

Operations Strategie und Management

- Projektmanagement -



Lernziele

Nach dieser Veranstaltung sollen Sie wissen,

- was man unter einem Projekt versteht
- was Projektmanagement bedeutet
- wie Projekte strukturiert und koordiniert werden
- was Netzwerkplanmodelle sind
- was unter einem „kritischen Pfad“ verstanden wird und wie sich dieser modellieren und berechnen lässt
- wie man die CPM-Methode anwendet



Teil 1: Allgemeines

Definition

Projekt:

Ein Projekt ist ein einmaliger Vorgang mit Zielvorgabe, mit Abgrenzung zu anderen Prozessen und Mittelbegrenzung hinsichtlich:

- *Zeit (Anfang/Ende)*
- *Finanzen/Kosten*
- *Personal*
- *weitere Ressourcen*



Beispiele

- Fussball Weltmeisterschaft
- Börsengang
- Process Reengineering
- Einführung von IKS-Systeme



Definition

Projektmanagement:

Als Projektmanagement bezeichnet man die Führungsaktivitäten zur Erreichung des Projektziels.

Diese beinhalten:

- *Projektplanung*
- *Projektsteuerung*
- *Ressourcenplanung (Personal, Ausstattung und Material)*



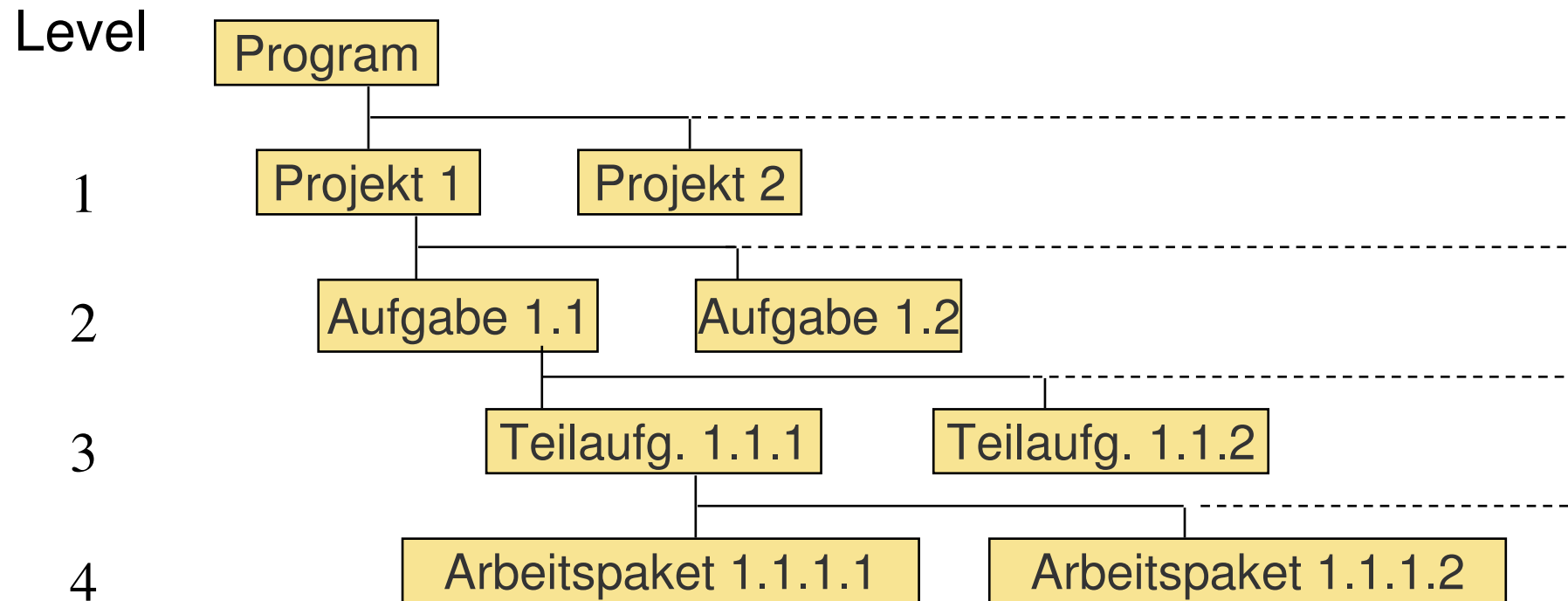
Projektstrukturen

- *Reine Projekte*
 - Autonomes Team mit eigenverantwortlichem Projektmanager; Projektmitglieder arbeiten Vollzeit im Projekt.
- *Funktionale Projekte*
 - Beheimatung eines Projektes innerhalb einer funktionalen Organisationsform.
- *Matrix Projekte*
 - Mischform aus reinem und funktionalem Projekt. Eigenverantwortlicher Manager mit funktional aufgestellten Projektteam.



Projektstrukturplan

Zur Koordination der einzelnen Arbeitsschritte wird ein Projektstrukturplan mit Aufgaben, Teilaufgaben und Arbeitspaketen *hierarchisch* erstellt.



Netzwerkplan Modelle

- Ein Projekt besteht aus einer Abfolge von Arbeitsschritten. Die Arbeitsschritte bilden ein Netzwerk, das als Projekt bezeichnet wird.
- Der Pfad mit der längsten Durchlaufzeit durch dieses Netzwerk wird als „Kritischer Pfad“ bezeichnet.
- Der kritische Pfad bietet eine grosse Anzahl an Planungsinformationen, welche zur Steuerung des Projektes nützlich sind.
- Die „**Kritische Pfad Methode**“ (CPM) hilft den kritischen Pfad des Projektnetzwerkes zu identifizieren.



Teil 2: Critical Path Method (CPM)

Voraussetzungen für CPM:

Ein Projekt muss folgende Eigenschaften besitzen:

- Definierte Arbeitsschritte, welche durch ihre Fertigstellung das Ende des Projekts kennzeichnen
- Unabhängige Arbeitsschritte
- Arbeitsschritte, welche in einer vorgegebenen Reihenfolge stattfinden



Arten von CPM

- *Deterministisch*
 - Zeit der einzelnen Arbeitsschritte ist bekannt und sicher
 - Die Berechnung der Projektdauer ergibt sich aus den Arbeitsschritten des Projektes und den Schlupfzeiten der Arbeitsschritte
- *Stochastisch*
 - Zeit der Arbeitsschritte ist unsicher
 - Wird eingesetzt zur Erlangung der Information wie bei der Einzel Zeitschätzung und zur Berechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung



Teil 2.1: Vorgehensweise CPM (deterministisch)

1. Identifikation der Arbeitsschritte
2. Ordnen der Arbeitsschritte und
Netzwerkbildung



Vorgehensweise CPM (deterministisch)

3. Ermittlung des kritischen Pfades

Durch den kritischen Pfad können alle Informationen über Projekt- und Arbeitsschrittzeiten ermittelt werden.

4. Ermittlung des early start/finish und late start/finish Planes



Notation

- ES = früheste Startzeit (Early Start)
- EF = früheste Endzeit (Early Finish)
- LS = späteste Startzeit (Late Start)
- LF = späteste Endzeit (Late End)



Beispiel 1: CPM (deterministisch)

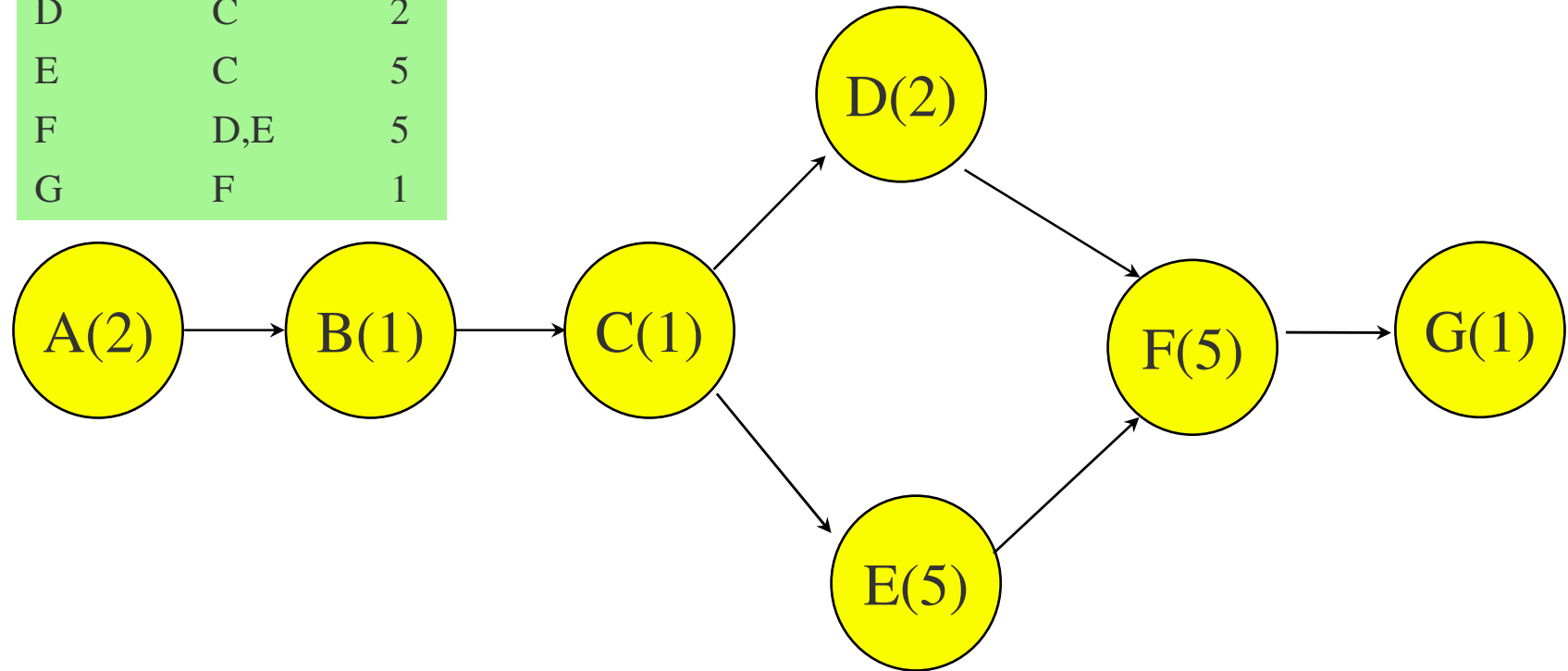
Beratungsprojekt:

Arbeitsschritt	Zeichen	Vorgänger	Dauer (Wochen)
Festlegung der Kundenbedürfnisse	A	-----	2
Angebotserstellung	B	A	1
Erhalt der Genehmigung	C	B	1
Entwicklung der Ziele und Visionen	D	C	2
Mitarbeiterschulung	E	C	5
Qualitätsverbesserung des Piloten	F	D, E	5
Erstellung der Beurteilung	G	F	1



Beispiel 1: Netzwerkplan erstellen

AS	Vorgänger	Dauer
A	----	2
B	A	1
C	B	1
D	C	2
E	C	5
F	D,E	5
G	F	1



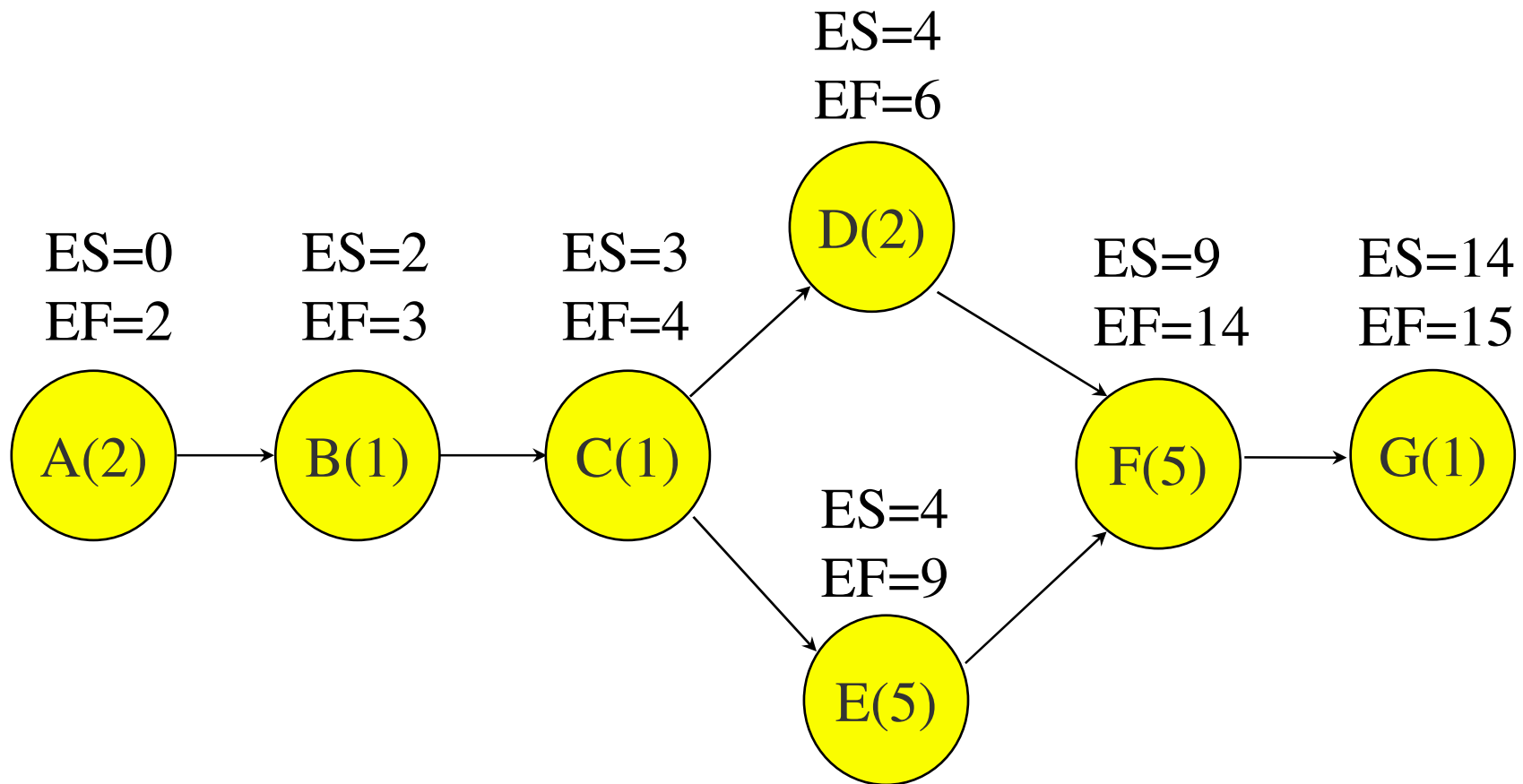
Beispiel 1: Bestimmung der *frühesten* Start- (ES) und Endzeiten (EF)

Idee:

Starte bei $ES=0$ und verfolge das Netzwerk
von A bis G!



Beispiel 1: Bestimmung der *frühesten* Start- (ES) und Endzeiten (EF)



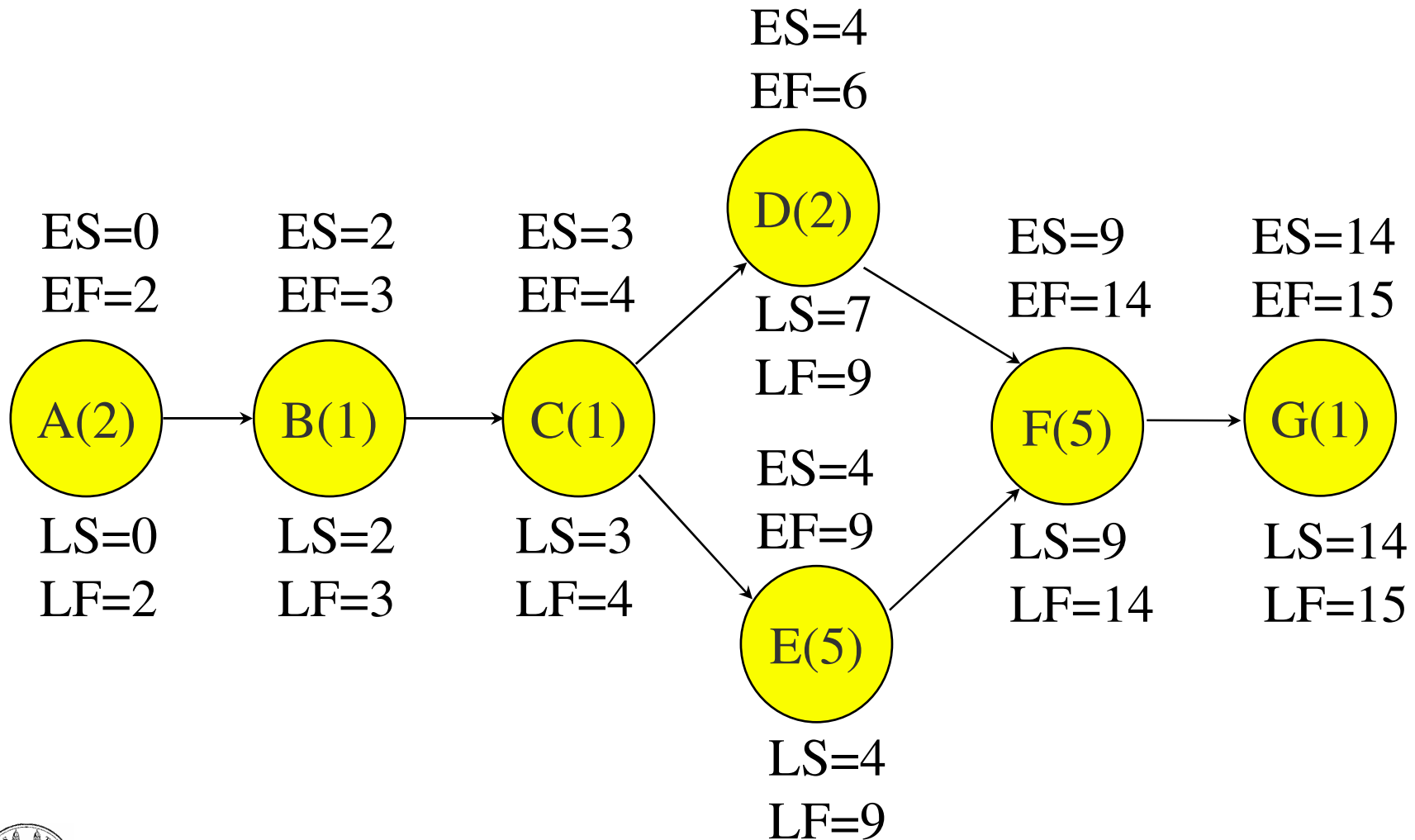
Beispiel 1: Bestimmung der *spätesten* Start- (LS) und Endzeiten (LF)

Idee:

Starte bei $LF=15$ und verfolge das
Netzwerk von G bis A!



Beispiel 1: Bestimmung der *spätesten* Start- (LS) und Endzeiten (LF)



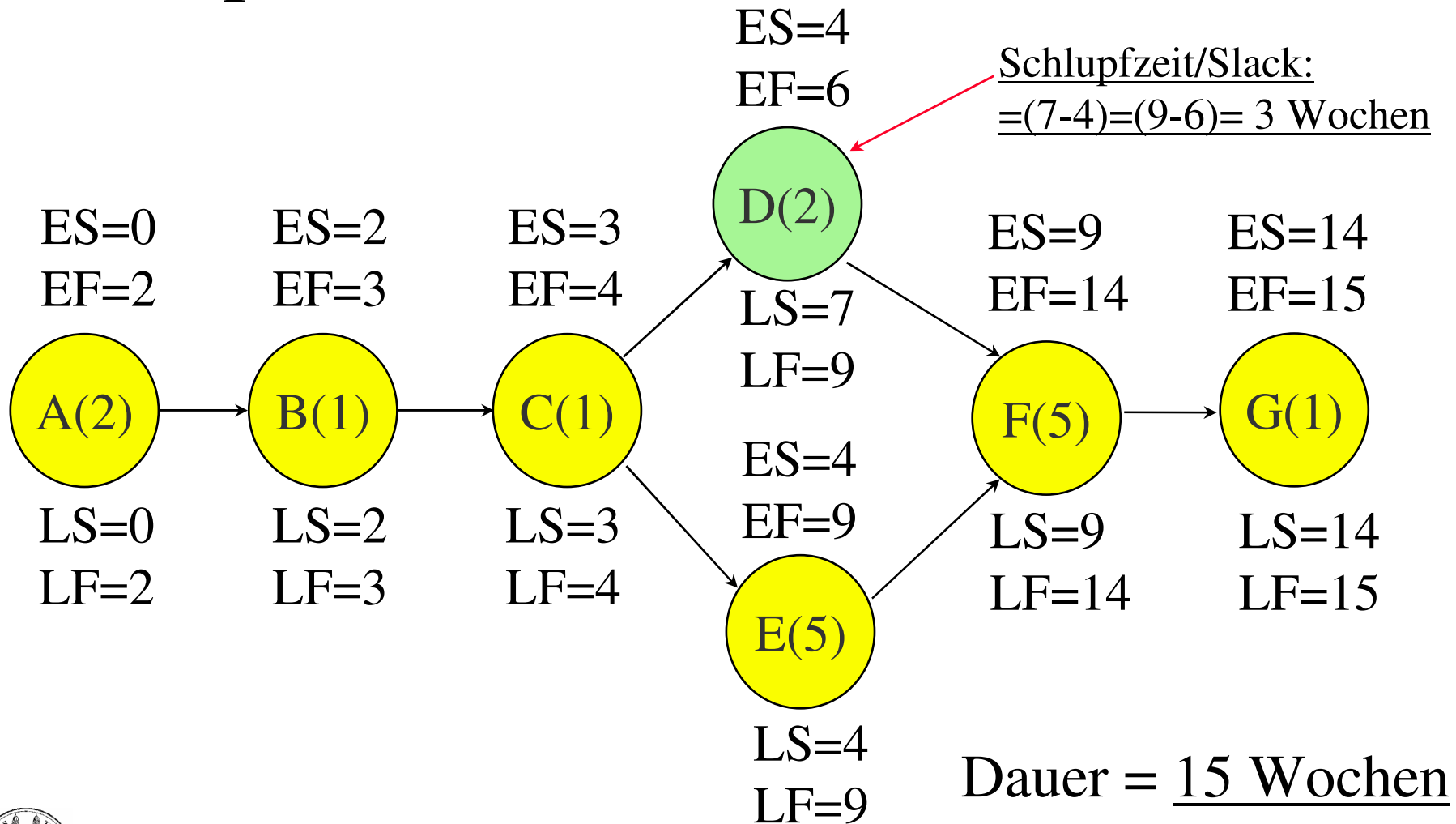
Beispiel 1: Rechtfertigung für Variante mit spätesten Start- und Endzeiten

Unter welchen Bedingungen soll ein Plan mit den **spätesten** Start- und Endzeiten gewählt werden?

→ Bei hohen Lagerkosten von Materialien beispielsweise kann es sinnvoll sein, den Startpunkt möglichst weit nach hinten zu verschieben.



Beispiel 1: Kritischer Pfad und Schlupfzeiten



Teil 2.2: CPM (stochastisch)

Notation

Zusätzlich zur deterministischen CPM-Notation:

- $ET(A)$ = erwartete Dauer des Arbeitsschrittes A
- T = erwartete Projektdauer
- D = geplante Projektdauer
- $p(t < D)$ = Wahrscheinlichkeit, dass die geplante Projektdauer nicht überschritten wird
- σ = Standardabweichung



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

1. Identifikation der Arbeitsschritte
2. Ordnen der Arbeitsschritte und
Netzwerkbildung

(Schritt 1 und 2 sind identisch zur
deterministischen CPM)



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

3. Drei Schätzungen für a, m und b:

- a = Optimistische Zeit: Minimale vernünftige Periode, in welcher der Arbeitsschritt vollbracht werden kann.
(Beispielsweise: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% kann der Arbeitsschritt noch kürzer beendet werden.)



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

- m = Zeit mit höchster Wahrscheinlichkeit: Beste Schätzung der notwendigen Zeit.
- b = Pessimistische Zeit: Maximale vernünftige Periode, in welcher der Arbeitsschritt vollbracht werden kann. (Beispielsweise: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% dauert der Arbeitsschritt noch länger.)



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

4. Berechnung der erwarteten Zeit gemäss folgender Formel:

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

Bemerkung: Diese Formel wird aus der Beta- Verteilung hergeleitet.



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

5. Ermittlung des kritischen Pfades

Benutze hierfür die erwarteten Zeiten und gehe analog wie bei der deterministischen Variante vor.

6. Berechnung der Varianz der Arbeitsschrittzeiten:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$



Vorgehensweise CPM (stochastisch)

7. Verwendung der Standardnormalverteilung:

$$Z = \frac{D - T}{\sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}}$$

Bemerkung: Das cp als Subskript der Varianz steht für critical path. Demnach werden gemäss Formel die Varianzen entlang des critical path aufaddiert.



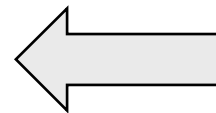
Beispiel 2: CPM (stochastisch)

Art:	Vorgänger	Optimistisch	Wahrscheinlich	Pessimistisch
A	---	3	6	15
B	---	2	4	14
C	A	6	12	30
D	A	2	5	8
E	C	5	11	17
F	D	3	6	15
G	B	3	9	27
H	E,F	1	4	7
I	G,H	4	19	28



Beispiel 2: Erwartungswert Arbeitsschrittdauer

Art:	Vorgänger:	Erwartete Dauer:
A	---	7
B	---	5.333
C	A	14
D	A	5
E	C	11
F	D	7
G	B	11
H	E,F	4
I	G,H	18



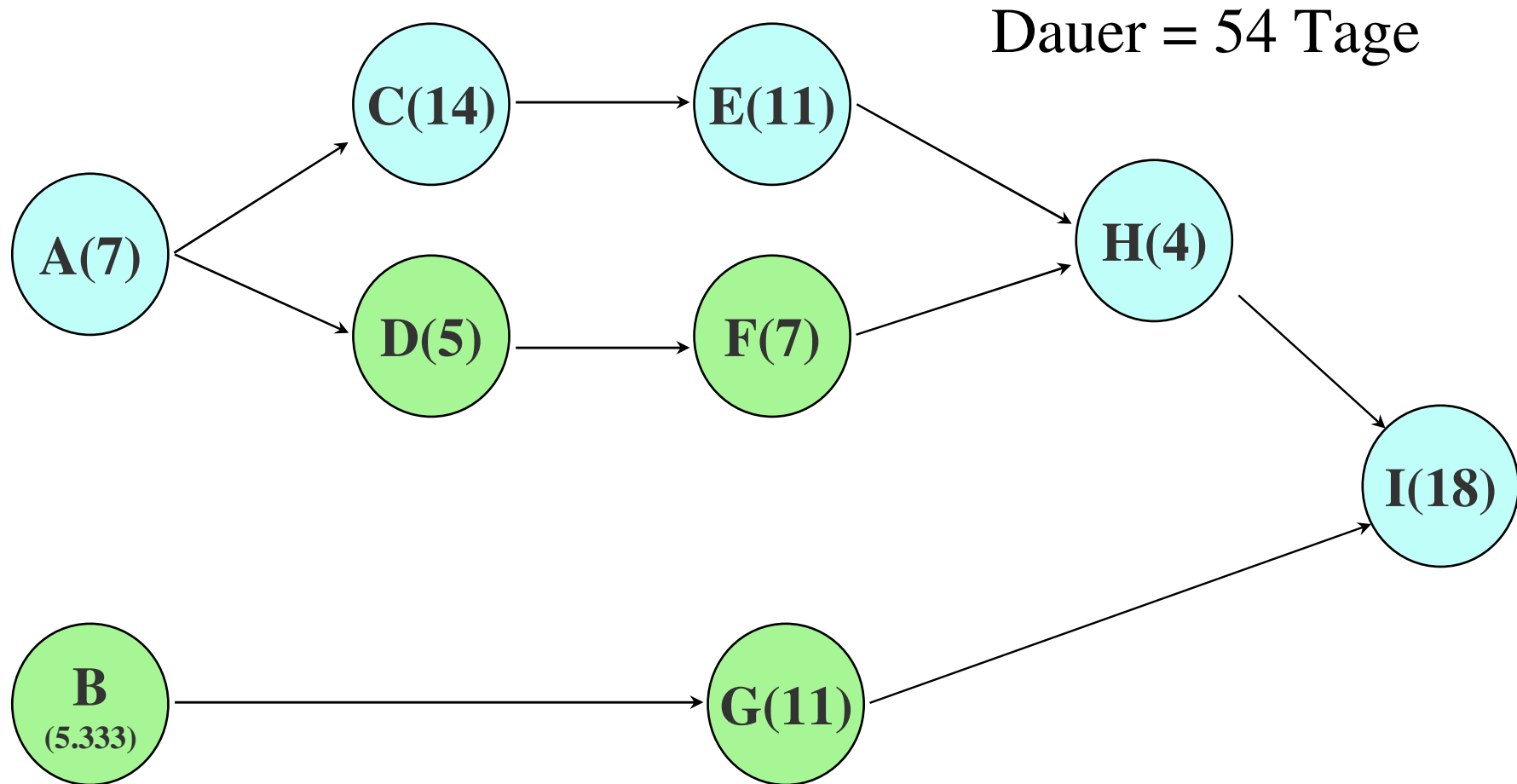
$$ET(A) = \frac{3 + 4 * 6 + 15}{6}$$

$$ET(A) = 42 / 6 = 7$$

$$\text{Erwartete Dauer (ET)} = \frac{\text{Optim.} + 4 * (\text{Wahrsch.}) + \text{Pessim.}}{6}$$



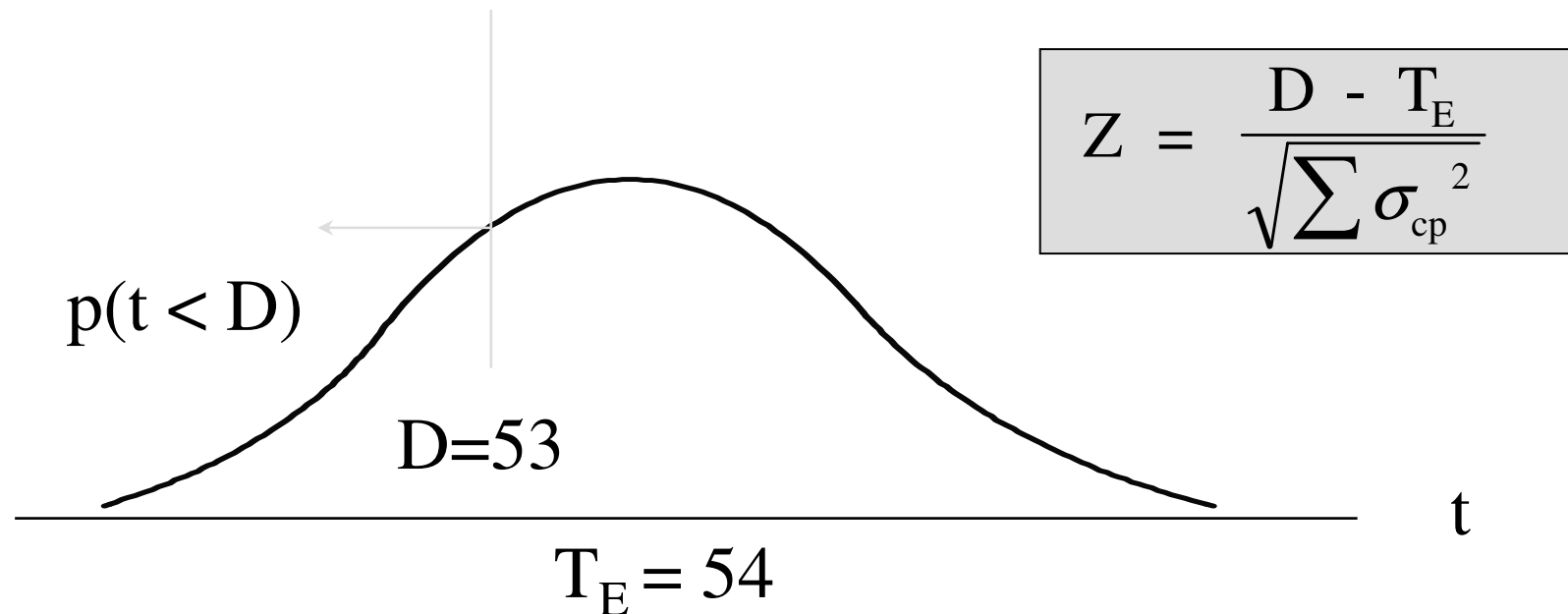
Beispiel 2: Netzwerkplan erstellen



Beispiel 2: Übung

Wahrscheinlichkeitsrechnung

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, das Projekt vor 53 Tagen zu beenden ?



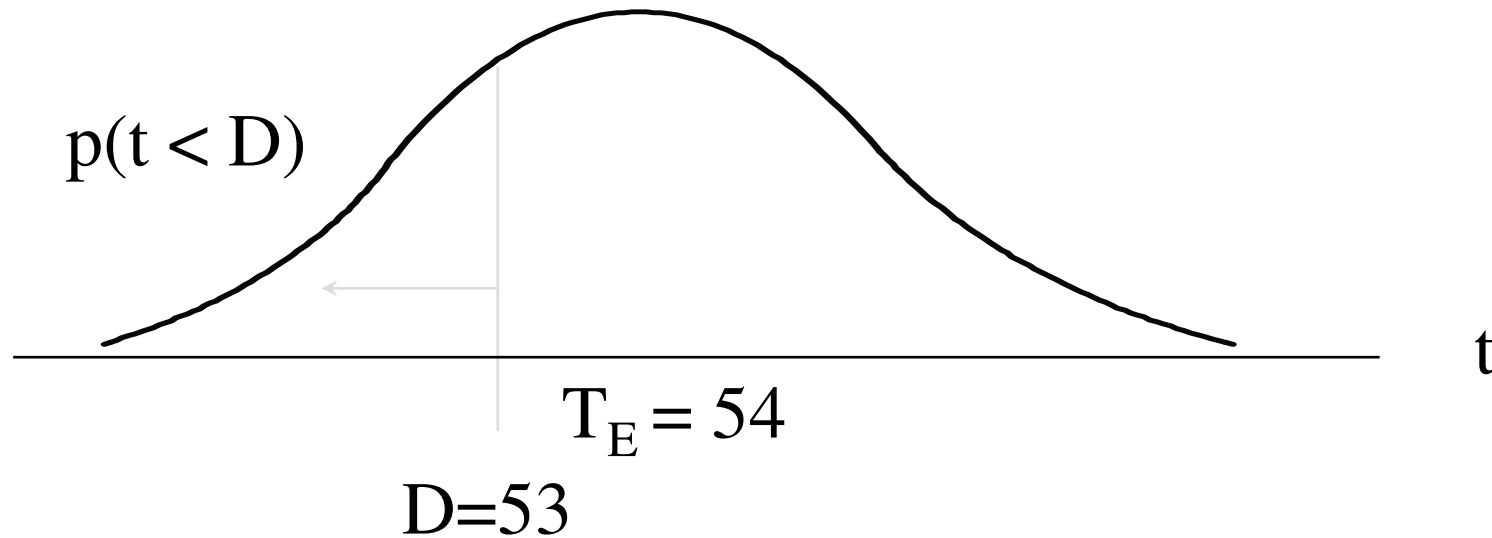
$$\text{Varianz Arbeitssch.}, \sigma^2 = \left(\frac{\text{Pessim.} - \text{Optim.}}{6} \right)^2$$

Art:	Optim.	Wahrsch.	Pessim.	Varianz
A	3	6	15	4
B	2	4	14	
C	6	12	30	16
D	2	5	8	
E	5	11	17	4
F	3	6	15	
G	3	9	27	
H	1	4	7	1
I	4	19	28	16

(Varianzsumme des kritischen Pfades:)

$$\sum \sigma^2 = 41$$





$$Z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}} = \frac{53 - 54}{\sqrt{41}} = -0.156$$

$$p(Z < -0.156) \approx 0.44, \text{ or } 44 \%$$

Die Wahrscheinlichkeit, das Projekt in weniger als 53 Wochen abzuschliessen, betragt 44 %.



Verteilung

- Bisher wurde nicht erklärt, weshalb man für die Berechnung solcher Wahrscheinlichkeiten die Standardnormalverteilung heranziehen darf.
- Dies soll nun nachgeholt werden!



Verteilung

Wir berechnen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Projekt innerhalb einer bestimmten Zeit vollendet wird. Hierfür brauchen wir die Annahme, dass die Arbeitsschrittzeiten **unabhängige Zufallsvariablen** sind. Mit Hilfe des **Zentralen Grenzwertsatzes** kann der Erwartungswert und die Varianz der Arbeitsschrittfolgen des kritischen Pfades berechnet werden.



Verteilung

Aussage des Zentralen Grenzwertsatzes:

Die Summe von **unabhängigen, identisch verteilten** Zufallsvariablen ist approximativ normalverteilt, wenn die Anzahl Zufallsvariablen grösser wird.



Verteilung

Bemerkungen:

- Der Zentrale Grenzwertsatz gilt für **jede** mögliche Verteilung, nicht nur für die Normalverteilung. Voraussetzungen sind nur bezüglich der Unabhängigkeit und der identischen Verteilung notwendig!
- Unabhängige und identische Verteilung wird oftmals mit iid (**i**ndependent and **i**dentical **d**istributed) abgekürzt.



Verteilung

- In unserem Beispiel entspricht die Zufallsvariable der erwarteten Zeit für einen **einzelnen** Arbeitsschritt.
- Ob die Zufallsvariable in unserem Beispiel tatsächlich iid sind, muss selbstverständlich noch statistisch überprüft werden.



Teil 3: Zeit-Kosten Modell

Idee:

Angelehnt an das CPM wurde in der Praxis ein Zeit-Kosten Modell entwickelt, welches nicht nur die Projekterfüllung im Bezug auf die Zeit betrachtet, sondern den Fokus auch auf die Kosten richtet. Die Modellierung hat zur Zielsetzung, einen Pfad mit minimalen Kosten zu generieren.



CPM Annahmen und Einschränkungen

- Die Arbeitsschritte müssen als Einheit identifizierbar sein (Anfangs- und Endzeitpunkt)
- Den Arbeitsschritten muss eine eindeutige Abfolge zuweisbar sein
- Projektcontrolling sollte sich auf den kritischen Pfad fokussieren
- Die Zeitschätzungen bei dem stochastischen Modell sind Beta verteilt

