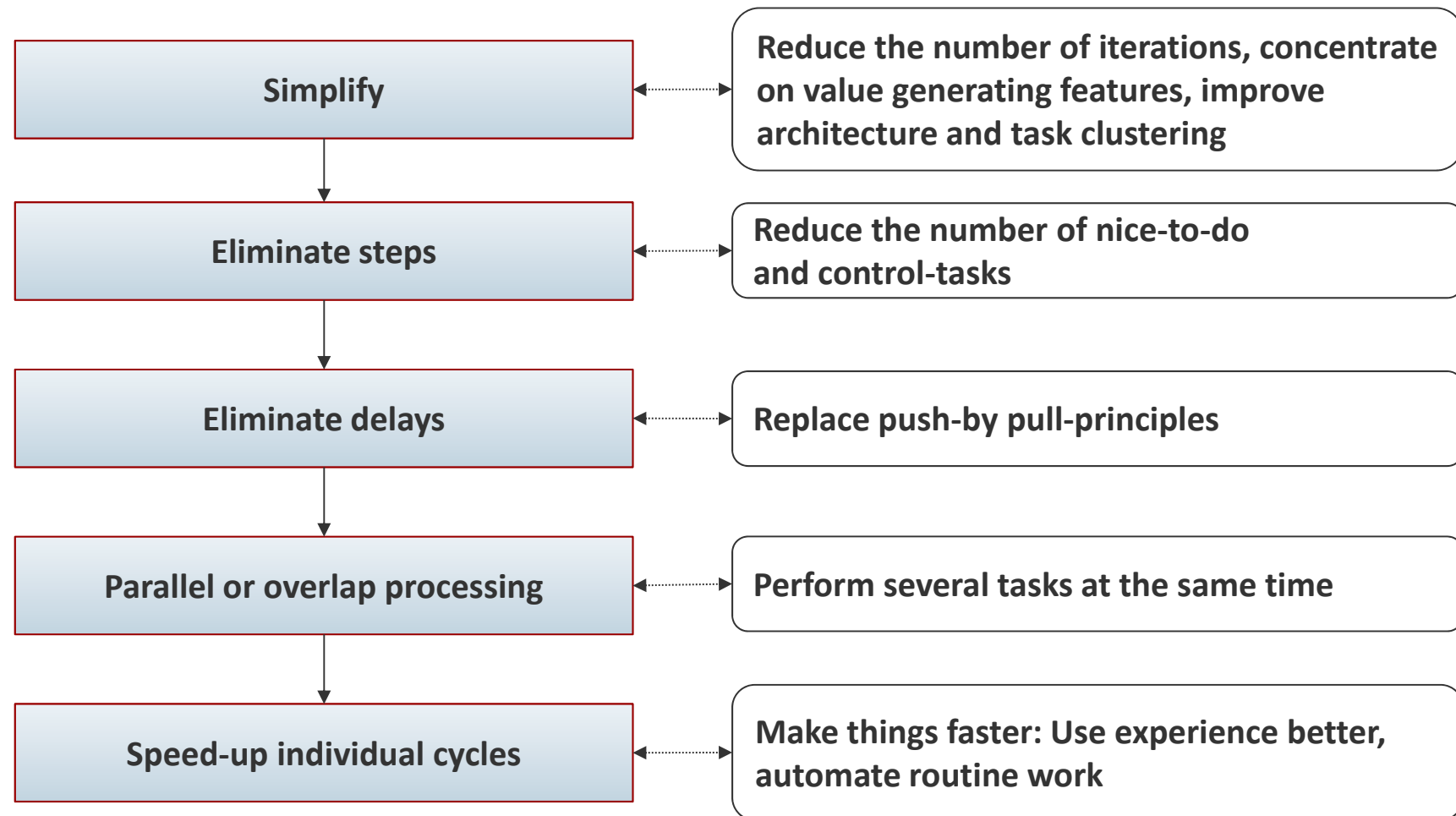
Projektplanung

-
- ▶ Strukturplanung
 - ▶ Ablaufplanung
 - ▶ Ressourcenplanung
 - ▶ Terminplanung
 - ▶ Kostenplanung
 - ▶ Netzplantechnik
 - ▶ **Planungsprobleme**

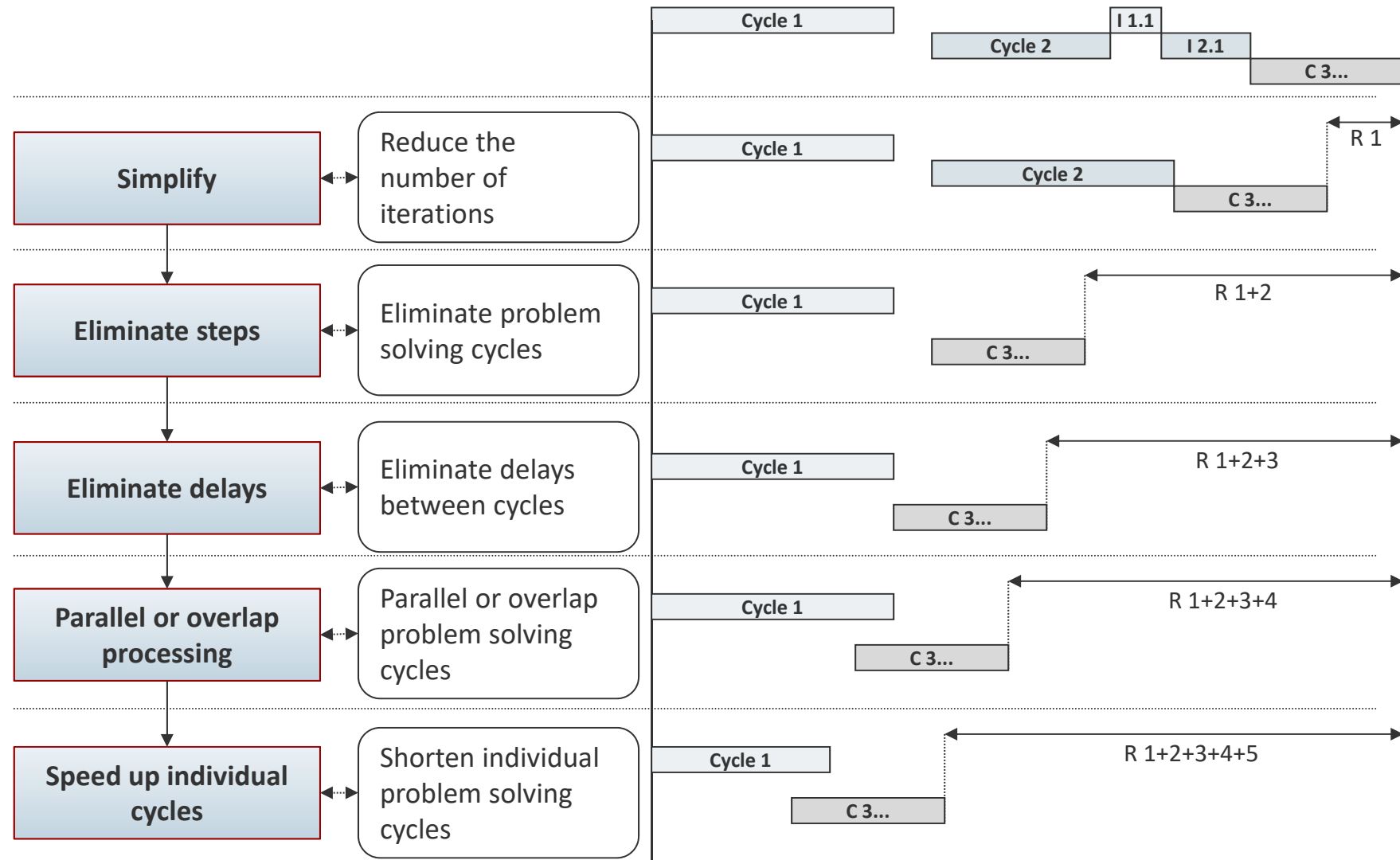
Planungsprobleme

- ▶ Unvorhergesehene Engpässe und Planungsfehler durch Informationsdefizite und unklare Anforderungen
- ▶ Verwendung unrealistischer Schätzungen für Aufwand und Dauer
- ▶ Unklare Prioritäten und Bewertungen erschweren die Verteilung kritischer Ressourcen über mehrere Projekte / operative Aufgaben hinweg
- ▶ Einfluss subjektiver Wahrnehmungs- und Bewertungs-Bias auf die Erwartungen der Planer
- ▶ Einfluss individueller Zielsetzungen und opportunistischen Verhaltens
- ▶ Hohe Ungleichgewichten der Arbeitsbelastung der Mitarbeiter führen so hohen Rüstkosten und Ineffizienzen.
- ▶ Ungenutzte Ressourcen
- ▶ Kontinuierliche Anpassungen des Projektstrukturplans notwendig

Beschleunigung von Projekten



Beschleunigung von Projekten (2)



Mythen und Realität der Projektbeschleunigung

Compression Technique	Myth	Reality
▶ Use of overtime	▶ Work will progress at the same rate on overtime.	▶ The rate of progress is less on overtime; more mistakes may occur; and prolonged overtime may lead to burnout.
▶ Adding more resources	▶ The performance rate will increase due to the added resources	▶ It takes time to find the resources; it takes time to get them up to speed; the resources used for the training must come from the existing resources.
▶ Reducing scope and functionality	▶ Customers request more work than needed.	▶ The customer needs all of the tasks agreed to in the statement of work.
▶ Outsourcing	▶ Numerous qualified suppliers exist.	▶ The quality of the suppliers' work is low; the supplier may go out of business or may have limited concern for your scheduled dates.
▶ Doing series work in parallel	▶ An activity can start before the previous activity has finished.	▶ The risks increase and rework becomes expensive because it increase complexity.

Weitere Quellen

- ▶ Kerzner: Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling; 11. Auflage John Wiley & Sons, 2013