Abschlussprüfung Sommer 2018

zum

# Mathematisch-technischer Softwareentwickler/-in (IHK)

vor der IHK Aachen

## Entwicklung eines Softwaresystems

**Thema:**

**Netzplanerstellung**


| | |
|---|---|
| Prüfling: | Haufs, Martin Leonard |
| Prüflingsnummer: | 101 20540 |
| Bearbeitungszeitraum: | 14.05.2018 – 18.05.2018 |
| Ausbildungsbetrieb: | Werkzeugmaschinenlabor RWTH Aachen |
| | Steinbachstraße 19 |
| | 52074 Aachen |

# I Inhaltsverzeichnis

**I Inhaltsverzeichnis ..... i**

**1 Eigenständigkeitserklärung ..... 3**

**2 Benutzeranleitung ..... 4**

2.1 Systemvoraussetzungen und Hinweise zum Aufruf ..... 4

2.2 Installation des Programms ..... 4

2.3 Programmstart ..... 4

**3 Aufgabenanalyse ..... 6**

3.1 Allgemeine Problemstellung ..... 6

3.2 Format der Eingabedatei ..... 6

3.3 Format der Ausgabedatei ..... 7

3.4 Algorithmus ..... 8

3.5 Verbale Beschreibung des Verfahrens ..... 8

3.6 Einlesen der Eingabedatei ..... 8

3.7 Überführung der Eingabedaten ins Datenmodel ..... 9

3.8 Berechnung im Controller ..... 9

**4 Programmkonzeption ..... 11**

4.1 UML Klassendiagramm ..... 11

4.2 Programmablauf im Sequenzdiagramm ..... 12

4.3 Nassi-Shneiderman-Diagramme ..... 12

4.3.1 Main ..... 12

4.3.2 Einlesen einer Datei ..... 13

4.3.3 Erzeugung des Models - Modelmethoden ..... 14

4.3.4 Ausgabe ..... 15

4.3.5 Controllermethoden ..... 16

**5 Abweichung von der handschriftlichen Ausarbeitung ..... 19**

5.1 Datenmodell ..... 19

5.1.1 Die Sichtbarkeiten der Methoden ..... 19

5.1.2 Klasse `Model` ..... 19

5.1.3 Klasse `Knoten` ..... 19

5.1.4 Klasse `Controller` ..... 19

5.1.5 Klasse `LeseAusDatei` (Ursprünglich `InputFromFile`) ..... 20

5.1.6 Abstrakte Klasse `Ausgabe` (ursprünglich `Output`) ..... 20

5.1.7 Klasse `AusgabeInDatei` (ursprünglich `OutputToFile`) ..... 21

**6 Unittests ..... 22**

**7 Testfälle ..... 23**

7.1 Besonderheiten der Beispiele 2, 3 und 5 der durch die IHK verbesserten Aufgabenstellung ..... 23

7.2 Normalfälle ..... 24

7.2.1 Beispiele aus der durch die IHK verbesserten Aufgabenstellung ..... 24

7.2.2 Eigene Normalfälle ..... 24

7.3 Spezialfälle ..... 26

7.4 Fehlerfälle ..... 26

7.4.1 Fehlerfall 1: Falsche Referenz ..... 26

**8 Zusammenfassung und Ausblick ..... 27**

# 1 Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre verbindlich, dass das vorliegende Prüfprodukt von mir selbstständig erstellt wurde. Die als Arbeitshilfe genutzten Unterlagen sind in der Arbeit vollständig aufgeführt. Ich versichere, dass der vorgelegte Ausdruck mit dem Inhalt der von mir erstellten digitalen Version identisch ist. Weder ganz noch in Teilen wurde die Arbeit bereits als Prüfungsleistung vorgelegt. Mir ist bewusst, dass jedes Zuwiderhandeln als Täuschungsversuch zu gelten hat, der die Anerkennung des Prüfungsprodukts als Prüfungsleistung ausschließt.

---

Aachen, der 18.05.2018 Martin Leonard Haufs

# 2 Benutzeranleitung

## 2.1 Systemvoraussetzungen und Hinweise zum Aufruf

Das Programm wurde unter MacOS 10 (64-Bit) in der Programmiersprache Java geschrieben und getestet. Das Programm sollte daher plattformunabhängig laufen, jedoch wird aufgrund der betriebssystemspezifischen Testumgebung und der beiliegenden Shellscript-Dateien eine Benutzung unter einem Unix-System (bestenfalls MacOS) empfohlen. Benötigt wird außerdem eine Java Runtime Environment, die mindestens in der Version 1.8 sein muss.

## 2.2 Installation des Programms

Für die Installation des Programms werden Ausführungsrechte für die Datei „PATH/Netzplanerstellung.jar“ und ggf. auch für alle Dateien im Ordner „Shellscripte“ benötigt und zudem ein Lese- und Schreibrecht für alle Dateien im Verzeichnis „Testfaelle“ und all seinen Unterverzeichnissen. Die Shellscripte .sh im Ordner Shellscripte müssen ausführbar sein. Dies lässt sich mittels des Konsolenbefehls `chmod +x SHELLSCRIPTNAME.sh` realisieren.

## 2.3 Programmstart

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten das Programm aufzurufen.

Die erste Methode geht folgendermaßen und bezieht sich auf die Benutzung von Unix-Betriebssystemen:

1. Eingabedaten in folgende Verzeichnisse einfügen:
   - „Testfaelle/Normalfaelle“
   - „Testfaelle/Sonderfaelle“
   - „Testfaelle/Fehlerfaelle“
2. Entsprechende Shellscript-Datei im Verzeichnis „Shellscripte “ ausführen.

Anzumerken ist, dass im Verzeichnis „Testfaelle“ noch weitere Verzeichnisse existieren, in denen schon fertige Testfälle vorhanden sind. Auf diese Fälle wird im 7. Kapitel Bezug genommen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die betriebsspezifische Konsole zu verwenden. Der Aufruf erfolgt dabei über:

```
$ java –jar
ABLAGEVERZEICHNIS/GrosseProg_101201540/PATH/FILE.jar ENDUNG VERZEICHNIS
```

Dabei steht der Platzhalter „ENDUNG“ für die Endung der Dateien, die im Verzeichnis „VERZEICHNIS“ durch das Programm eingelesen und verarbeitet werden.

# 3 Aufgabenanalyse

## 3.1 Allgemeine Problemstellung

Zu erstellen war ein Programm zur Generierung und Analyse eines Netzplans.

Ein Netzplan ist eine Verkettung von Knotenpunkten mit definierten Eigenschaften, die sich zum Teil aus ihren Nachfolgern und Vorgängern berechnen lassen. Jeder Knoten hat dabei folgende Eigenschaften: Die Dauer (D) eines Vorgangs, den frühesten Anfangszeitpunkt (FAZ), den frühesten Endzeitpunkt (FEZ), den spätesten Anfangszeitunkt (SAZ), den spätesten Endzeitpunkt (SEZ), den Gesamtpuffer (GP) und den freien Puffer (FP).

Jeder Knoten hat, mit Ausnahme des Startknotens, mindestens einen Vorgänger und, mit Ausnahme des Endknotens, mindestens einen Nachfolger. Zyklen innerhalb des Netzplans sind nicht erlaubt und sollen bei der Prüfung der Daten zu einem Abbruch führen.

Der FAZ des Startknotens ist 0. Für den FEZ eines Knotens gilt: FEZ = FAZ + D. FEZ eines Vorgängers ist der FAZ aller nachfolgenden Knoten, wobei bei mehreren Vorgängern der mit dem größten FEZ gewählt wird. Für den Endknoten gilt, dass der FEZ dem SEZ entspricht (SEZ=FEZ). SAZ eines Knotens ist wie folgt definiert: SAZ = SEZ – Dauer. Der SAZ eines Knotens ist der SEZ des Vorgängers. Haben mehrere Knoten einen gemeinsamen Vorgänger, ist der SEZ dieses Knotens der kleinste SAZ aller Nachfolger. Der Gesamtpuffer eines Knotens ist wie folgt definiert: GP = SAZ - FAZ (also auch GP = SEZ - FEZ). Der freie Puffer eines Knotens ist (kleinster FAZ der Nachfolgeknoten) - FEZ.

Die Daten der unter 3.2 beschriebenen Eingabedatei sollen eingelesen werden und auf ihre Korrektheit hin überprüft werden. Existieren mindestens ein Start- und ein Endpunkt, so sollen, nach Prüfung auf Zusammenhang der Knoten und Ausschluss von Zyklen, alle Kenngrößen und die möglichen kritischen Pfade berechnet werden.

Kritische Pfade sind die Reihenfolge des Netzplans, ausgehend von einem Startknoten und endend in einem Endknoten, bei dem alle durchlaufenen Knoten keine Zeitreserven haben, also GP = 0 und FP = 0. Es kann mehrere Kritische Pfade geben. Ist dies der Fall, so sollen alle kritischen Pfade bestimmt werden.

## 3.2 Format der Eingabedatei

Die Eingabe der Strategie erfolgt über eine Datei, die wie folgt strukturiert ist:

```
// beliebige Anzahl Kommentarzeilen, eingeleitet mit „//“
//+ Überschrift
// beliebige Anzahl Kommentarzeilen, eingeleitet mit „//“
Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; Dauer; Vorgänger; Nachfolger
Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; Dauer; Vorgänger; Nachfolger
…
```

**Abbildung 1: Formatierung einer gültigen Eingabe**

Kommentare innerhalb der Eingabe sind Zeilen, die mit einem „//“ beginnen. Es gibt genau einen solchen Kommentar, der die für das Programm relevante Überschrift beinhaltet. Dieser Kommentar beginnt mit „//+ “. Sonstige Kommentare werden ignoriert.

Jede nicht-Kommentarzeile besteht aus folgender Struktur: Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; Dauer; Vorgänger (getrennt durch Komma); Nachfolger (getrennt durch Komma). Nach jedem Semikolon folgt zusätzlich ein Leerzeichen. Existiert kein Vorgänger bzw. Nachfolger, so wird stattdessen ein Minuszeichen eingefügt. Alle Zahlen müssen ganzzählige Werte annehmen.

## 3.3 Format der Ausgabedatei

Die Ausgabe erfolgt in eine Datei und soll folgende Struktur haben, wenn das Programm fehlerfrei mit gültigen Daten gestartet wird:

*Überschrift*

Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; D; FAZ; FEZ; SAZ; SEZ; GP; FP
*Vorgangsnummer*; *Vorgangsbezeichnung*; *D*; *FAZ*; *FEZ*; *SAZ*; *SEZ*; *GP*; *FP*
*Vorgangsnummer*; *Vorgangsbezeichnung*; *D*; *FAZ*; *FEZ*; *SAZ*; *SEZ*; *GP*; *FP*
*…*

Anfangsvorgang: *Startknoten*
Endvorgang: *Endknoten*
Gesamtdauer: *Gesamtdauer des Kritischen Pfades*
Kritischer Pfad
*Vorgangsnummer*-> *Vorgangsnummer*-> *Vorgangsnummer*->*...*
*Vorgangsnummer*-> *Vorgangsnummer*-> *Vorgangsnummer*->*...*
*...*

**Abbildung 2: Struktur einer gültigen Ausgabe**

Zunächst wird der in der Eingabe mit „//+ “ gekennzeichneten Überschrift ausgegeben, wobei auf das einleitende „//+ “ verzichtet wird. Nach einem Absatz folgt eine Beschreibende Zeile „Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; D; FAZ; FEZ; SAZ; SEZ; GP; FP“.

Darauffolgende Zeilen haben immer die gleiche Struktur: Es wird also zeilenweise für jeden Knoten zunächst die Vorgangsnummer, dann die Vorgangsbezeichnung, dann die Dauer, dann die FAZ, dann die FEZ, dann die SAZ, dann die SEZ, dann der GP und anschließend der FP angegeben. Getrennt werden diese Werte mit „; “. Nach jedem Knoten folgt ein Absatz.

Nachdem alle Knoten ausgegeben wurden, folgt ein Absatz. Es wird „Anfangsvorgang: “ gefolgt von einer durch Komma getrennten Auflistung der Startpunkte. Es folgt ein Absatz. Es wird „Endvorgang: “ gefolgt von einer durch Komma getrennten Auflistung der Endpunkte. Es folgt ein Absatz. Es wird „Gesamtdauer: “ gefolgt von der Gesamtdauer des kritischen Pfades. Gibt es mehrere kritische Pfade, wird „Nicht eindeutig“ angegeben. Nach einem Absatz folgt „Kritischer Pfad“ bzw. bei mehreren Kritischen Pfaden „Kritische Pfade“. Nach einem Absatz wird jeder kritische Pfad durch eine Auflistung der Vorgangsnummern, getrennt durch „->“, angegeben.

## 3.4 Algorithmus

Der eigentliche Hauptalgorithmus des Controllers besteht aus drei Teilen.

Zunächst wird überprüft, ob der Netzplan (im Folgenden Graph genannt) aus zusammenhängenden Knoten besteht und ob er keine Zyklen hat. Dies wird mittels Backtracking überprüft, wo jeweils ein virtueller Graph (Baum) ausgehend von allen Startpunkten durchlaufen wird.
Im Falle der Prüfung auf Zusammenhängigkeit der Knoten wird jeder Knoten durchlaufen und die einzelnen Knoten in einer Validation-Liste gesammelt, falls diese noch nicht enthalten sind. Falls nach Durchlauf des gesamten Graphen alle Knoten des Graphen in der Validation-Liste enthalten sind, ist der Graph Zusammenhängend.

Im Falle der Prüfung auf Zykelfreiheit wird ähnlich verfahren. Alle Knoten des Graphen werden durchlaufen. Erreicht die Funktion zum zweiten Mal einen Knoten (Hier ebenfalls durch eine Validation-Liste geregelt), so wird ein Zykel festgestellt. Falls jeder Knoten nur einmal durchlaufen wird, so wird die Zykelfreiheit festgestellt.

Beide Methoden verlaufen nach dem Prinzip des Backtrackings, bei dem der Graph bis zu den Blättern durchlaufen wird und im Falle des Erreichen eines Abbruchkriteriums am Blatt das Ergebnis in einem externen Korb gespeichert wird.

In der zweiten Hauptfunktion des Controllers wird das Model initialisiert nach drei Schritten:

1) Vorwärtsrechnung:
2) Bei gegebenem Anfangstermin werden aufgrund der angegebenen Dauer eines Vorganges die frühestmöglichen Anfangs- und Endzeiten eingetragen. Weiterhin lässt sich die Gesamtdauer eines Projekts bestimmen.

## 3.5 Verbale Beschreibung des Verfahrens

## 3.6 Einlesen der Eingabedatei

Das Programm wird mit zwei Argumenten gestartet. Es enthält neben dem Verzeichnis, aus dem Eingabedateien eingelesen werden sollen, eine Dateiendung, die spezifiziert, welche Dateien aus diesem Verzeichnis gelesen werden. Falls das Verzeichnis nicht gefunden wird, ist kein gültiges Verzeichnis vorhanden oder existiert der Pfad nicht, wird das Programm abgebrochen und eine Fehlermeldung auf der Konsole ausgegeben. Bei einer fehlerfreien Überprüfung wird für jede der Dateien in diesem Verzeichnis überprüft, ob die Dateiendung der dem Programm übergebenen Endung entspricht. Falls dies nicht der Fall ist, wird die nächste Datei überprüft. Für jede Datei mit entsprechender Dateiendung wird zusätzlich die Lesbarkeit dieser Datei festgestellt. Kann die Datei nicht gelesen werden, wird anschließend die nächste Datei untersucht.

## 3.7 Überführung der Eingabedaten ins Datenmodel

Zur Überführung der Daten werden zunächst pro eingelesenem Knoten die Kennwerte Vorgangsnummer, Vorgangsbezeichnung und die Nummern der Vorgänger und Nachfolger des jeweiligen Knoten bestimmt. Beim Überführen der Daten ins Model werden die Knoten anschließend initialisiert, also die Referenzen zwischen den Vorgängern und Nachfolgern erstellt. Die Start- und Endpunkte des Graphen werden im Model je in einer Liste gespeichert. Es wird überprüft, ob die Referenzen gültig sind, also zu jeder Vorgängerreferenz auch eine entsprechende Nachfolgerreferenz (und umgekehrt) existiert.

Die Knoten bilden also anschließend eine doppelt verkettete Liste von Knoten, die vorwärts von den Startpunkten aus, und rückwärts von den Endpunkten aus, durchlaufen werden kann.

## 3.8 Berechnung im Controller

Der eigentliche Hauptalgorithmus des Controllers besteht aus drei Teilen.

Zunächst wird überprüft, ob der Netzplan (im folgenden Graph genannt) aus zusammenhängenden Knoten besteht und ob er keine Zyklen hat. Dies wird mittels Backtracking überprüft, wo jeweils ein virtueller Graph (Baum) ausgehend von allen Startpunkten durchlaufen wird.

Im Falle der Prüfung, ob die Knoten miteinander direkt oder indirekt verbunden sind, wird jeder Knoten durchlaufen und die einzelnen Knoten in einer Validation-Liste gesammelt, falls diese noch nicht enthalten sind. Falls nach Durchlauf des gesamten Graphen alle Knoten des Graphen in der Validation-Liste enthalten sind, ist der Graph Zusammenhängend.

Im Falle der Prüfung auf Zyklusfreiheit wird ähnlich verfahren. Alle Knoten des Graphen werden durchlaufen. Erreicht die Funktion zum zweiten Mal einen Knoten (Hier ebenfalls durch eine Validation-Liste geregelt), so wird ein Zyklus festgestellt. Falls jeder Knoten nur einmal durchlaufen wird, so wird die Zyklusfreiheit festgestellt.

Beide Methoden verlaufen nach dem Prinzip des Backtrackings, bei dem der Graph bis zu den Blättern durchlaufen wird und im Falle des Erreichens eines Abbruchkriteriums am Blatt das Ergebnis in einem externen Korb gespeichert wird.

In der zweiten Hauptfunktion des Controllers wird das Model initialisiert nach drei Schritten:

1) Vorwärtsrechnung:
   Bei gegebenem Anfangstermin werden aufgrund der angegebenen Dauer eines Vorganges die frühestmöglichen Anfangs- und Endzeiten eingetragen. Weiterhin lässt sich die Gesamtdauer eines Projekts bestimmen. Dabei wird der Baum von allen Startknoten aus vorwärts durchlaufen:
   Der Startknoten hat als FAZ immer den Wert 0. Für den FEZ gilt: FEZ = FAZ + Dauer. Der FEZ eines Vorgängers ist FAZ aller unmittelbar nachfolgenden Knoten. Münden mehrere Knoten in einen Vorgang, dann ist der FAZ der größte FEZ der unmittelbaren Vorgänger.
2) Rückwärtsrechnung:

Bei der Rückwärtsrechnung wird ermittelt, wann die einzelnen Vorgänge spätestens begonnen und fertiggestellt sein müssen, damit die Gesamtprojektzeit nicht gefährdet ist. Dazu wird der Graph von allen Endpunkten aus durchlaufen.
Für die Startpunkte ist der früheste Endzeitpunkt (FEZ) auch der späteste Endzeitpunkt (SEZ), also SEZ = FEZ. Für den spätesten Anfangszeitpunkt gilt: SAZ = SEZ – Dauer. Der SAZ eines Vorgangs wird SEZ aller unmittelbarer Vorgänger. Haben mehrere Vorgänge einen gemeinsamen Vorgänger, so ist dessen SEZ der kleinste SAZ aller Nachfolger.

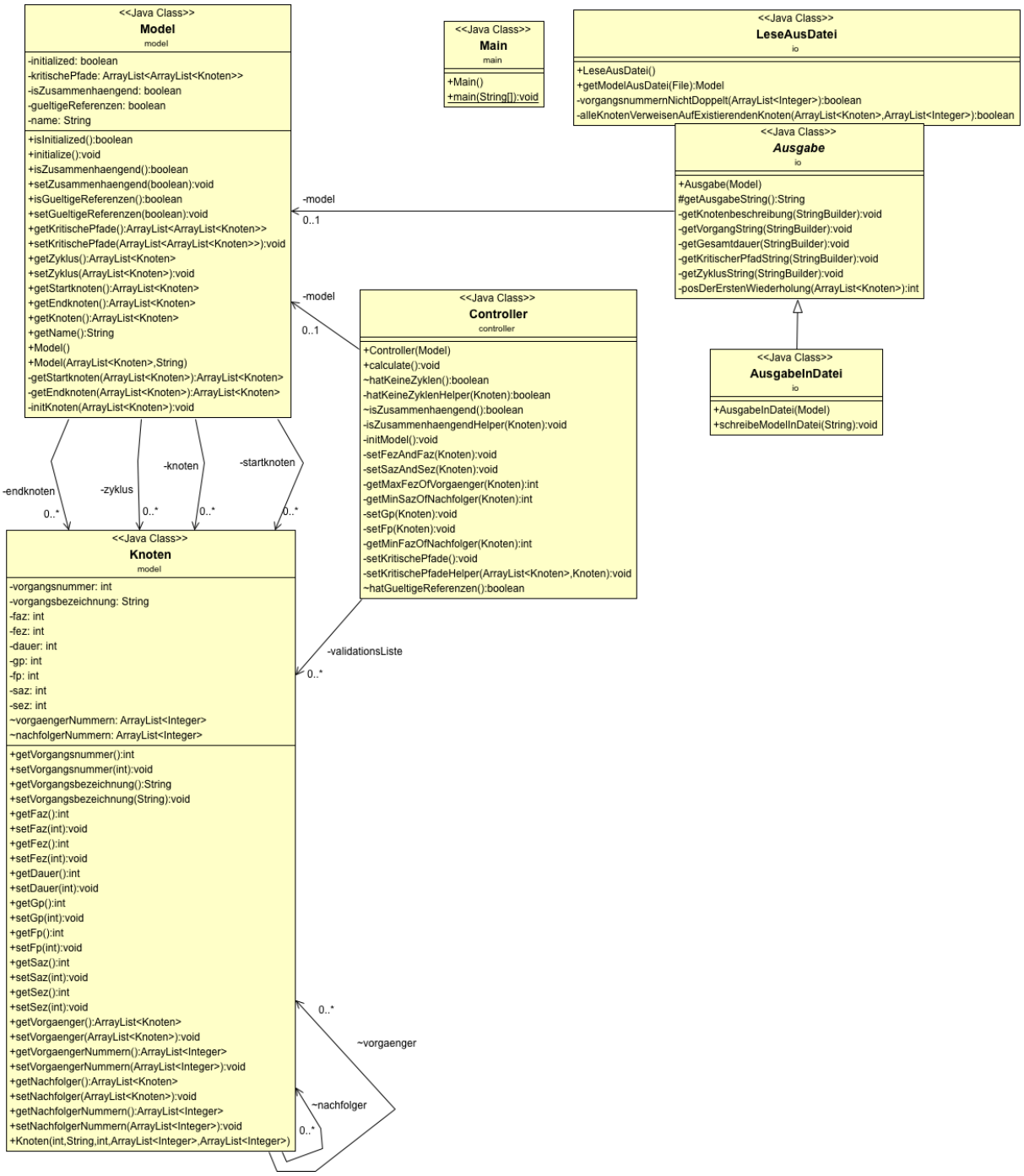
3) Ermittlung der Zeitreserven:
Für alle Knoten wird der Gesamtpuffer (GP) sowie der freie Puffer (FP) berechnet.
GP = SAZ – FAZ = SEZ – FEZ und FP= (kleinster FAZ der nachfolgenden Knoten) – FEZ

Anschließend werden die kritischen Pfade berechnet, falls diese existieren. Dazu wird erneut Backtracking verwendet: Ausgehend von jedem Startknoten wird eine Hilfsmethode auf jeden Startknoten aufgerufen:

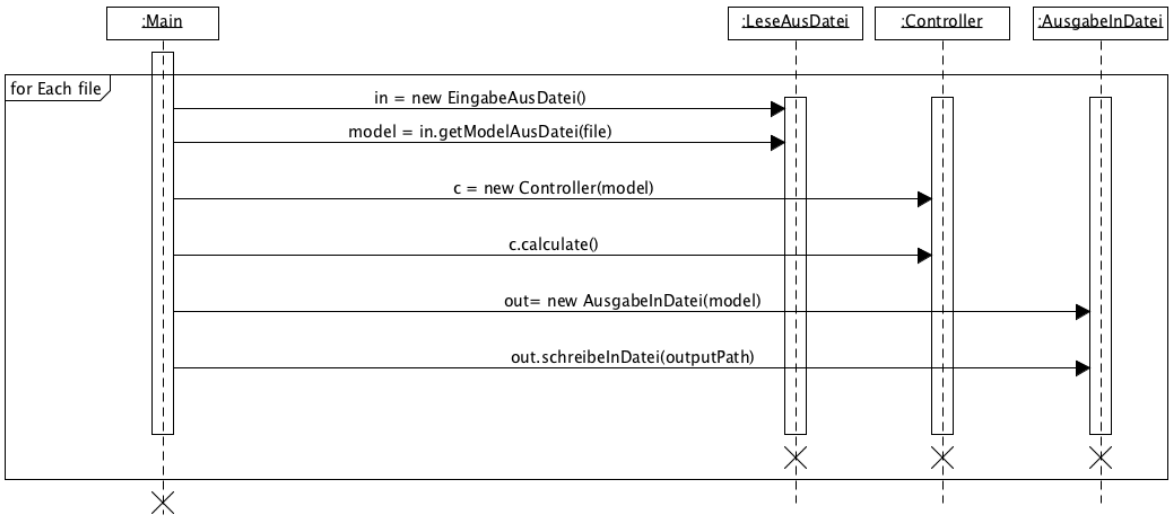
Diese prüft zunächst die Abbruchbedingung, dass der aktuell in der Hilfsmethode betrachtete Knoten ein Endpunkt ist. Ist dies der Fall, wird der berechnete Pfad im externen Model zu einer Liste hinzugefügt und die Methode beendet. Ansonsten wird geprüft, ob der Aktuelle Knoten das Kriterium für einen Kritischen Pfad erfüllt (GP = 0 und FP = 0). Ist dies der Fall, so wird der aktuelle Knoten zum Pfadarray hinzugefügt und die Hilfsmethode auf jedem Nachfolger des aktuellen Knotens aufgerufen.

# 4 Programmkonzeption

## 4.1 UML Klassendiagramm

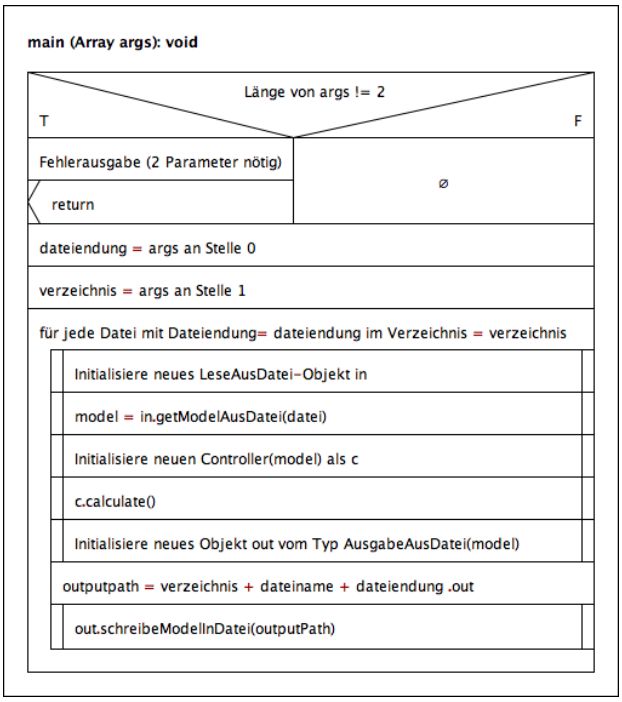


## 4.2 Programmablauf im Sequenzdiagramm

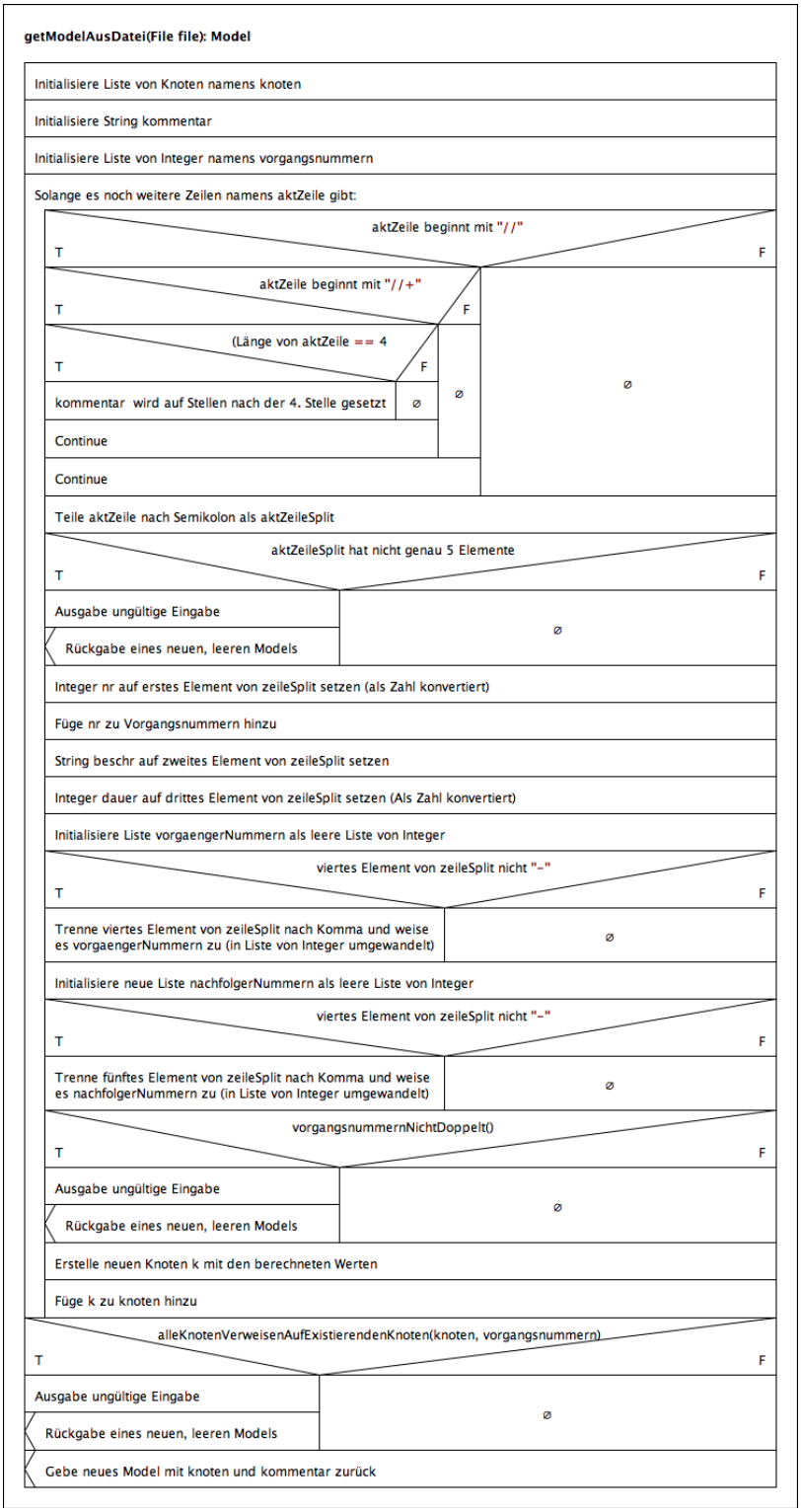


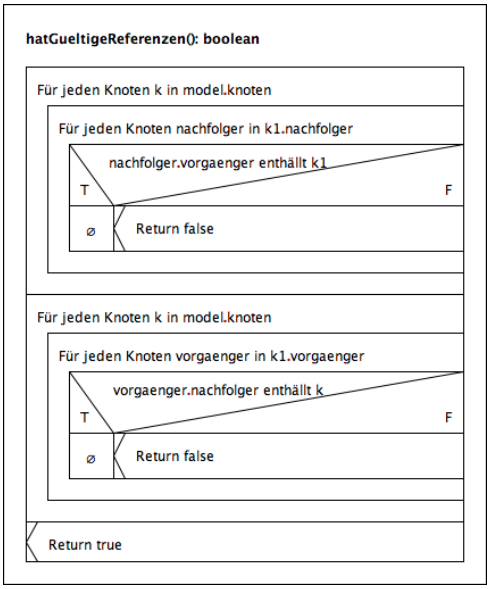

## 4.3 Nassi-Shneiderman-Diagramme

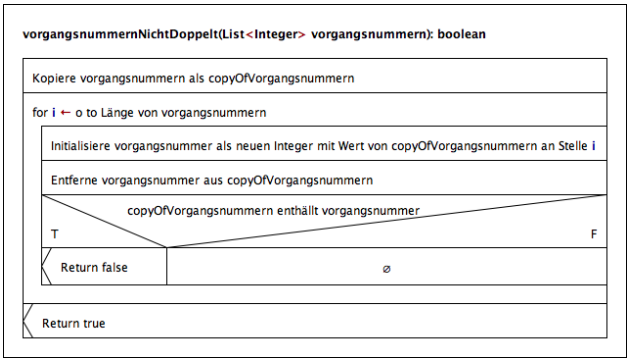
### 4.3.1 Main

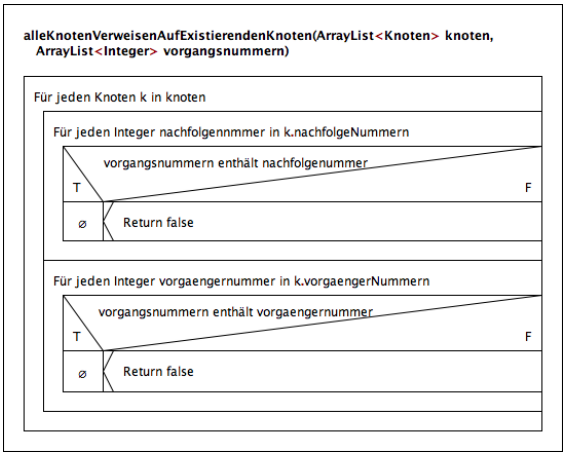


### 4.3.2 Einlesen einer Datei

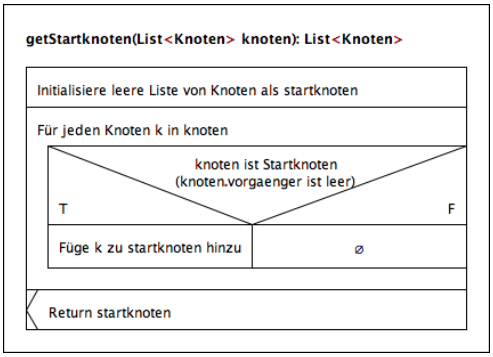


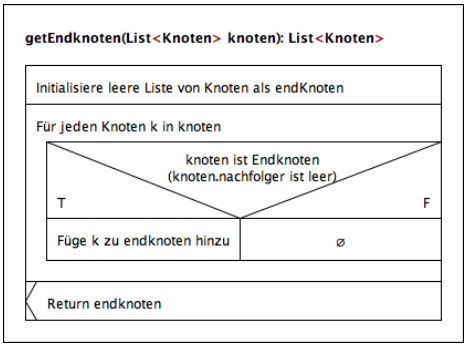


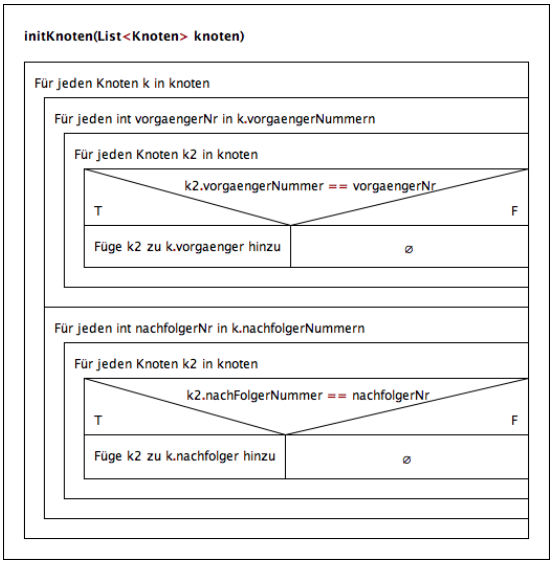



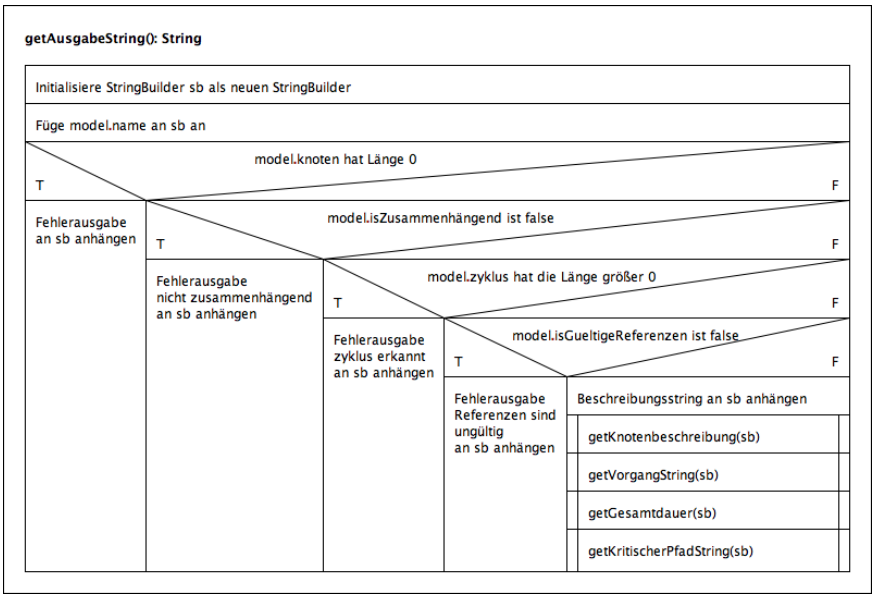

### 4.3.3 Erzeugung des Models - Modelmethoden

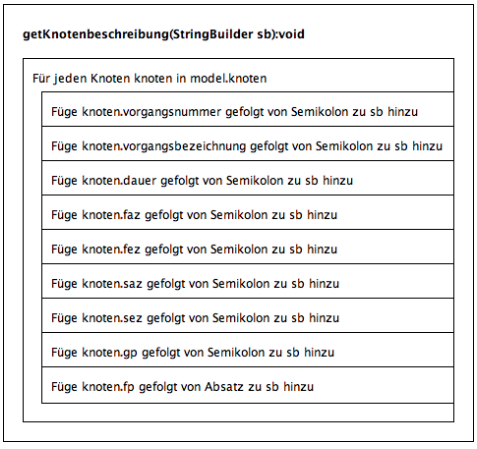


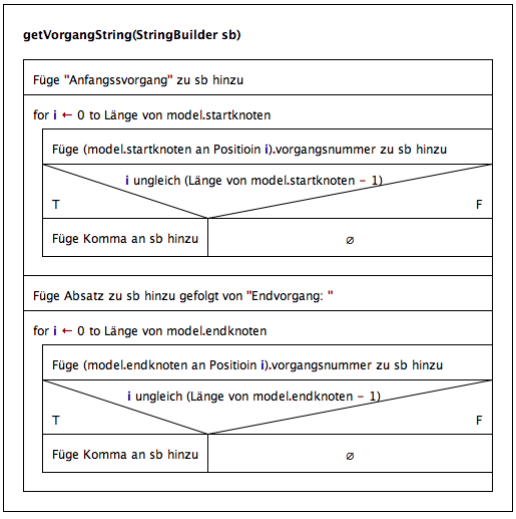



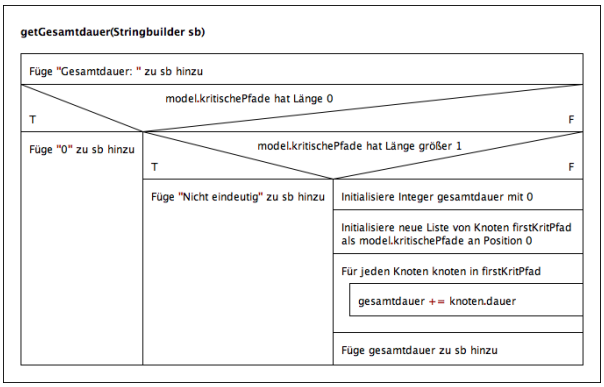

initKnoten(List<Knoten> knoten)
Für jeden Knoten k in knoten
Für jeden int vorgaengerNr in k.vorgaengerNummern
Für jeden Knoten k2 in knoten
k2.vorgaengerNummer == vorgaengerNr
T
F
Füge k2 zu k.vorgaenger hinzu
⌀
Für jeden int nachfolgerNr in k.nachfolgerNummern
Für jeden Knoten k2 in knoten
k2.nachFolgerNummer == nachfolgerNr
T
F
Füge k2 zu k.nachfolger hinzu
⌀

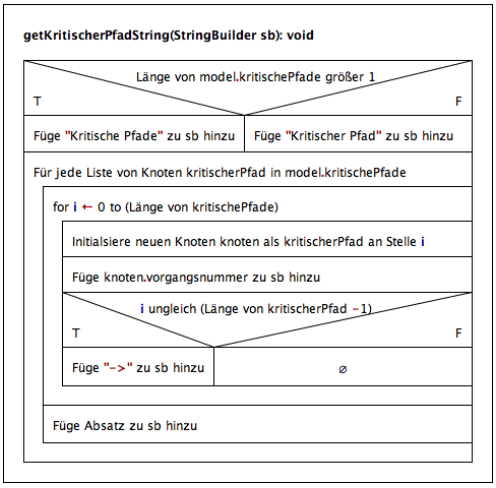
## 4.3.4 Ausgabe

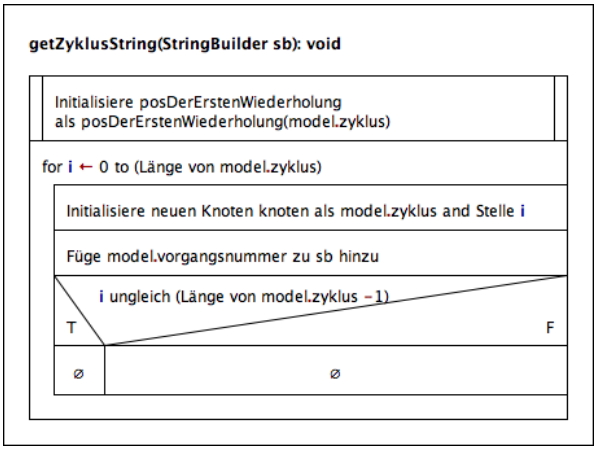

getAusgabeString(): String
Initialisiere StringBuilder sb als neuen StringBuilder
Füge model.name an sb an
model.knoten hat Länge 0
T
F
Fehlerausgabe an sb anhängen
model.isZusammenhängend ist false
T
F
Fehlerausgabe nicht zusammenhängend an sb anhängen
model.zyklus hat die Länge größer 0
T
F
Fehlerausgabe zyklus erkannt an sb anhängen
model.isGueltigeReferenzen ist false
T
F
Fehlerausgabe Referenzen sind ungültig an sb anhängen
Beschreibungsstring an sb anhängen
getKnotenbeschreibung(sb)
getVorgangString(sb)
getGesamtdauer(sb)
getKritischerPfadString(sb)

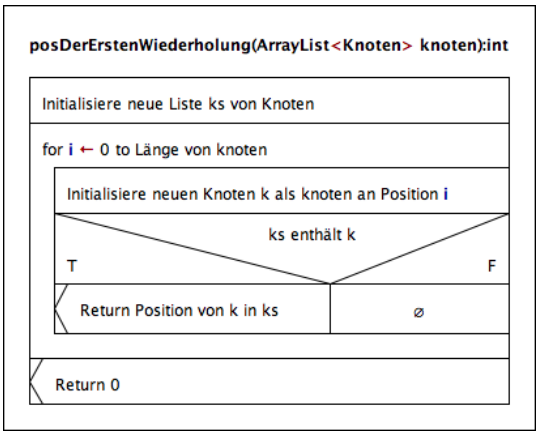

getKnotenbeschreibung(StringBuilder sb):void
Für jeden Knoten knoten in model.knoten
Füge knoten.vorgangsnummer gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.vorgangsbezeichnung gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.dauer gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.faz gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.fez gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.saz gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.sez gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.gp gefolgt von Semikolon zu sb hinzu
Füge knoten.fp gefolgt von Absatz zu sb hinzu


getVorgangString(StringBuilder sb)
Füge "Anfangssvorgang" zu sb hinzu
for i ← 0 to Länge von model.startknoten
Füge (model.startknoten an Positioin i).vorgangsnummer zu sb hinzu
i ungleich (Länge von model.startknoten − 1)
T
F
Füge Komma an sb hinzu
⌀
Füge Absatz zu sb hinzu gefolgt von "Endvorgang: "
for i ← 0 to Länge von model.endknoten
Füge (model.endknoten an Positioin i).vorgangsnummer zu sb hinzu
i ungleich (Länge von model.endknoten − 1)
T
F
Füge Komma an sb hinzu
⌀

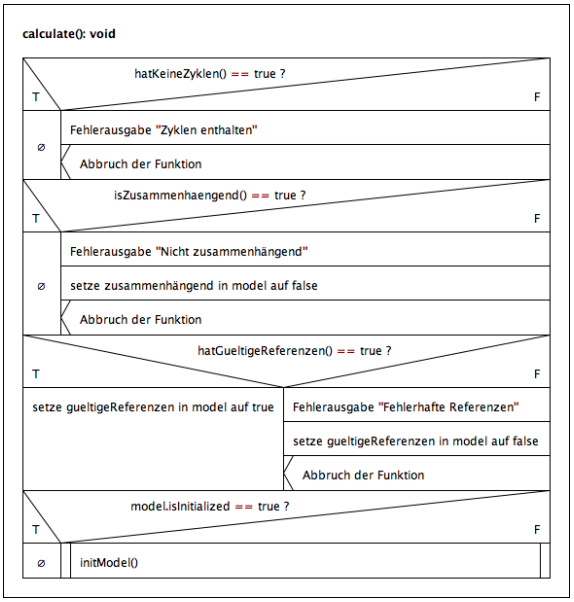


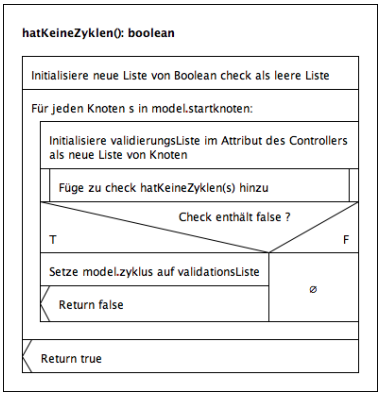



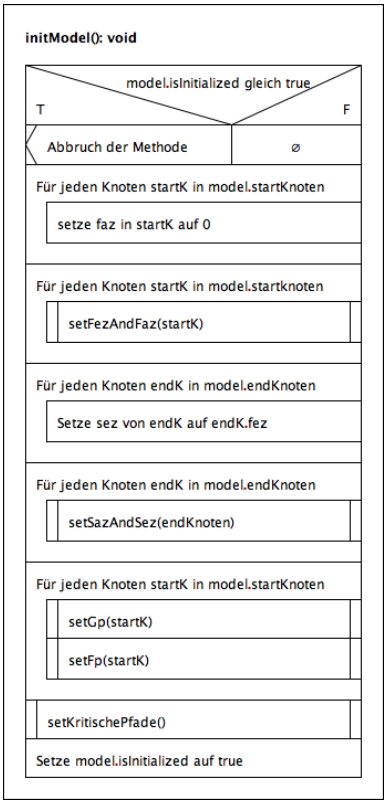



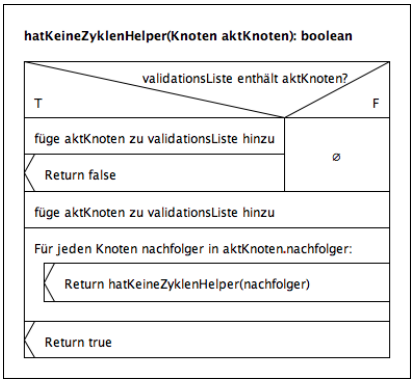



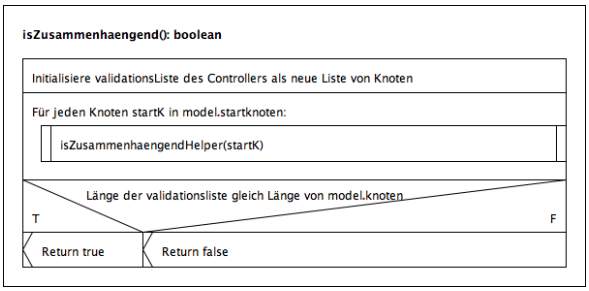

## 4.3.5 Controllermethoden

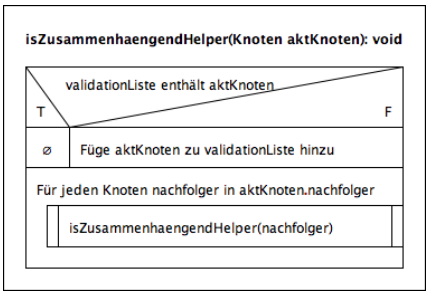


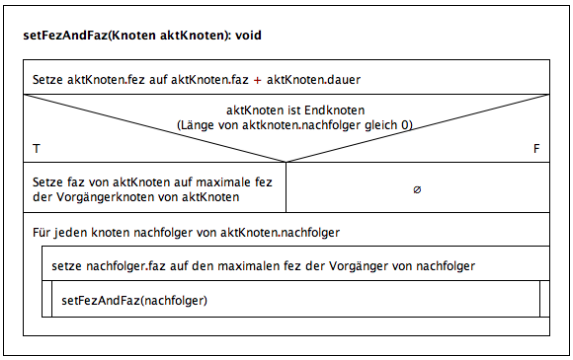



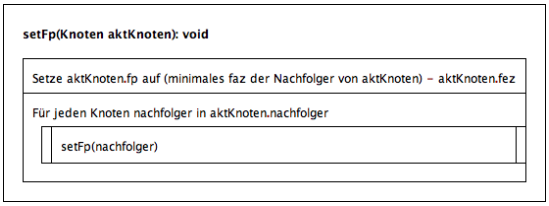

initModel(): void
model.isInitialized gleich true
T
F
Abbruch der Methode
ø
Für jeden Knoten startK in model.startKnoten
setze faz in startK auf 0
Für jeden Knoten startK in model.startknoten
setFezAndFaz(startK)
Für jeden Knoten endK in model.endKnoten
Setze sez von endK auf endK.fez
Für jeden Knoten endK in model.endKnoten
setSazAndSez(endKnoten)
Für jeden Knoten startK in model.startKnoten
setGp(startK)
setFp(startK)
setKritischePfade()
Setze model.isInitialized auf true

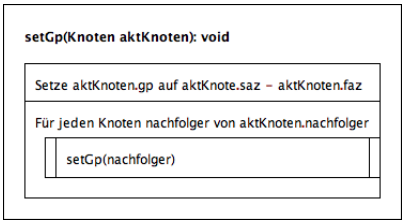

hatKeineZyklenHelper(Knoten aktKnoten): boolean
validationsListe enthält aktKnoten?
T
F
füge aktKnoten zu validationsListe hinzu
Return false
ø
füge aktKnoten zu validationsListe hinzu
Für jeden Knoten nachfolger in aktKnoten.nachfolger:
Return hatKeineZyklenHelper(nachfolger)
Return true

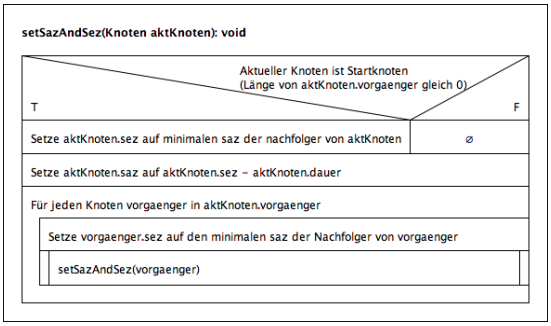

isZusammenhaengend(): boolean
Initialisiere validationsListe des Controllers als neue Liste von Knoten
Für jeden Knoten startK in model.startknoten:
isZusammenhaengendHelper(startK)
Länge der validationsliste gleich Länge von model.knoten
T
F
Return true
Return false

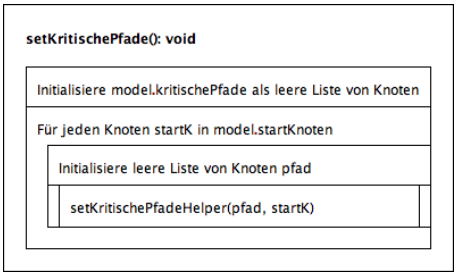

isZusammenhaengendHelper(Knoten aktKnoten): void
validationListe enthält aktKnoten
T
F
ø
Füge aktKnoten zu validationListe hinzu
Für jeden Knoten nachfolger in aktKnoten.nachfolger
isZusammenhaengendHelper(nachfolger)

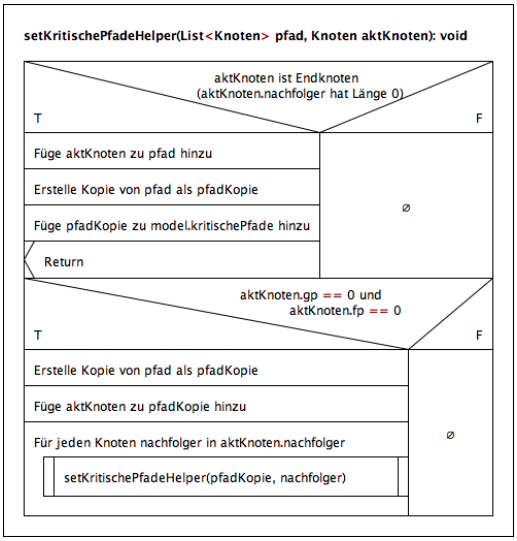

setFezAndFaz(Knoten aktKnoten): void
Setze aktKnoten.fez auf aktKnoten.faz + aktKnoten.dauer
aktKnoten ist Endknoten
(Länge von aktknoten.nachfolger gleich 0)
T
F
Setze faz von aktKnoten auf maximale fez der Vorgängerknoten von aktKnoten
ø
Für jeden knoten nachfolger von aktKnoten.nachfolger
setze nachfolger.faz auf den maximalen fez der Vorgänger von nachfolger
setFezAndFaz(nachfolger)


setFp(Knoten aktKnoten): void
Setze aktKnoten.fp auf (minimales faz der Nachfolger von aktKnoten) – aktKnoten.fez
Für jeden Knoten nachfolger in aktKnoten.nachfolger
setFp(nachfolger)


setGp(Knoten aktKnoten): void
Setze aktKnoten.gp auf aktKnote.saz – aktKnoten.faz
Für jeden Knoten nachfolger von aktKnoten.nachfolger
setGp(nachfolger)


setSazAndSez(Knoten aktKnoten): void
Aktueller Knoten ist Startknoten
(Länge von aktKnoten.vorgaenger gleich 0)
T
F
Setze aktKnoten.sez auf minimalen saz der nachfolger von aktKnoten
ø
Setze aktKnoten.saz auf aktKnoten.sez – aktKnoten.dauer
Für jeden Knoten vorgaenger in aktKnoten.vorgaenger
Setze vorgaenger.sez auf den minimalen saz der Nachfolger von vorgaenger
setSazAndSez(vorgaenger)


setKritischePfade(): void
Initialisiere model.kritischePfade als leere Liste von Knoten
Für jeden Knoten startK in model.startKnoten
Initialisiere leere Liste von Knoten pfad
setKritischePfadeHelper(pfad, startK)


setKritischePfadeHelper(List<Knoten> pfad, Knoten aktKnoten): void
aktKnoten ist Endknoten
(aktKnoten.nachfolger hat Länge 0)
T
F
Füge aktKnoten zu pfad hinzu
Erstelle Kopie von pfad als pfadKopie
Füge pfadKopie zu model.kritischePfade hinzu
Return
ø
aktKnoten.gp == 0 und
aktKnoten.fp == 0
T
F
Erstelle Kopie von pfad als pfadKopie
Füge aktKnoten zu pfadKopie hinzu
Für jeden Knoten nachfolger in aktKnoten.nachfolger
setKritischePfadeHelper(pfadKopie, nachfolger)
ø

# 5 Abweichung von der handschriftlichen Ausarbeitung

Bei der Erarbeitung des Prüfungsproduktes habe ich einige Änderungen am ursprünglichen Konzept vorgenommen.

## 5.1 Datenmodell

Einige Methodennamen wurden zur Einheitlichkeit des Codes ins deutsche übersetzt.

### 5.1.1 Die Sichtbarkeiten der Methoden

Die im Konzept als private gesetzten Hilfsmethoden wurden als im Package sichtbar gesetzt, damit Unittests erstellt werden konnten.

### 5.1.2 Klasse `Model`

Es wurde ein privates Attribut `initialized` hinzugefügt, um sicherzustellen, dass ein Model nur einmal initialisiert werden kann. Es wurde eine Methode `initialize()` hinzugefügt, um den initialized auf true zu setzen.

Es wurde ein Attribut `isZusammenhaengend` hinzugefügt, welches kapselt, ob der Netzplan zusammenhängend ist.

Es wurde ein Attribut `gueltigeReferenzen` hinzugefügt, welches kapselt, ob der Netzplan gültige Referenzen besitzt, also ob alle Referenzen in den Knoten des Netzplans korrekt sind, also ob jeder Nachfolger eines Knotens auch in dessen Vorgängern enthalten ist bzw. ob jeder Vorgänger eines Knotens auch in dessen Nachfolgern enthalten ist.

### 5.1.3 Klasse `Knoten`

Der Konstruktor eines Knoten erwartet als Parameter nun einen Integer `vorgangsnummer`, einen String `vorgangsbezeichnung`, einen Integer `dauer`, eine ArrayList<Integer> `vorgaengerNummern` und eine ArrayList<Integer> `nachfolgerNummern`.

### 5.1.4 Klasse `Controller`

Der Controller hat eine öffentliche Hauptmethode `calculate` dazu erhalten, über die die gesamte Verarbeitung des Models gelingt. Zudem sind einige nicht öffentliche Hilfsmethoden dazugekommen, um die Verarbeitung des Models zu gewährleisten:

- `hatKeineZyklen():boolean` prüft, ob ein im Model gekapselter Graph Zykelfrei ist. Eine weitere Hilfsmethode `hatKeineZyklenHelper(Knoten):boolean` ermöglicht die Überprüfung der Zykelfreiheit mittels Backtracking.
- `istZusammenhaengend():boolean` prüft, ob ein Graph zusammenhängend ist. Hier ermöglicht ebenfalls eine Helper-Methode namens `istZusammenhaengendHelper(Knoten):boolean` die Überprüfung mittels Backtracking.

- `hatGueltigeReferenzen():boolean` prüft, ob die Referenzen aller Knoten korrekt angegeben sind, also ob alle Referenzen in den Knoten des Netzplans korrekt sind, also ob jeder Nachfolger eines Knotens auch in dessen Vorgängern enthalten ist bzw. ob jeder Vorgänger eines Knotens auch in dessen Nachfolgern enthalten ist.
- Die Hilfsmethoden `setFez(Knoten): void`, `getFez(Knoten):int`, `setSez(Knoten):void`, `getSez(Knoten):void`, `getFp(Knoten):int`, `getGP(Knoten):int` wurden ersetzt durch geeignetere Methoden, da diese Fehler enthielten:
    - Die neue Methode `setFezAndFaz(Knoten):void` setzt FEZ und FAZ ausgehend von einem aktuellen Knoten für diesen und alle Nachfolger dieses Knotens.
    - Die neue Methode `setSazAndSez(Knoten):void` setzt SAZ für den aktuell betrachteten Knoten sowie alle Vorgängerknoten, ausgehend vom aktuell betrachteten Knoten.
    - Die neue Methode `getMaxFezOfVorgaenger(Knoten):int` berechnet den Maximalen FEZ aller Vorgänger eines Knoten.
    - Die neue Methode `getMinSazOfNachfolger(Knoten):int` berechnet den minimalen SAZ der Nachfolgenden Knoten eines betrachteten Knoten.
    - Die neue Methode `getMinFazOfNachfolger(Knoten)` berechnet den kleinsten FAZ aller Nachfolger eines betrachteten Knoten.
    -

### 5.1.5 Klasse `LeseAusDatei` (Ursprünglich `InputFromFile`)

Es wurde eine Methode `vorgangsNummernNichtDoppelt(List<Integer>):boolean` hinzugefügt, die prüft, ob Vorgangsnummern nicht mehrfach vorkommen, da dies bei der Initialisierung der Knoten zu schwerwiegenden Fehlern führen würde.

Es wurde eine Methode `alleKnotenVerweisenAufExistierendenKnoten (List<Knoten>, List<Integer>)` hinzugefügt. Die Methode prüft, ob alle Knoten auf einen existierenden Knoten verweisen.

In der `LeseAusDatei()` Methode werden zu Beginn mehrere Fehlerfälle ausgeschlossen. So wird geprüft, ob alle Knoten auf existierende Knoten verweisen und ob Vorgangsnummern nicht mehrfach vorkommen. Treten diese auf, wird jeweils ein entsprechender Fehler auf der Konsole ausgegeben und in der Ausgabe der Datei auf diese hingewiesen. Werden Strings statt Zahlen eingegeben oder Leerzeichen statt Zahlen, so wird ein entsprechender Fehler auf der Konsole ausgegeben und die Ausgabe entsprechend gestaltet.

### 5.1.6 Abstrakte Klasse `Ausgabe` (ursprünglich `Output`)

Die abstrakte Klasse Ausgabe wurde mithilfe verschiedener nicht-öffentlicher Hilfsmethoden etwas entzerrt. Die Methode `getAusgabeString():String` sammelt jedoch weiterhin die gesamte Erstellung des Ausgabestrings.

Der Konstruktor der Klasse wird nun mit einem Model aufgerufen, welches als privates Attribut `model` in der Klasse gekapselt wird.

### 5.1.7 Klasse `AusgabeInDatei` (ursprünglich `OutputToFile`)

Der Konstruktor der Klasse wird ähnlich wie die Klasse `Ausgabe`, von der die Klasse erbt, mit einem Model aufgerufen, welches anschließend an den `super(Model)`-Konstruktor übergeben wird.

# 6 Unittests

[…]

# 7 Testfälle

Die in diesem Kapitel beschriebenen Testfälle werden nach dem Back-Box-Testing-Prinzip durchgeführt. Es wird also nicht die konkrete Implementierung des Programms, sondern lediglich das Verhalten des Programms nach Außen untersucht. Es wird konkret überprüft, ob die Ausgaben des Programms bei entsprechenden Eingaben den erwarteten Ausgaben entsprechen.

Als erstes werden die Testbeispiele aus der Aufgabenstellung untersucht. Anschließend werden weitere Normalfälle, Sonderfälle und mögliche Fehlerfälle untersucht.

Normalfälle sind Fälle, die den definierten Eingabevorgaben entsprechen. Die Gültigkeit einer Eingabe ist im Kapitel Format der Eingabedatei genau erklärt.

Sonderfälle sind Fälle, bei denen die grundlegende Formatierung der Eingabedatei nicht gültig ist, das Programm jedoch dennoch zu einem korrekten Ergebnis kommt. Die fehlerhafte Erfüllung der Fehlerbehafteten Erfüllung der Eingabestruktur wird also bei Sonderfällen ignoriert.

Unter Fehlerfällen werden die Fälle verstanden, die in der Konsolenausgabe als explizite Fehler ausgegeben werden. Sie führen dazu, dass das Programm nicht die gewünschten Ausgaben produziert und daher mit einer entsprechenden Ausgabe in der Ausgabedatei kenntlich gemacht werden.

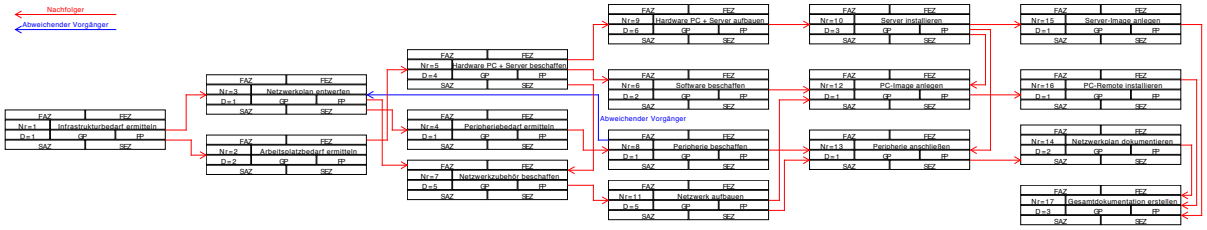
## 7.1 Besonderheiten der Beispiele 2, 3 und 5 der durch die IHK verbesserten Aufgabenstellung

Das IHK-Beispiel Nummer 2 („*Wasserfallmodell*“) aus der verbesserten Aufgabenstellung war fehlerhaft. Das bedeutet, dass sie nicht das angegebene Ergebnis lieferte, da die Eingabe falsch formuliert war. Die Vorgangsnummer 6 („*Einsatz und Wartung*“) referenziert auf einen nichtexistierenden Knoten mit Nachfolgernummer 7. Es existieren jedoch nur 6 Knoten. Die angegebene Ausgabe ist also falsch, da hier ein Fehlerfall vorliegt. Es muss also wie im unter Fehlerfall 1: Falsche Referenz im Kapitel Fehlerfälle ein entsprechender Fehler auf der Konsole- und eine entsprechende Ausgabe in der Datei erfolgen.

Das IHK-Beispiel Nummer 3 („*Beispiel 3*“) aus der verbesserten Aufgabenstellung war ebenfalls fehlerhaft. Das bedeutet, dass sie nicht das angegebene Ergebnis lieferte, da die Eingabe falsch formuliert war. Die Ausgabe müsste wie unter Normalfall zusammenhängender Graph im Kapitel Eigene Normalfälle für Vorgang Nummer 8 („*Tee trinken*“) ein SEZ- Wert von 12 statt 13 errechnet werden.

Das IHK-Beispiel Nummer 5 („*Beispiel 3 IT-Installation*“) aus der verbesserten Aufgabenstellung war ebenfalls fehlerhaft. Das bedeutet, dass sie nicht das angegebene Ergebnis lieferte, da die Eingabe falsch formuliert war. Vorgang Nummer 4 („*Peripheriebedarf ermitteln*“) hat einen Nachfolger 8, Vorgang Nummer 8 hat jedoch keinen Vorgänger 3, sondern lediglich

den Vorgänger 3 („*Netzwerkplan entwerfen*“). Das Problem ist in der nachfolgenden Abbildung illustriert:




Das Beispiel müsste also statt des angegebenen- das unter Normalfall Komplexes Beispiel im Kapitel Eigene Normalfälle angegebene Ergebnis lieferen.

## 7.2 Normalfälle

### 7.2.1 Beispiele aus der durch die IHK verbesserten Aufgabenstellung

#### 7.2.1.1 Eingabe

[...]

### 7.2.2 Eigene Normalfälle

#### 7.2.2.1 Normalfall zusammenhängender Graph

#### 7.2.2.2 Normalfall Komplexes Beispiel

#### 7.2.2.3 Ausgabe

[…]

#### 7.2.2.4 Diskussion

Durch Vergleich mit dem Beispiel ist festzustellen, dass die Ergebnisse […]

## 7.3 Spezialfälle

## 7.4 Fehlerfälle

### 7.4.1 Fehlerfall 1: Falsche Referenz

# 8 Zusammenfassung und Ausblick

[…]