

---

**Dokumentation der Praktischen Arbeit**  
**zur Prüfung zum**  
**Mathematisch-technischen Softwareentwickler**

---

**Thema: Automatisierte Erstellung von Netzplänen**

16. Mai 2018

**Christian Peters**

Prüfungs-Nummer: 20613

Programmiersprache: Java

Ausbildungsort: Institut für Kernphysik  
Forschungszentrum Jülich



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Was ist ein Netzplan? . . . . .	1
1.2	Kritische Pfade . . . . .	3
1.3	Ziel dieser Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Verfahrensbeschreibung</b>	<b>5</b>
2.1	Datenstrukturen . . . . .	5
2.1.1	Logische Repräsentation eines Vorgangs . . . . .	5
2.1.2	Logische Repräsentation eines Netzplans . . . . .	6
2.2	Einlesen der Vorgänge . . . . .	7
2.2.1	Format der Eingabedatei . . . . .	7
2.2.2	Algorithmus zum Einlesen . . . . .	8
2.3	Konstruktion des Netzplans . . . . .	8
2.4	Auffinden der kritischen Pfade . . . . .	8
2.5	Ausgabe der Ergebnisse . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Entwicklerdokumentation</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Benutzeranleitung</b>	<b>11</b>

<b>5</b>	<b>Testdokumentation</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>15</b>
<b>A</b>	<b>Abweichungen und Ergänzungen zum Vorentwurf</b>	<b>17</b>

# Kapitel 1

## Einleitung

Die Kunst einer erfolgreichen zeitlichen Planung von Projekten ist es, die einzelnen Schritte bis zum Ziel optimal aufeinander abzustimmen. Kommt es in einer Kette von Aufgaben auch nur an einer Stelle zu Verzögerungen, kann dies das gesamte Projekt gefährden. Damit Projektmanager auch in schwierigen Situationen stets den Überblick behalten können, gibt es einige Werkzeuge, die bei der Planung großer Projekte von besonderer Bedeutung sind. Eines dieser Werkzeuge soll nun im Rahmen dieser Arbeit näher untersucht werden: Der Netzplan.

### 1.1 Was ist ein Netzplan?

Ein Netzplan dient der Darstellung aller Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Vorgängen eines Projektes. Ein Vorgang innerhalb eines Projektes lässt sich hierbei als einzelner Knoten in einer verzweigten Kette aus weiteren Vorgängen auffassen, die alle zusammen wiederum das gesamte Projekt repräsentieren. Die Abhängigkeiten unter den Vorgängen werden hierbei durch Pfeile ausgedrückt: Ein Vorgänger besitzt einen Pfeil hin zu seinem Nachfolger. Jeder Vorgang verfügt hierbei über bestimmte Eigenschaften, die ihn eindeutig beschreiben:

- **Vorgangsnummer:** Eine eindeutige Identifikationsnummer des Vorgangs
- **Vorgangsbezeichnung:** Eine lesbare Bezeichnung des Vorgangs
- **Dauer:** Wie lange dauert die Ausführung des Vorgangs?

- **Vorgänger:** Welche anderen Vorgänge müssen zuerst ausgeführt werden, bevor der aktuelle Vorgang ausgeführt werden kann?
- **Nachfolger:** Welche anderen Vorgänge warten auf eine Abarbeitung des aktuellen Vorgangs?
- **Frühester Anfangszeitpunkt (FAZ):** Wann kann frühestens mit der Bearbeitung des Vorgangs begonnen werden?
- **Spätester Anfangszeitpunkt (SAZ):** Wann muss spätestens mit der Bearbeitung begonnen werden, damit der Zeitplan nicht gefährdet wird?
- **Frühester Endzeitpunkt (FEZ):** Wann kann der Vorgang frühestens abgeschlossen werden?
- **Spätester Endzeitpunkt (SEZ):** Wann muss der Vorgang spätestens abgeschlossen sein, damit der Zeitplan nicht gefährdet wird?
- **Gesamtpuffer (GP):** Wie viel Spielraum liegt zwischen dem frühesten und dem spätesten Anfangszeitpunkt?
- **Freier Puffer (FP):** Wie viel Spielraum existiert, wenn kein nachfolgender Vorgang durch den aktuellen Vorgang verzögert werden soll?

Wichtig bei der Angabe der Vorgänger und Nachfolger ist, dass ein Netzplan keine zyklischen Abhängigkeiten enthalten darf (sonst könnte sich die Dauer eines Projektes bis ins Unendliche hinziehen). Zudem muss es stets mindestens einen Vorgang ohne Vorgänger (einen *Startvorgang*) und mindestens einen Vorgang ohne Nachfolger (einen *Endvorgang*) geben.

Da zu Beginn der Planungsphase im Normalfall noch nicht alle aufgelisteten Attribute bekannt sind (i.d.R. nur Vorgangsnummer, Vorgangsbezeichnung, Dauer, sowie Vorgänger und Nachfolger), ist es die Aufgabe des Projektmanagers, die restlichen Eigenschaften so zu bestimmen, dass der Zeitplan eingehalten wird. An dieser Stelle kommt die Rolle des Netzplans zum tragen: Durch die Verkettung der einzelnen Vorgänge mit ihren Vorgängern und Nachfolgern können die fehlenden Attribute (FAZ, SAZ, FEZ, SEZ, GP, FP) systematisch berechnet werden. Hieraus ergibt sich auch unmittelbar die Gesamtdauer des Projektes: Sie entspricht entweder dem FEZ der Endvorgänge oder ist undefiniert, falls dieser nicht eindeutig ist.

## 1.2 Kritische Pfade

In jedem Projekt gibt es immer auch Vorgänge, deren Abarbeitung an besonders enge Fristen geknüpft ist und daher keinerlei Spielraum erlaubt. Solche Vorgänge, bei denen entsprechend der obigen Notation  $GP = 0$  und  $FP = 0$  gilt, werden im Folgenden als *kritische Vorgänge* bezeichnet. In jedem Projekt gibt es mindestens eine Kette von Vorgängen beginnend bei einem Startvorgang hin zu einem Endvorgang, die ausschließlich aus kritischen Vorgängen besteht. Eine derartige Konstellation wird auch als *kritischer Pfad* bezeichnet, da eine reibungslose Abarbeitung dieser Vorgänge Grundvoraussetzung für die Einhaltung des Zeitplans ist. Der Projektmanager sollte also schon zu Beginn alle kritischen Pfade identifizieren und besonders auf die termingerechte Abarbeitung der zugehörigen Vorgänge achten. Auch bei dieser Aufgabe hilft ihm der Netzplan, der sich systematisch nach kritischen Pfaden durchsuchen lässt.

## 1.3 Ziel dieser Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es nun, die Erstellung von Netzplänen sowie die Suche nach kritischen Pfaden zu automatisieren. Das zu diesem Zweck zu entwickelnde Programm soll in der Lage sein, die einzelnen Vorgänge eines Projektes aus einer Eingabedatei einzulesen und hieraus einen korrekten Netzplan zu konstruieren. Die fehlenden Eigenschaften der Vorgänge (FAZ, SAZ, FEZ, SEZ, GP, FP) sollen dazu systematisch errechnet werden. Anschließend soll der Netzplan auf kritische Pfade durchsucht werden, die Ergebnisse der Suche, sowie die vollständige Beschreibung aller Vorgänge und ihrer Fristen inklusive der Gesamtdauer des Projektes, sollen abschließend in einer Ausgabedatei gespeichert werden.





# Kapitel 2

## Verfahrensbeschreibung

### 2.1 Datenstrukturen

Die Grundlage eines jeden Programms ist durch die Art der verwendeten Datenstrukturen gegeben. Damit im weiteren Verlauf Netzpläne effizient erzeugt werden können, ist eine solide logische Repräsentation unerlässlich. Die grundlegende Darstellung der wichtigsten Elemente dieses Programms soll nun im Folgenden näher beschrieben werden.

#### 2.1.1 Logische Repräsentation eines Vorgangs

Ein einzelner Vorgang kann als Objekt dargestellt werden, welches die in 1.1 beschriebenen Attribute *Vorgangsnummer*, *Vorgangsbezeichnung*, *Dauer*, *Vorgänger*, *Nachfolger*, *FAZ*, *SAZ*, *FEZ*, *SEZ*, *GP*, *FP* enthält und einen Zugriff auf diese ermöglicht. Hierbei werden jedem Attribut die folgenden Definitionsbereiche zugeordnet, welche später vom Anwender eingehalten werden müssen:

- **Vorgangsnummer:** Element der ganzen Zahlen  $\mathbb{Z}$ , welches im gesamten Projekt *eindeutig* sein muss.
- **Vorgangsbezeichnung:** Nicht leere Zeichenkette, welche das Semikolon nicht enthalten darf<sup>1</sup>.
- **Dauer:** Element der natürlichen Zahlen  $\mathbb{N}$ . Dies bedeutet, dass keine negativen Dauern und auch keine nicht existenten Dauern zugelassen sind.

---

<sup>1</sup>Dies hängt mit dem Eingabeformat zusammen, was an späterer Stelle erläutert wird.

- **Vorgänger:** Liste gültiger Vorgangsnummern.
- **Nachfolger:** Liste gültiger Vorgangsnummern.
- **FAZ, SAZ, FEZ, SEZ, GP und FP:** Elemente der natürlichen Zahlen  $\mathbb{N}$  *inklusive* der 0.

Mehrere Vorgänge, welche zusammen ein Projekt bilden, können somit in einer Liste aus einzelnen Vorgangsobjekten abgelegt werden.

### 2.1.2 Logische Repräsentation eines Netzplans

Ein Netzplan kann formal als gerichteter azyklischer Graph beschrieben werden, wobei die Knotenmenge durch die Menge aller Vorgänge des Projektes gegeben ist und die Kantenmenge durch die Vorgänger-Nachfolger-Relation unter den Vorgängen beschrieben werden kann. Ein Hilfsmittel, welches zusätzlich zu der Liste aller Vorgänge des Projekts verwendet wird, um den Netzplan als Graph darzustellen, ist die sogenannte *Adjazenzmatrix*. Diese Matrix  $A$  besitzt für jeden Knoten des Graphen sowohl eine Zeile als auch eine Spalte und hat daher bei  $n$  Knoten die Dimension  $n \times n$ . Existiert eine direkte Verbindung von Knoten  $i$  nach Knoten  $j$  (dies ist anschaulich der Fall, wenn Vorgang  $j$  Nachfolger von Vorgang  $i$  ist), so ist der jeweilige Eintrag  $a_{ij}$  der Adjazenzmatrix 1, ansonsten 0. Anhand der Adjazenzmatrix lässt sich auch leicht erkennen, ob ein Knoten Start- oder Endknoten ist: Da ein Startknoten  $i$  keinen Vorgänger hat, gilt für die entsprechenden Einträge der  $i$ 'ten Spalte:  $a_{ki} = 0 \forall 1 \leq k \leq n$ . Für jeden Endknoten  $j$  gilt analog  $a_{jk} = 0 \forall 1 \leq k \leq n$ .

Es sei an dieser Stelle schon angemerkt, dass Vorgänge in ihrer Nummerierung nicht zwingend die Zahlen 1 bis  $n$  (oder später im Rechner 0 bis  $n - 1$ ) belegen müssen. Daher wird zusätzlich eine Abbildung  $g : \text{Vorgangsnummern} \rightarrow \mathbb{N}$  eingeführt, welche die Vorgangsnummern lückenlos auf die ersten  $n$  natürlichen Zahlen abbildet. Dementsprechend bezeichnet  $g^{-1}$  die zugehörige Umkehrabbildung, welche eine Zahl von 1 bis  $n$  auf die entsprechende ursprüngliche Vorgangsnummer abbildet.

## 2.2 Einlesen der Vorgänge

### 2.2.1 Format der Eingabedatei

Das Format, in dem die Daten dem Programm zugeführt werden, soll hier anhand des folgenden Beispiels erläutert werden:

```
//*****  
//+ Installation von POI Kiosken  
//*****  
//Vorgangsnummer; Vorgangsbezeichnung; Dauer; Vorgänger; Nachfolger  
1; Planung des Projekts; 1; -; 2,4  
2; Beschaffung der POI-Kioske; 25; 1; 3  
3; Einrichtung der POI-Kioske; 10; 2; 6  
4; Netzwerk installieren; 6; 1; 5  
5; Netzwerk einrichten; 1; 4; 6  
6; Aufbau der POI Kioske; 2; 3,5; 7  
7; Tests und Nachbesserung der POI Kioske; 1; 6; -
```

Abbildung 2.1: Beispiel einer Eingabedatei

Eine Datei besteht aus einer ungeordneten Menge an Kommentar- und Datenzeilen. Leerzeilen sind *nicht* zugelassen. Kommentarzeilen lassen den Anwender Anmerkungen hinzufügen, welche vom Programm nicht beachtet werden. Sie beginnen stets mit einem `//`. Eine besondere Art der Kommentarzeile ist die *Überschriftzeile*, da sie im Gegensatz zu den normalen Kommentarzeilen vom Programm besonders berücksichtigt wird. Sie beginnt immer mit einem `//+` und kann an beliebiger Stelle innerhalb der Datei auftauchen. Die Zeichenkette, welche auf das einleitende `//+` folgt, beschreibt das jeweilige Projekt und darf nicht leer sein. Pro Datei muss es *genau eine* Überschriftzeile geben. Im gegebenen Beispiel sind die Zeilen 1, 3 und 4 klassische Kommentarzeilen und werden vom Programm nicht beachtet. Zeile 2 ist die Überschriftzeile.

Datenzeilen liefern dem Programm die notwendigen Informationen zu den einzelnen Vorgängen eines Projekts. Jede Datenzeile beschreibt genau einen Vorgang und besteht aus fünf Elementen, welche jeweils durch ein Semikolon getrennt werden: *Vorgangsnummer*, *Vorgangsbezeichnung*, *Dauer*, *Vorgänger* und *Nachfolger*<sup>2</sup>. Die Eingaben zu Vorgangsnummer, Vorgangsbezeichnung und Dauer müssen hierbei mit den Definitionsbereichen der in 2.1.1 beschriebenen Attribute eines Vorgangs übereinstimmen. Die Elemente

<sup>2</sup>Dies ist auch der Grund, weshalb im Definitionsbereich der Vorgangsbezeichnung keine Semikola zugelassen sind.

Vorgänger und Nachfolger werden jeweils durch gültige Vorgangsnummern angegeben, welche durch Kommata getrennt aufgezählt werden. Hat ein Vorgang keinen Vorgänger bzw. keinen Nachfolger, so steht an dieser Stelle das Zeichen –. Es handelt sich in diesem Fall um einen Start- oder Endvorgang. Jedes Projekt muss mindestens einen Start- und einen Endvorgang enthalten.

### **2.2.2 Algorithmus zum Einlesen**

## **2.3 Konstruktion des Netzplans**

## **2.4 Auffinden der kritischen Pfade**

## **2.5 Ausgabe der Ergebnisse**

# Kapitel 3

## Entwicklerdokumentation

Programmiersprache	:	Java
Compiler	:	javac 1.8.0_161
Rechner	:	Intel Core i7-4790 CPU @ 3.60GHz, 16GB RAM
Betriebssystem	:	Ubuntu 16.04 LTS



## **Kapitel 4**

### **Benutzeranleitung**





# **Kapitel 5**

## **Testdokumentation**



# **Kapitel 6**

## **Ausblick**



## **Anhang A**

### **Abweichungen und Ergänzungen zum Vorentwurf**

