

Ereignisknoten-Netzpläne

- Jedes **Ereignis** wird durch genau einen Knoten repräsentiert.
- Ereignisknoten-Netzpläne i.e.S. besitzen **nur Meilenstein-Ereignisse**.
 - ⇒ Anfangs- und Endereignisse von Vorgängen sind nicht definiert.
- Jede **Präzedenzbeziehung** zwischen (Meilenstein-)Ereignissen wird durch genau eine Kante dargestellt.
- **Vorgänge** werden in Ereignisknoten-Netzplänen i.e.S. grundsätzlich **nicht** explizit erfasst.
 - ⇒ Falls sich das Vorgänger- und das Nachfolgerereignis einer Präzedenzbeziehung als Anfangs- bzw. Endereignis eines Vorgangs interpretieren lassen, wird durch die Präzedenzbeziehung ein Vorgang implizit dargestellt (Ereignisknoten-Netzpläne i.w.S. \approx Vorgangskanten-Netzpläne).

Konsequenzen für die Konstruktion von Ereignisknoten-Netzplänen:

- In einem Ereignisknoten-Netzplan **i.e.S.** lassen sich **Normal-, Anfangs-, End- und Sprungfolgen nicht** mehr voneinander **unterscheiden**, weil man wegen des fehlenden Vorgangsbezugs zwischen Anfangs- und Endereignissen nicht differenzieren kann.
 - ➔ Es gibt nur noch **eine Art von Präzedenzbeziehungen** zwischen allen Meilenstein-Ereignissen.

- In einem Ereignisknoten-Netzplan **i.w.S.** wird ebenso nur **eine Art von Präzedenzbeziehungen** verwendet, obwohl:
 - ⇒ Präzedenzbeziehungen, die sich zwischen den Vorgänger- und Nachfolger-Ereignissen von vorgangsartigen Präzedenzbeziehungen erstrecken, je nach Art der Ereignisverknüpfung als Normal-, Anfangs-, End- oder Sprungfolgen interpretiert werden können.

Ein **Ereignisknoten**-Netzplan **i.e.S.** ist ein **bewerteter Ablaufgraph**
 $AG_b = (KN, KA; z_{\min}, z_{\max})$ mit folgenden **speziellen** Eigenschaften:

- 1) Für die **Knotenmenge** gilt: $KN = KN_{ME}$, d.h. $KN_{AE} = \emptyset$ und $KN_{EE} = \emptyset$.
- 2) Für die **Kantenmenge** gilt: $KA = KA_{PB}$, d.h. $KA_{VO} = \emptyset$.
- 3) Für die **Bewertungsfunktionen** z_{\min} und z_{\max} gilt:

$$z_{\min}: KA_{PB} \rightarrow \mathbb{R}_{\geq 0} \cup \{+\infty\}$$

$$z_{\max}: KA_{PB} \rightarrow \mathbb{R}_{\leq 0} \cup \{-\infty\}$$

ordnen jeder Präzedenzbeziehungs-Kante $ka = (kn_{VE}, kn_{NE})$
eine konstante nicht-negative Minimalfrist $z_{\min}(ka) = t_{NE} - t_{VE}$ bzw.
eine konstante nicht-positive Maximalfrist $z_{\max}(ka) = -(t_{NE} - t_{VE})$ zu.

Die Bewertungsfunktion **d** für Vorgangsdauern **entfällt**,
weil Vorgänge überhaupt nicht definiert sind ($KA_{VO} = \emptyset$).

- 4) **Integritätsbedingung:** Im bewerteten Ablaufgraphen AG_b darf kein Zyklus mit positiver Weglänge bestehen.

Anmk.: Im Gegensatz zu Vorgangskanten-Netzplänen kann es durchaus Zyklen mit negativer Weglänge geben, weil Maximalfristen für Präzedenzbeziehungen zulässig sind.

Ein **Ereignisknoten**-Netzplan **i.w.S.** ist ein bewerteter Ablaufgraph $AG_b = (KN, KA; d, z_{\min}, z_{\max})$, der gegenüber einem Ereignisknoten-Netzplan i.e.S. die folgenden **zusätzlichen** speziellen Eigenschaften aufweist:

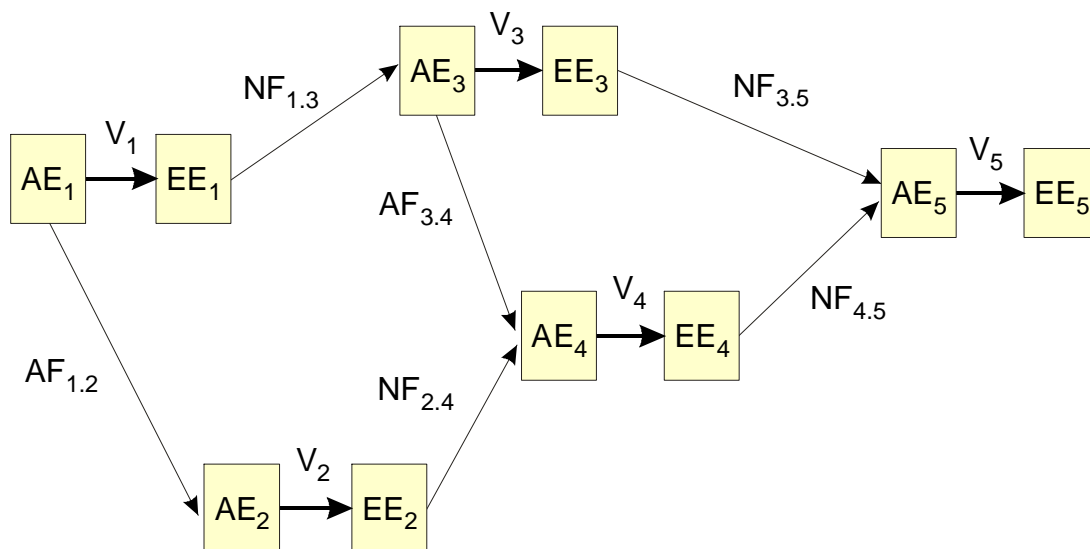
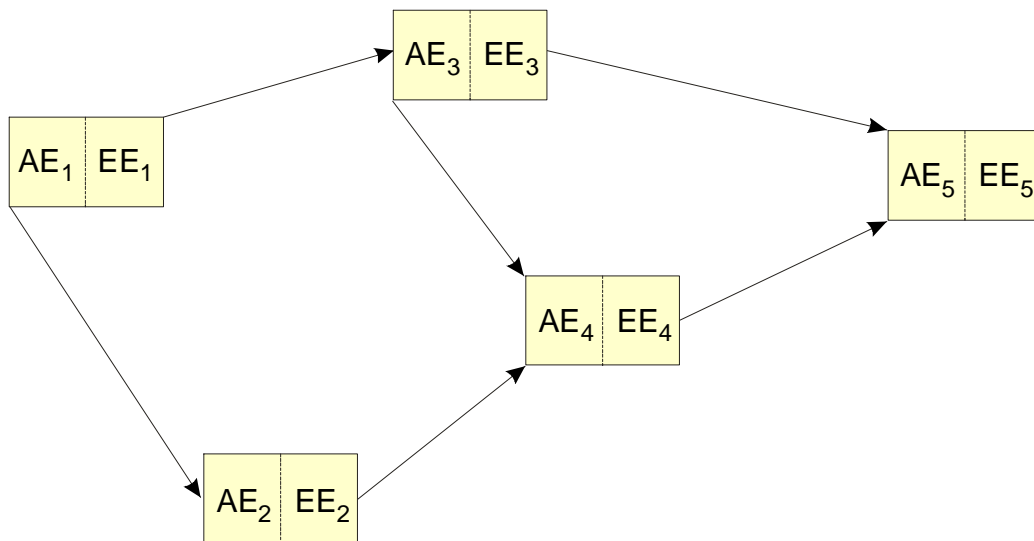
- a) **Mindestens eine** Kante wird als eine **Vorgangskante** mit Anfangs- und Endereignis interpretiert, so dass $KA_{VO} \neq \emptyset$, $KN_{AE} \neq \emptyset$ und $KA_{EE} \neq \emptyset$ gelten.
- b) **d**: $KA_{VO} \rightarrow \mathbb{R}_{>0}$ ordnet jeder Vorgangskante $ka = (kn_{AE}, kn_{EE})$ eine konstante positive **Vorgangsdauer** $d(ka) = t_{EE} - t_{AE}$ zu.

- Jeder **Vorgangsknoten-** oder **Vorgangskanten-**Netzplan läßt sich in einen **äquivalenten Ereignisknoten-Netzplan** (i.e.S.) transformieren, indem:
 - ⇒ alle Anfangs- und Endereignisse von Vorgängen unterschiedslos als Meilenstein-Ereignisse behandelt werden;
 - ⇒ alle Vorgänge mit Vorgangsdauern als Präzedenzbeziehungen zwischen den vorgangsbegrenzenden Meilenstein-Ereignissen mit entsprechenden Minimalfristen wiedergegeben werden.

- Diese Transformation führt bei **Vorgangsknoten-**Netzplänen zu einer Abbildung auf die zugrundeliegenden **Ablaufgraphen** (falls die Ereignisknoten-Netzpläne i.w.S. mit Vorgangskanten sowie zugehörigen Anfangs- und Endereignissen interpretiert werden)

- Diese Transformation bewirkt bei Vk.-Np. aber auch eine **Verdopp- lung der Knotenanzahl** und eine Aufblähung der Kantenanzahl:
 - ⇒ nur von “theoretischem” Interesse.

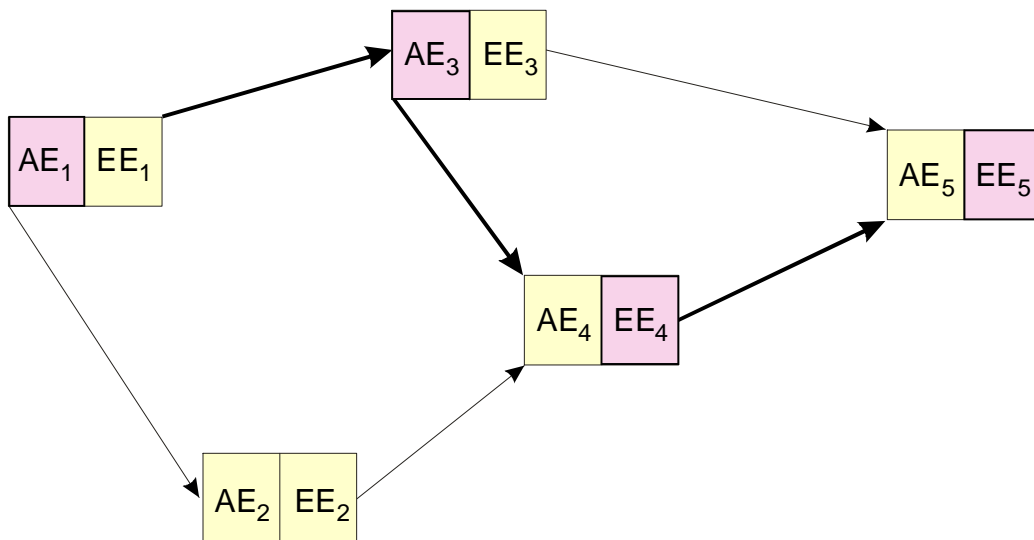
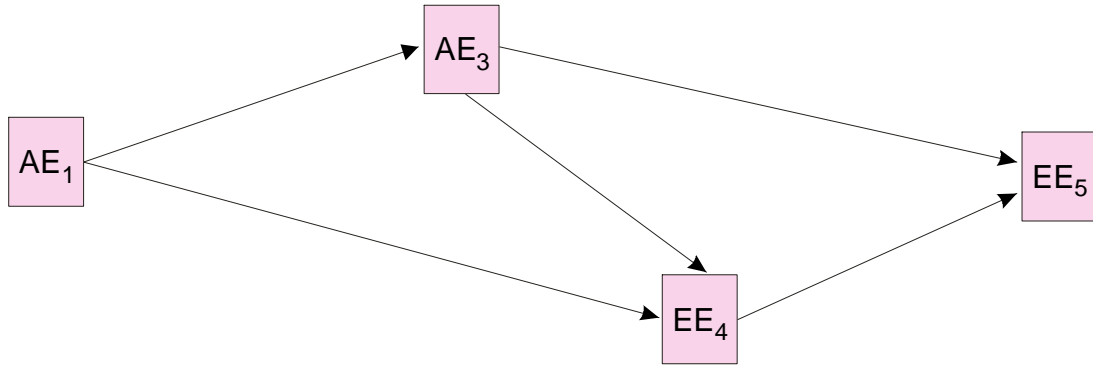
Vorgangsknoten-Netzplan



Ereignisknoten-Netzplan (Ablaufgraph)

- Von praktischem Interesse ist dagegen die **Verdichtung** eines Vorgangsknoten-Netzplans zu einem kompakten Ereignisknoten-Netzplan (“**Meilenstein-Netzplan**”), in dem:
 - ➔ einerseits **alle** für Projektausführung und -controlling besonders **wichtigen** Ereignisse **berücksichtigt**
 - ☞ Start- und Zielereignisse des Projekts
 - ☞ Endereignisse von Haupt-Projektphasen (Bauabschnitten)
 - ☞ Anfangs-/Endereignisse von kritischen Vorgängen
 - ➔ andererseits **alle übrigen** Ereignisse **vernachlässigt** werden.
- Einführung einer **Hierarchie von Netzplänen** für *unterschiedliche Zwecke* oder *unterschiedliche Adressaten*:
 - ➔ **detaillierte** Vorgangsknoten-Netzpläne für die **Feinplanung** der operativen Einheiten
 - ➔ **vergrößerte** Meilenstein-Netzpläne für das **Projektcontrolling** oder für Berichte an die Projekt-**Auftraggeber**

Meilenstein-Netzplan



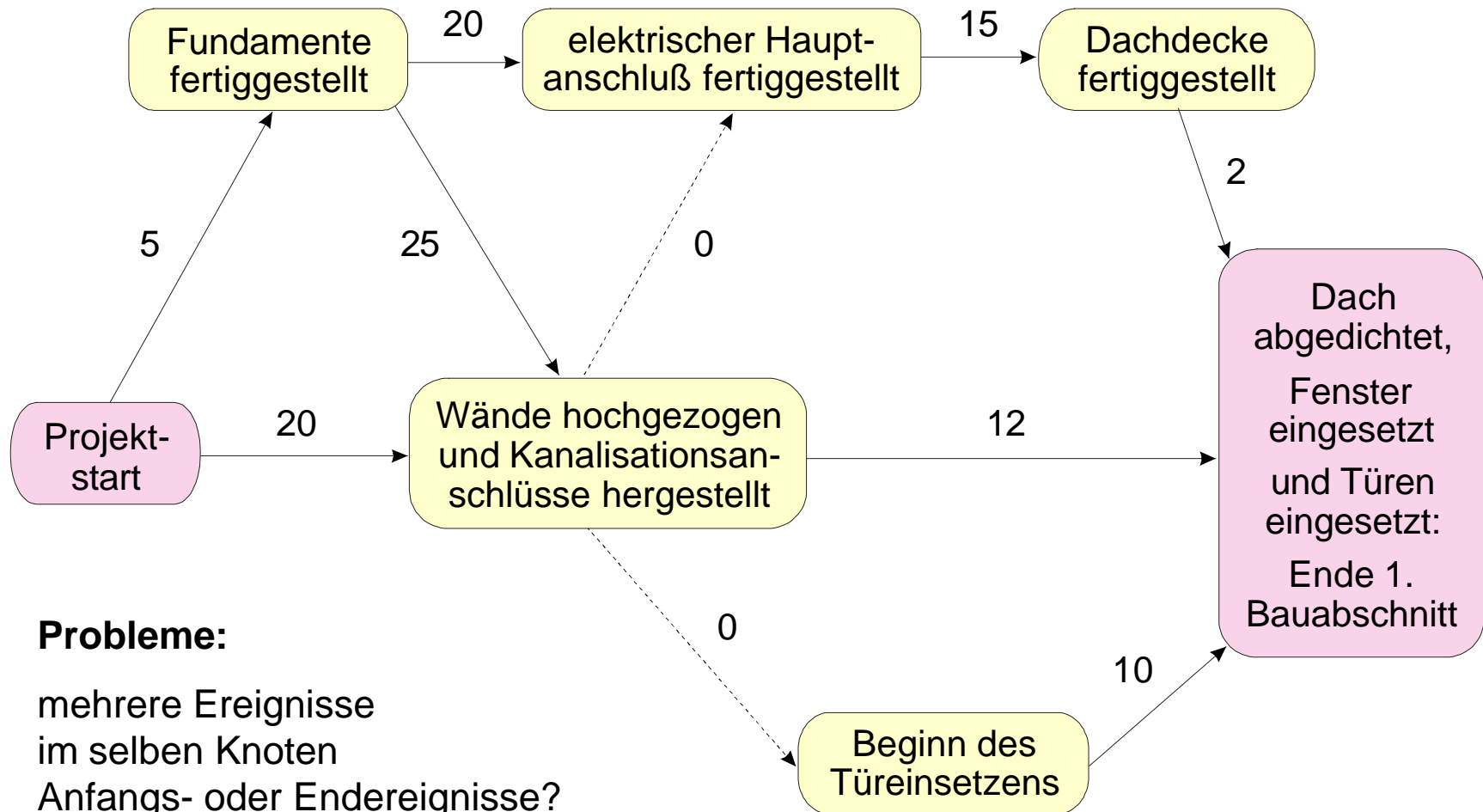
Vorgangsknoten-Netzplan

Typische **Variante** von Ereignisknoten-Netzplänen:

- **Project Evaluation and Review Technique (PERT)**
- ⇒ die früheste Variante von Ereignisknoten-Netzplänen
- ⇒ 1958 von der **U.S. Navy** zusammen mit **Lockheed** und der Unternehmensberatung **Booz, Allen & Hamilton** entwickelt
- ⇒ erstmals zur Konstruktion und Einführung der Raketen für **Polaris-U-Boote** eingesetzt
- ⇒ ursprünglich Ereignisknoten-Netzpläne i.e.S. (nur Meilenstein-Ereignisse und keine Vorgänge) beschränkt auf Minimalfristen
- ⇒ später auch Vorgänge mit Anfangs-/Endereignissen zugelassen
- ➔ Besonderheit: **stochastische Vorgangsdauern** durch realistische, optimistische sowie pessimistische Dauerschätzung und β -Verteilung
- ➔ vorwiegend als **Übersichtsnetzpläne** für die Koordinierung sehr großer Projekte (“Meilenstein-Netzpläne”)

Ereignisknoten-Netzplan für das Fabrikhallen-Beispiel:

vgl. SCHWARZE, J.: Netzplantechnik, 8. Aufl., Herne - Berlin 2001, S. 110 (überarbeitet)



Probleme:

mehrere Ereignisse
im selben Knoten
Anfangs- oder Endereignisse?

Vergleich der Netzplanarten

1) theoretische Fundiertheit

pro: VKA-, EKN- und fundierte* VKN-Netzpläne, weil sie sich **unmittelbar auf Ablaufgraphen zurückführen** lassen

con: anschauliche* VKN-Netzpläne, weil sie keine unmittelbare Anbindung an Ablaufgraphen besitzen (die atomaren Vorgangsknoten besitzen in Ablaufgraphen kein direktes Äquivalent)

* fundierte VKN-Netzpläne gehen aus anschaulichen VKN-Netzplänen (Normalfall) durch Verfeinerung der Vorgangsknoten zu Subnetzen aus jeweils 2 Ereignisknoten und 1 Vorgangskante hervor

2) “saubere” **Semantik** der formalen Netzplan-Komponenten

a) **eindeutige Interpretation** gleichartiger Netzplan-Komponenten

pro: EKN-Netzpläne vom ursprünglichen PERT-Typ
(Knoten nur als Ereignisse und Kanten nur als Präzedenzbeziehungen)

con: EKN-Netzpläne, sofern **Kanten** sowohl **Präzedenz-
beziehungen** als auch **Vorgänge** repräsentieren

VKA-Netzpläne, in denen **Kanten** sowohl **Vorgänge** (Normalfall)
als auch **Präzedenzbeziehungen** (Scheinvorgänge) darstellen

anschauliche VKN-Netzpläne, in denen **Knoten** sowohl **Vor-
gänge** (Normalfall) als auch **Ereignisse** (eindeutige Projekt-
start- oder Projektziel-Ereignisse) wiedergeben

fundierte VKN-Netzpläne, in denen **Kanten** sowohl
Präzedenzbeziehungen als auch **Vorgänge** repräsentieren

Anmerkung: “trade off” zwischen Eindeutigkeit und Reichhaltigkeit der Netzplan-Semantik bei grundsätzlich nur 2 verschiedenen formalen Komponentenarten (Knoten und Kanten)

b) Vermeiden von “artifiziellen” Netzplan-Komponenten

pro: fundierte VKN-Netzpläne

anschauliche VKN-Netzpläne nur dann, wenn keine eindeutig definierten Projektstarts oder -ziele gefordert werden

con: VKA- und EKN-Netzpläne wegen der “**Scheinvorgänge**”, die zur Berücksichtigung bestimmter Präzedenzbeziehungen notwendig sind

anschauliche VKN-Netzpläne, wenn zur Gewährleistung eindeutig definierter Projektstarts oder -ziele **Schein“vorgänge”** für Projektstart- bzw. Projektziel-Ereignisse eingeführt werden

c) **Ausdrucksreichtum**, d.h. Modellierbarkeit realer Problem-Komponenten durch [unmittelbar] entsprechende Netzplan-Komponenten (NP-Ko)

pro: fundierte VKN-Netzpläne

EKN-Netzpläne, in denen Kanten sowohl Präzedenzbeziehungen als auch Vorgänge repräsentieren

con: anschauliche VKN-Netzpläne: **keine** NP-Ko für **Ereignisse**

⇒ insb. keine Modellierung von Meilenstein-Ereignissen
[nur mittelbar durch Knoten für Scheinvorgänge mit Dauer 0]

VKA-Netzpläne: **keine** NP-Ko für **Präzedenzbeziehungen**,
die nicht eine Normalfolge mit Minimalfrist 0 darstellen

⇒ keine Modellierung von Normalfolgen mit Minimalfristen >0
[nur mittelbar durch Kanten für Scheinvorgänge i.w.S.]

- ⇒ keine Modellierung von Anfangs-, End- oder Sprungfolgen mit Minimalfristen [nur mittelbar durch Transformation in “äquivalente” Normalfolgen]
- ➔ keine Modellierung von Präzedenzbeziehungen mit *Maximalfristen* [grundsätzlich nicht möglich!]

EKN-Netzpläne vom ursprünglichen PERT-Typ

- ⇒ **keine** Modellierung von **Vorgängen**
[nur mittelbar durch Neuinterpretation der Präzedenzbeziehungs-Kanten als Vorgangs-Kanten]

d) **Klarheit der Interpretation** von Netzplan-Komponenten

pro: VKN-Netzpläne

con: EKN-Netzpläne, da im selben **Knoten** Anfangs- und Endereignisse **zusammengefasst** sein können

con: VKA-Netzpläne, deren **Knoten** zwar jeweils *ein* Ereignis darstellen sollen, tatsächlich aber oftmals ein diffuses **Gemenge** von *mehreren* unterschiedlichen Ereignissen repräsentieren

3) **leichte Zeichenbarkeit** der Netzpläne

a) **Kompaktheit**, d.h. möglichst wenige Knoten und Kanten

pro: VKA-Netzpläne, weil durch die lediglich **implizite** Repräsentation zahlreicher (Normalfolgen-)Präzedenzbeziehungen die Anzahl der NP-Ko relativ gering ausfällt

[daneben fallen VKA-Netzpläne relativ kompakt aus, weil sie Präzedenzbeziehungen mit Maximalfristen überhaupt nicht darstellen können; dies ist aber kein "Vorteil"!]

con: EKN- und anschauliche VKN-Netzpläne, in denen alle Problem-Komponenten - sofern sie überhaupt darstellbar sind - jeweils **explizit** repräsentiert werden

insbesondere fundierte VKN-Netzpläne, weil jeder anschauliche Vorgangsknoten durch ein Triplet aus 3 atomaren Komponenten verfeinert wird (2 Ereignisknoten und 1 Vorgangskante)

b) Möglichkeit, auch **umfangreiche Beschriftungen** einer Netzplan-Komponente übersichtlich und eindeutig zuzuordnen

Grundsatz: vorzuziehen ist eine Zuordnung von Beschriftungen zu **Knoten**, weil:

α) Beschriftungen innerhalb der Knoten übersichtlich und eindeutig lokalisierbar sind und

β) durch flexible Anpassung der Knotengröße beliebige Beschriftungen untergebracht werden können

pro: VKN-Netzpläne, falls der Schwerpunkt auf Informationen über **Vorgangsattribute** liegt (Normalfall)

EKN-Netzpläne, falls der Schwerpunkt auf Informationen über **Ereignisattribute** liegt (insb. Meilenstein-Netzpläne)

con: VKA-Netzpläne, weil die wichtigen Vorgangsinformationen (Normalfall) an den Kanten positioniert werden müssen

c) **Einfachheit / Schnelligkeit** der Zeichnungserstellung

pro: VKN-Netzpläne

(These von SCHWARZE, J.: Netzplantechnik, 6. Aufl. 1990, S. 67)

con: VKA- und EKN-Netzpläne

Erklärungsansätze:

☞ die intuitiv schwer zugänglichen Scheinvorgänge bei VKA- und EKN-Netzplänen (sowie bei anschaulichen VKN-Netzplänen, falls eindeutige Projektstarts und -ziele gefordert werden) und

☞ die unhandlichen Kanten-Beschriftungen bei VKA-Netzplänen

führen zu komplizierter und entsprechend langwieriger Erstellung von Netzplan-Zeichnungen.

4) Modifikationsfreundlichkeit

a) **Ändern** von Vorgangs-, Ereignis-, Präzedenzbeziehungsattributen:

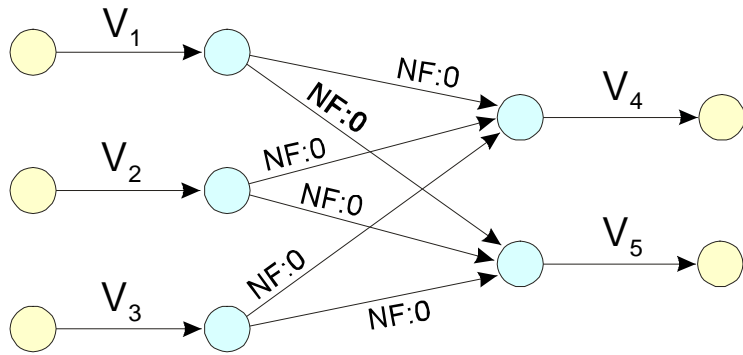
pro: VKN- und EKN-Netzpläne (sofern Ereignisse bzw. Vorgänge durch Knoten bzw. Kanten explizit repräsentiert werden)

con: VKA-Netzpläne, weil Veränderungen der Minimalfristen (= 0 / > 0) von Präzedenzbeziehungen zu erheblichen Änderungen der Netzplan-Topologie führen können

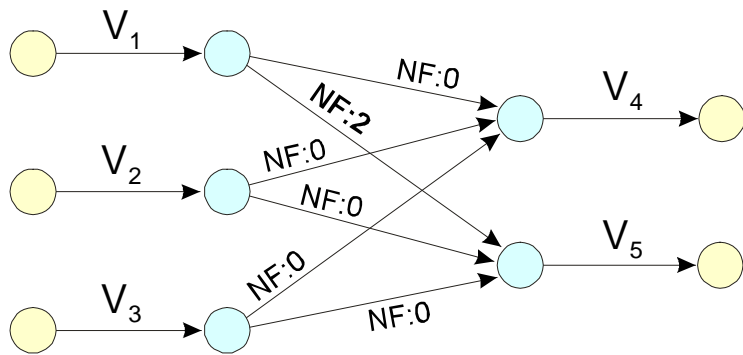
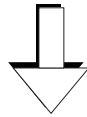
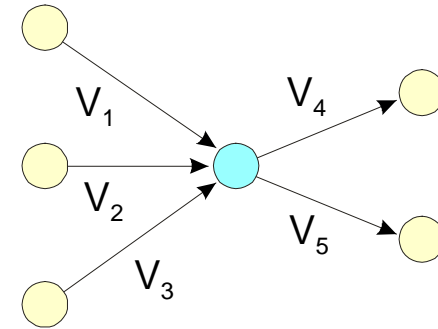
b) **Hinzufügen** oder **Eliminieren** von Vorgängen, Ereignissen oder Präzedenzbeziehungen:

pro: VKN- und EKN-Netzpläne (Einschränkung siehe oben)

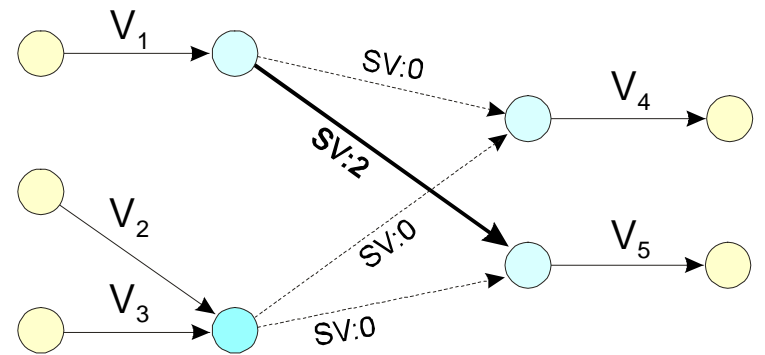
con: VKA-Netzpläne, weil z.B. ein neuer Vorgang oder eine fortfallende Präzedenzbeziehung abermals eine erhebliche Änderung der Netzplan-Topologie bewirken kann

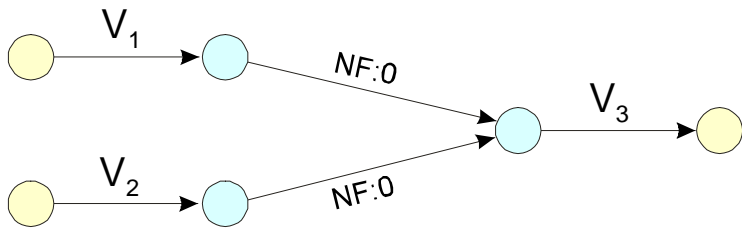


wurde
zu:

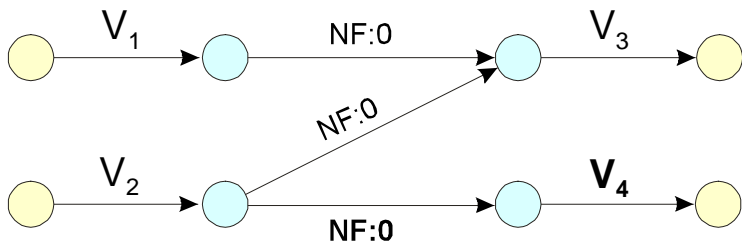
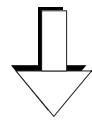
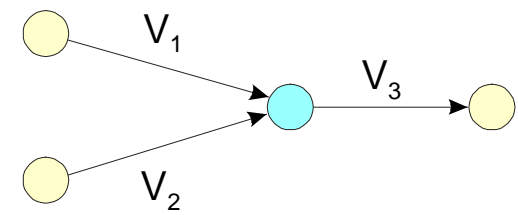


wird
zu:

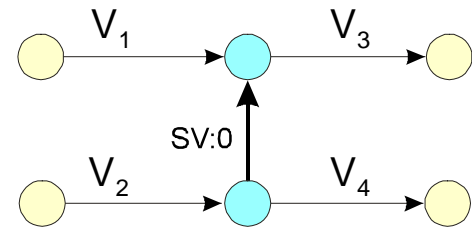


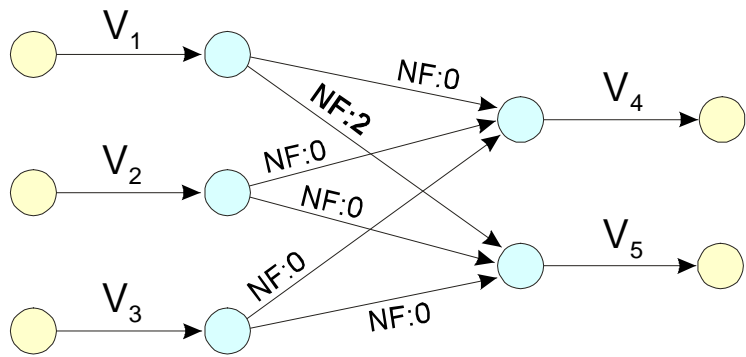


wurde
zu:

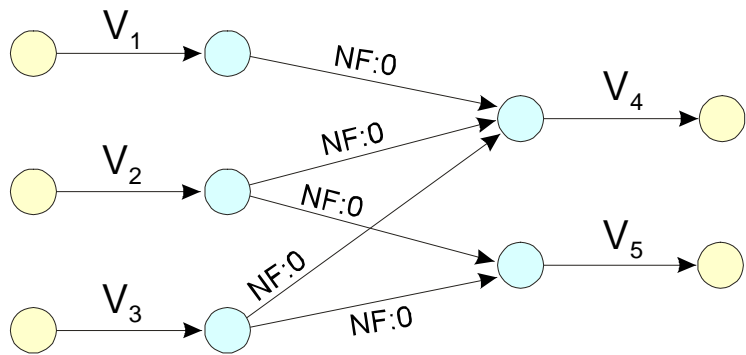
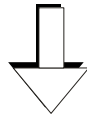
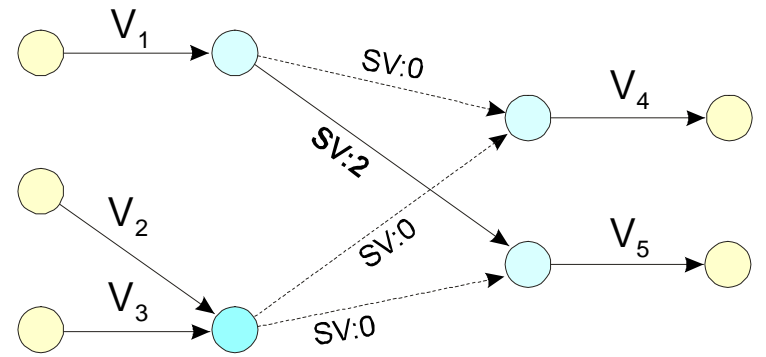


wird
zu:

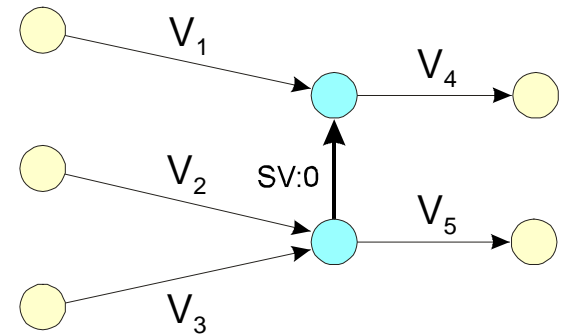




wurde
zu:



wird
zu:



5) Unterstützung der “ **Stratifizierung**” von **Netzplänen**,
d.h. des Aufbaus einer “Hierarchie” von zusammenhängenden
Netzplänen, die je nach Verwendungszweck unterschiedlich
vergrößert (abstrahiert) oder **verfeinert** (detailliert) sind

pro: EKN-Netzpläne durch Reduzierung der Ereignisknoten-Menge
auf nur noch wenige Knoten für besonders wichtige Meilen-
stein-Ereignisse (Abstrahierung von allen übrigen Ereignissen)

fundierte VKN-Netzpläne (dito)

con: VKA-Netzpläne, *sofern* sich ihre Knoten *nicht* durch
jeweils ein Ereignis klar interpretieren lassen (vgl. 2d)

anschauliche VKN-Netzpläne,
sofern die linken und rechten Knotenenden *nicht* zur
Einführung von Meilenstein-Ereignissen als Anfangs- bzw.
Endereignisse interpretiert oder *keine* Scheinvorgänge
der Dauer 0 für Meilenstein-Ereignisse eingeführt werden

6) **Editier-** und **Analyseunterstützung** für das Zeichnen bzw. Auswerten von Netzplänen durch Instrumente der **ADV**

pro: VKN-Netzpläne,

weil praktisch jede “etablierte” **Projektmanagement-Software** mit Netzplanfähigkeiten auf dem Konzept der VKN-Netzpläne beruht, wie z.B. **MS-Project**

(trotz irreführender Bezeichnungen wie “PERT-Netzpläne”)

con: VKA- und EKN-Netzpläne

- Die Dominanz der VKN-Netzpläne im Bereich der ADV ist ein starker Indikator dafür, dass die Argumente, die unter den Punkten 1) bis 5) aufgeführt wurden, in toto zugunsten dieser Netzplanart sprechen; hinzu kommt, dass
- ein Wandel von früher vorherrschender VKA- und EKN-Software zu heute dominierender VKN-Software eingetreten ist.

Hausaufgabe:

Versuchen Sie bitte, eine **begründete Empfehlung** für den Einsatz **einer** bestimmten Netzplanart herzuleiten.

- Sie können dabei auf die voranstehenden Pro- und Con(tra)-Argumente zurückgreifen, sollten aber überlegen, ob sich noch **weitere Argumente** anführen lassen.
- Zur Begründung Ihrer Empfehlung sollten Sie mindestens eine **Technik** zur multikriteriellen **Bewertung** von Entscheidungsalternativen anwenden.
- Sie können Ihre Empfehlung(en) in Abhängigkeit davon formulieren, unter welchen **Anwendungsbedingungen** der Einsatz der Netzplantechnik erfolgen soll (“situativer Ansatz”).