\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Dokumentation der praktischen Arbeit  
zur Prüfung zur  
mathematisch-technischen Softwareentwicklerin

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

11. Mai 2022

**Johanna Schindler**

Prüfungs-Nummer: 142 - 18741

Programmiersprache: Java

Inhalt

[1 Aufgabenanalyse 1](#_Toc101860230)

[1.1 Allgemeines 1](#_Toc101860231)

[1.2 Eingabe 1](#_Toc101860232)

[1.3 Problemstellung 2](#_Toc101860233)

[1.4 Ausgabe 2](#_Toc101860234)

[1.5 Grenz- und Fehlerfälle 2](#_Toc101860235)

[1.5.1 Grenzfälle 2](#_Toc101860236)

[1.5.2 Fehlerfälle 3](#_Toc101860237)

[1.6 Anforderungsliste 3](#_Toc101860238)

[2 Verfahrensbeschreibung 4](#_Toc101860239)

[2.1 Eingabe und Initialisierung 4](#_Toc101860240)

[2.2 Berechnung der … 4](#_Toc101860241)

[2.3 Ausgabe 5](#_Toc101860242)

[3 Programmbeschreibung 6](#_Toc101860243)

[3.1 Grobentwurf 6](#_Toc101860244)

[3.1.1 Module 6](#_Toc101860245)

[3.1.2 Ein- und Ausgabe 6](#_Toc101860246)

[3.1.3 Model 7](#_Toc101860247)

[3.1.4 Controller// TODO auf Problem anpassen 7](#_Toc101860248)

[3.2 Ablauf 8](#_Toc101860249)

[3.2.1 Gesamtablauf 8](#_Toc101860250)

[3.2.2 Initialisierung des Programms 8](#_Toc101860251)

[3.2.3 Strategie 8](#_Toc101860252)

[3.3 Algorithmen // TODO wenn Plural unterteilen 8](#_Toc101860253)

[3.4 Ein- und Ausgabekonvertierung 8](#_Toc101860254)

[3.4.1 Eingabekonvertierung 8](#_Toc101860255)

[3.4.2 Ausgabekonvertierung 9](#_Toc101860256)

[4 Testdokumentation 10](#_Toc101860257)

[4.1 Begründung und Diskussion der Testfälle 10](#_Toc101860258)

[4.1.1 Grenzfalltests 10](#_Toc101860259)

[4.1.2 Fehlertests 10](#_Toc101860260)

[4.1.3 Technische Fehler 11](#_Toc101860261)

[4.1.4 Normalfälle 11](#_Toc101860262)

[4.2 Ausführliches Beispiel 12](#_Toc101860263)

[4.2.1 Eingabe 12](#_Toc101860264)

[4.2.2 Algorithmen // TODO wenn mehrere unterteilen 12](#_Toc101860265)

[4.2.3 Ausgabe 12](#_Toc101860266)

[5 Zusammenfassung und Ausblick 13](#_Toc101860267)

[5.1 Zusammenfassung 13](#_Toc101860268)

[5.2 Ausblick 13](#_Toc101860269)

[5.2.1 Ein- und Ausgabe 13](#_Toc101860270)

[5.2.2 Strategien TODO 13](#_Toc101860271)

[6 Abbildungsverzeichnis // TODO aktualisieren 13](#_Toc101860272)

[A Abweichungen und Ergänzungen zum Vorentwurf 14](#_Toc101860273)

[B Benutzeranleitung 14](#_Toc101860274)

[a. Verzeichnisstruktur 14](#_Toc101860275)

[b. Systemvorraussetzungen 14](#_Toc101860276)

[c. Installation 15](#_Toc101860277)

[d. Kompilieren 15](#_Toc101860278)

[e. Programmausführung 15](#_Toc101860279)

[f. Testausführung 15](#_Toc101860280)

[C Entwicklerdokumentation 16](#_Toc101860281)

[a. Verfügbare Klassen und Schnittstellen 16](#_Toc101860282)

[b. Nutzungshinweise 16](#_Toc101860283)

[c. Fehlerbehandlung 16](#_Toc101860284)

[D Entwicklungsumgebung 16](#_Toc101860285)

[E Verwendete Hilfsmittel 17](#_Toc101860286)

[F Erklärung 1](#_Toc101860287)

// TODO Erklärung Seitenzahl raus

# Aufgabenanalyse

## Allgemeines

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Software-System entwickelt werden, welches die Signalauswertung für einen optischen Autokorrelator vornimmt und dabei Messwerte mittels mathematischen Methoden verarbeitet. Die zu verarbeitetenden Messwerte werden dabei aus einem optischen Autokorrelator geliefert und beinhalten die Intensität eines Signals und die Position eines Spiegels, der das Signal reflektiert.

Das System nimmt zunächst simulierte Messdaten von einer Signaldatenquelle entgegen und bestimmt daraus pro Datensatz die obere Einhüllende und die Pulsbreite, nachdem die Messwerte normiert, umgerechnet und geglättet wurden. Diese Eingabe erfolgt dabei in regelmäßigen Intervallen, sodass das Programm in unabhängigen Threads implementiert wird.

Das Software-System soll nach dieser Eingabe im Folgenden die mathematische Auswertung vornehmen und die normierten und geglätteten Daten, sowie Pulsbreite und obere Einhüllende zurückgeben.

## Eingabe

Dazu müssen zunächst die Datensätze eingelesen werden. Dies soll in Textdateien im geschehen, welche die Dateiendung „.txt“ aufweisen müssen. Alle Zeilen, welche mit „#“ beginnen, werden als Kommentar betrachtet und ignoriert. Auch Leerzeilen werden vom Programm übersprungen.

**Eingabedateien**

Die Eingabedateien sollen nicht im Rahmen dieses Prüfproduktes erstellt werden, sondern wurden per Download zur Verfügung gestellt.

Die Eingabedateien beinhalten jeweils alle Messwerte zu einer Messreihe in zwei Spalten: die Intensität des Messsignals aus dem Detektor, also y und nach einem oder mehreren Tabulatoren die Position des Spiegels x\_schlange. Diese werden als zwei nicht-negative Ganzzahlen, geliefert.

Jeder Datensatz enthält N Messdaten und es werden zunächst zehn mit „0.txt“ bis „9.txt“ benannte Eingabedateien eingelesen. Da es sich hier zunächst um simulierte Daten handelt und in der Zukunft ein Autokorrelator in regelmäßigen Zeitabschnitten einen Datensatz liefert, soll diese Anzahl und Benennung jedoch variabel sein.

Eine gültige Eingabedatei („0.txt“) könnte wie folgt aussehen:

# int pos  
20065 127505  
20110 127506  
20074 127508

…

Abbildung 1: Beispiel einer gültigen Eingabedatei

Aufgrund der zukünftigen Anwendung soll das Programm so entwickelt werden, dass die regelmäßig gelieferten Dateien ausgelesen und für 0.05 Sekunden zur Verfügung gestellt werden, da der Detektor die Signale mit einer Frequenz von 20 Hz empfängt. Das Auslesen der Daten soll ein nur für das Einlesen zuständiger Thread übernehmen, der alle gegebenen Eingabedateien nacheinander ausliest und wieder von vorne beginnt, sobald er die letzte ausgelesen hat, so lange, bis jeder Datensatz verarbeitet wurde.

## Auswertung der Messwerte

**Bemerkung zu Abkürzungen**

Die Benennung der Variablen soll erst in der Verfahrensbeschreibung geschehen. Jedoch handelt es sich bei der Aufgabenstellung um eine Abarbeitung mehrerer mathematischer Methoden, welche im Folgenden zu Übersichtszwecken auch mit selbst benannten Abkürzungen beschrieben werden. Die Benennung bezieht sich dabei auf das in der Aufgabenstellung verwendete Symbol: , , x und y

Damit die Auswertung parallel zum ständigen Auslesen der Dateien passieren kann, soll sie ebenfalls in einem eigenen Thread entwickelt werden. Zu der Auswertung gehört das Initialisieren der Datenstrukturen und die Auswertung anhand der mathematischen Modelle, die im Folgenden vorgestellt werden.

Zum Initialisieren der Datenstrukturen wird der Inhalt der aktuell zur Verfügung gestellten Eingabedatei zeilenweise eingelesen und die vorher beschriebenen Werte aus den Zeilen ausgelesen, geprüft und in die vorgesehene Datenstruktur überführt. Im Anschluss werden mithilfe von vier mathematischen Methoden eine Auswertung der Messwerte vorgenommen.

### Umrechnung und Normierung der Daten

Mittels dieser Formel werden die -Werte in Pikosekunden, kurz ps, umgerechnet. Diese Werte werden im Folgenden genannt.

Außerdem sollen die y -Werte normiert werden, indem sie durch das Maximum aller y -Werte dividiert werden. Dieses muss zunächst bestimmt werden.

### Glättung der Daten

Im nächsten Schritt soll eine Glättung der Daten geschehen, da sie zunächst nicht stetig vorliegen, was auch Messungenauigkeiten zurückzuführen ist. Damit die Kurve der Daten glatter wird, soll für jeden Messwert der gleitende Mittelwert x bestimmt werden, indem die -Werte in einer Umgebung von 0.2% der Messdaten um gemittelt werden.

Dafür muss zunächst n, das 0.2% der Messdaten große, ungerade Mitteilungsfenster, bestimmt werden.

Zur Berechnung wird außerdem der Wert als Entfernung vom aktuellen Punkt zum Rand des Mitteilungsfensters benötigt, der aus der Größe des Mitteilungsfensters bestimmt, welche Werte links und rechts von für die Berechnung von x verwendet werden sollen.

Im Sonderfall, dass rechts oder links von weniger als Werte existieren, man sich also am rechten oder linken Rand der Datenreihe befindet, soll x wie folgt berechnet werden:

Für den linken Rand sollen alle Werte vom Index 0 bis zum Index n1\* zur Mittelung herangezogen werden, wobei n1\* die Differenz zwischen n und der Anzahl an Werten ist, die links fehlen, um Werte aufaddieren zu können.

Für den rechten Rand sollen alle Werte vom Index n2\* bis zum Index N-1 zur Mittelung herangezogen werden, wobei n2\* die Differenz zwischen n und der Anzahl an Werten ist, die rechts fehlen, um Werte aufaddieren zu können.

### Obere Einhüllende

Weiterhin soll eine Annährung der oberen Einhüllenden der Messwerte bestimmt werden. Dafür wird jedem x -Wert ein yeinhuellende -Wert zugewiesen, der den zuletzt höchsten y -Wert beinhaltet. Dabei wird von links bis zum Maximum und danach von rechts bis zum Maximum vorgegangen.

### Pulsbreite

Als letztes soll die Pulsbreite b, auch genannt „full width at half maximum“ (FWHM), als Differenz der x -Werte zweier Punkte L und R berechnet werden. L bzw. R ist dabei der erste Punkt links bzw. rechts vom Maximum, dessen yeinhuellende die Hälfte der Höhe zwischen dem Maximum und der Grundlinie erreicht. Die Grundlinie wird als mittlerer y -Wert der äußersten linken 1% der der Messwerte definiert. Diese muss zunächst berechnet werden.

## Ausgabe

Nachdem ein Datensatz ausgewertet wurde, sollen die Ergebnisse wieder in eine Textdatei ausgegeben werden, ebenfalls in einem eigenen Thread.

Die zu erstellende Ausgabetextdatei erhält den Namen der Eingabedatei mit dem Präfix „out“ und könnte für die in Abbildung 1 aufgezeigte Eingabedatei wie folgt aussehen:

# FWHM = 0.26781982, 31738, 33831  
# pos int env  
-2.7742696 0.1660625 0.1660625  
-2.7742817 0.16643493 0.16643493

…

Abbildung 2: Beispiel einer Ausgabe in einer Textdatei („0.txt“)

In der ersten Zeile steht dabei das Ergebnis des letzten Schrittes 1.3.4 der Berechnung, nämlich die Pulsbreite als Float und die Indizes der Punkte L und R als Integer. Die Inhaltszeilen bestehen aus drei Spalten: den x -Werten, den normierten y -Werten und der yeinhuellenden. Zwischen den ersten beiden Spalten befindet sich ein Tabulator, zwischen der 2. und 3. zwei Tabulatoren zur Trennung. Diese Werte sind ebenfalls als Float angegeben.

## Parallelisierung

Durch die Anwendung bei einem Autokorrelator, der in Abständen von 0.05 Sekunden einen neuen Datensatz zur Verfügung stellt, soll das Programm in unabhängigen Threads implementiert werden. Dabei ist der erste Thread für das Lesen und immer wieder Überschreiben des Dateiinhaltes zuständig, indem über die Dateien iteriert wird, bis sie alle verarbeitet wurden.

Der zweite Thread nimmt den vom ersten Thread bereitgestellten Inhalt wie oben beschrieben. Der dritte Thread liest bereits verarbeitete Datensätze mit ihren Ergebnissen aus. Das Verhalten der Nebenläufigkeiten, sowie deren Kommunikation soll im Folgenden implementiert werden.

## Grenz- und Fehlerfälle

Während des Programmablaufs, das heißt beim Einlesen, Initialisieren, Verarbeiten und Ausgeben können verschiedene Grenz- und Fehlerfälle auftreten, die im Folgenden beschrieben werden.

### Grenzfälle

1. Es wird nur ein Datensatz eingegeben.
2. Der kleinstmögliche (sinnvolle) Datensatz mit 100 Messwerten wird eingegeben.
   1. Damit bei der Berechnung der Pulsbreite bei der Berechnung der Grundline 1% der Daten mindestens 1 Datensatz ist.
3. Die größtmögliche Anzahl von Messwerten in einem Datensatz N = 2147483647 (maximaler Integerwert) wird eingegeben.
   1. Damit das Programm in sinnvoller Zeit die Berechnung beenden kann, sollte vermutlich ein kleinerer Wert gewählt werden. Da aber keine weiteren Testfälle gegeben oder gefordert waren, wird hier nur dieser Wert angegeben.
4. Die größtmögliche Anzahl von Datensätzen M = 2147483647 (maximaler Integerwert) wird eingegeben.
   1. Damit das Programm in sinnvoller Zeit die Berechnung beenden kann, sollte vermutlich auch hier ein kleinerer Wert gewählt werden. Da aber keine weiteren Testfälle gegeben oder gefordert waren, wird nur dieser Wert angegeben.

### Sonderfälle

1. Es werden alle Datensätze in der ersten Iteration über die Dateien eingelesen, verarbeitet und ausgegeben.
2. Beim Einlesen eines besonders großen Datensatzes dauert das Lesen länger als 0.05 Sekunden.
3. Zu Beginn des Programms liegt kein eingelesener Datensatz vor, da der Einlesethread das Lesen des ersten Datensatzes noch nicht beendet hat.
4. Zu einem Zeitpunkt liegen keine auszulesenden Datensätze vor, da der Verarbeitungsthread gerade noch einen verarbeitet.

### Fehlerfälle

Die auftretenden Fehler kommen üblicherweise beim Einlesen und Initialisieren der Datenstrukturen vor und können in drei Fehlerarten aufgeteilt werden. Man unterscheidet zwischen technischen, syntaktischen und semantischen Fehlern. Das Vorkommen eines solchen Fehlers sorgt für einen Programmabbruch.

#### Technische Fehler

Technische Fehler können beim Zugriff auf die Ein- und Ausgabedateien auftreten. Dabei können folgende Fehler auftreten:

1. Es wurde kein Eingabeordner angegeben.
2. Der Eingabeordner existiert nicht.
3. Eine Eingabedatei ist nicht lesbar.
4. Eine Ausgabedatei ist nicht beschreibbar.

Da das Anlegen einer Ausgabedatei bei technischen Fehlern unter Umständen nicht möglich ist, werden diese auf der Standardfehlerausgabe des Systems ausgegeben.

#### Syntaktische Fehler

Syntaktische Fehler liegen vor, wenn die Eingabedatei nicht das vorgegebene Format und in Abschnitt 1.21.2 beschriebene hat. (Die Angaben der Zeilennummern beziehen sich immer auf eine Betrachtung der Eingabe inklusive der Kommentarzeilen, abgezogen jeglicher auftretender Leerzeilen.)

1. Ein Kommentar ist nicht durch vorangestelltes „#“ gekennzeichnet.
2. Es wurden keine Messwerte eingegeben, also eine Datei ist leer oder besteht nur aus Kommentarzeilen.

Syntaktische Fehler erzeugen eine Fehlermeldung, welche anstatt der eigentlichen Programmausgabe in die Konsole und in die Ausgabedatei geschrieben wird.

#### Semantische Fehler

1. Einer der Messwerte in einer Datei ist keine natürliche Zahl. (nicht-negative Ganzzahl)
2. Es wurden in einer Datei nicht genau zwei Messwerte angegeben.
3. In einer Datei wurden zu wenige Messwerte eingegeben, also eine Datei beinhaltet weniger als 100 Messwerte.

Semantische Fehler erzeugen ebenfalls eine Fehlermeldung, welche anstatt der eigentlichen Programmausgabe in die Konsole und in die Ausgabedatei geschrieben wird.

## Anforderungsliste

Der Übersicht halber wurden die in den vorherigen Abschnitten herausgearbeiteten Anforderungen an das Programm hier noch einmal stichpunktartig aufgeführt, um im Folgenden eine Referenz auf diese zu vereinfachen.

1. Das Programm liest Textdateien im gewünschten Format ein.
2. Bei technischen Fehlern gibt das Programm eine geeignete Fehlermeldung in der Standardfehlerausgabe des Systems aus.
3. Im Falle der genannten semantischen und syntaktischen Fehlerfälle gibt das Programm eine Fehlermeldung in der Standardfehlerausgabe des Systems und in einer Ausgabedatei aus.
4. Das Programm ermittelt für einen gegebenen Datensatz die gewünschten Werte.
5. Das Programm gibt das ermittelte Ergebnis im gewünschten Format in der Konsole und in einer Ausgabedatei aus.
6. Das Programm führt die Schritte 1.-5. nicht sequentiell aus, sondern im drei Threads, die wie beschrieben alle Dateien in einem gegebenen Ordner abarbeiten.

# Verfahrensbeschreibung

Da die Aufgabe nun detailliert beschrieben und analysiert wurde, wird im Folgenden der Ablauf des Programms näher erläutert, wobei technische Details verfeinert und Abläufe konkretisiert werden. Besonders die Nebenläufigkeiten Einlese-, Verarbeitungs- und Ausgebethread sollen dabei näher erläutert werden, sodass deutlich wird, in welchem Thread welcher Teil der Verarbeitung durchgeführt wird, wann dieser seine Arbeit beendet oder wartet und wie die Organisation des Dateiflusses implementiert wurde.

## Eingabe und Initialisierung

Der Eingabeordner wird dem Programmaufruf als Parameter mitgegeben. Nach dem Start des Programms überprüft dieses das Vorhandensein des angegebenen Eingabeordners. Ist dieser vorhanden, wird der Thread zum Einlesen gestartet. Solange es noch unverarbeitete Datensätze gibt, iteriert er immer wieder über diese, liest den Inhalt jeweils zeilenweise aus und speichert ihn als eine Zeichenkette, wobei führende und abschließende Leerzeichen ignoriert werden. Auch der Eingabedateiname wird als Zeichenkette gespeichert.

**Gemeinsamer Zugriff auf Variablen**

Sowohl die geführten Listen an unverarbeiteten Dateien, verarbeiteten Datensätzen und geschlossenen Dateien, als auch die Zeichenketten für den Eingabedateinamen und -inhalt werden synchronisiert. Dadurch können mehrere Threads sicher auf diese zugreifen und es kann nicht vorkommen, dass die Threads gegenseitig voneinander abhängen. Insbesondere deswegen werden die Listen zwischengespeichert. // TODO Deadlock?

Sollten technische Fehler beim Einlesen einer der Dateien auftreten, wird das Programm abgebrochen und eine Fehlermeldung, wie in Abschnitt 1.6.3 beschrieben, ausgegeben. Nachdem ein Inhalt ausgelesen wurde, wird dieser für 0.05 Sekunden gespeichert, bis die nächste Datei eingelesen wird. Dies geschieht, indem der Thread für diesen Zeitraum pausiert.

Die Überprüfung, ob es noch unverarbeitete Datensätze gibt, geschieht mithilfe einer Liste, welche die Namen der noch unverarbeiteten Eingabedateien beinhaltet. Initial werden hier die Dateinamen aller Eingabedateien, die sich im Eingabeordner befinden, gespeichert. Wird vom Verarbeitungsthread im nächsten Schritt ein Datensatz weiterverarbeitet, so wird der zugehörige Dateiname aus dieser Liste entfernt. So wird verhindert, dass eine Datei unnötigerweise erneut eingelesen wird, auch wenn sie schon vom Verarbeitungsthread verarbeitet wurde.

Sollte diese Liste die leer sein, so ist nichts mehr einzulesen und der Thread beendet sich.

## Verarbeitung und Auswertung der Messwerte

Der zweite Thread wird für das Verarbeiten des Inhalts der Eingabedateien verwendet. Wird dieser direkt nach dem Einlesethread gestartet, so wartet er zunächst 0.05 Sekunden, um dem Einlesethread einen Vorsprung und somit die Möglichkeit zu geben, die erste Eingabedatei zu lesen. Dann fährt er fort, indem er sich den Inhalt aus den gespeicherten Variablen für Dateiname und -inhalt kopiert. Dies verhindert, dass der Einlesethread den Inhalt der Variablen verändert, während darauf zugegriffen wird.

Steht der Inhalt einer Datei zur Verfügung, der noch nicht verarbeitet wurde, so wird dieser zunächst aus der Liste der unverarbeiteten Datensätze gelöscht und dann so konvertiert, dass die späteren Datenstrukturen gesetzt werden können.

Startet der Verarbeitungsthread die Verarbeitung eines Inhaltes und löscht diesen aus der Liste unverarbeiteter Dateien, kann es sein, dass der Einlesethread diesen trotzdem noch einmal ausliest. Das kommt aufgrund eines Zwischenspeicherns der Liste auf einer temporären Liste zustande. Daher darf im Verarbeitungsthread nicht blind alles verarbeitet werden, was der Einlesethread liefert, sondern es muss geprüft werden, ob dieser Inhalt tatsächlich noch unverarbeitet, also Element der Liste ist.

Wurde der aktuell gelieferte Inhalt also noch nicht verarbeitet, wird er wie folgt konvertiert:

### Konvertierung

Der Verarbeiter durchläuft er den Inhalt und ignoriert jegliche Kommentarzeilen. Eine Zeile wird dann an vorkommenden Tabulatoren getrennt. Ergibt diese Trennung genau zwei Zeichenketten, wird geprüft, ob diese in eine natürliche Zahl umgewandelt werden können. Ist dem so, können diese Werte als x\_schlange und y gespeichert, in eine Liste hinzugefügt und fortgefahren werden, bis das Ende des Inhalts erreicht wurde.

Wurden auf diese Art mindestens 100 Messwerte, jeweils mit x\_schlange und y, erstellt, es wurden also keine syntaktischen oder semantischen Fehler wie in Abschnitt 1.5.2 beschrieben festgestellt, kann aus der Liste von Messwerten und dem Namen der Eingabedatei ein Datensatz erstellt werden. Ansonsten wird das Programm abgebrochen und eine Fehlermeldung, wie in Abschnitt 1.6.3 beschrieben, ausgegeben

Der Konstruktor des Datensatzes setzt die zu speichernden Daten, also Messwerte und Dateiname und berechnet und speichert sich aus den Messwerten die Anzahl N und den Index des maximalen Messwerts maxInd, also jenem Messwert, dessen y -Wert maximal ist.

### Auswertung der Messwerte

Die mathematischen Methoden zur Auswertung eines Datensatzes, wurden in der Aufgabenstellung und in Abschnitt 1.3 beschrieben. Daher wird im Folgenden lediglich auf die Bestimmung und Speicherung benötigter Werte detailliert eingegangen.

#### Umrechnung und Normierung

1. Speichere den y -Wert des Messwertes aus der Liste mit Index maxInd als Dezimalzahl zwischen. (Es ist zwar eine Ganzzahl, aber zur Normierung ist das wichtig, damit keine Ganzzahldivison auftritt.)
2. Durchlaufe alle Messwerte in der Liste
   1. speichere pro Messwert x\_hut als Dezimalzahl (Berechnung siehe 1.3.1)
   2. normiere pro Messwert den y -Wert (Berechnung siehe 1.3.1)
      1. Da y hier normiert wird, wird y schon im Konstruktor als Dezimalzahl gesetzt.

#### Glättung der Daten

1. Berechne n und speichere als Ganzzahl zwischen. (Berechnung siehe 1.3.2)
2. Berechne und speichere als Ganzzahl zwischen. (Berechnung siehe 1.3.2)
3. Durchlaufe alle Messwerte in der Liste und speichere pro Messwert den x -Wert (Berechnung und Behandlung der Ränder siehe 1.3.2)

#### Obere Einhüllende

1. Speichere den Index maxInd als Ganzzahl und den zugehörigen y -Wert als Dezimalzahl zwischen
2. Setze eine lokale Variable y\_tempMax auf den ersten y -Wert der Liste und durchlaufe die Liste von oben bis zum maxInd
   1. speichere pro Messwert den bisher größten y -Wert wie folgt:
      1. Ist der y -Wert des Messwertes größer als der bisher größte (y\_tempMax)? Dann setze y\_tempMax = y -Wert
      2. Setze für diesen Messwert y\_einhuellende = y\_tempMax
3. Setze die lokale Variable y\_tempMax auf den letzten y -Wert der Liste und durchlaufe die Liste von unten hoch bis zum maxInd
   1. Verfahre wie zuvor

#### Pulsbreite

1. Speichere den Index maxInd als Ganzzahl und den zugehörigen y -Wert als Dezimalzahl zwischen.
2. Berechne die Grundlinie wie folgt
   1. Berechne die Anzahl an Messwerten, die zur Berechnung der Grundlinie verwendet werden sollen:
   2. Durchlaufe die Messwerte in der Liste bis zum Index n\_grundlinie, addiere deren y -Werte als Dezimalzahlen auf und teile durch n\_grundlinie
   3. Speichere das Ergebnis als Dezimalzahl auf grundlinie
3. Durchlaufe die Messwerte in der Liste vom Index maxInd bis zum Index N (nach rechts)
   1. Speichere den Index des ersten Messwertes, bei Folgendes gilt als indR:
4. Durchlaufe die Messwerte in der Liste vom Index maxInd bis zum Index 0 (nach links) und verfahre genau so
5. Berechne die Pulsbreite als Differenz der x -Werte von R und L

Nachdem die Berechnung der mathematischen Methoden abgeschlossen wurde, wird der verarbeitete Datensatz einer Liste von verarbeiteten Datensätzen hinzugefügt. Innerhalb des Datensatz-Objektes befinden sich alle für die Ausgabe relevanten Informationen.

Es wird so lange fortgefahren, bis die Liste an noch unverarbeiteten Dateien leer ist. Dann gibt es keine Datensätze mehr einzulesen und somit auch nichts mehr zu verarbeiten.

Sollte zu einem Zeitpunkt die Liste an verarbeiteten Datensätzen leer sein, obwohl noch nicht alle Dateien geschlossen sind, so befindet sich mindestens ein Datensatz noch im Lese- bzw. Verarbeitungsschritt. Daher wird in diesem Fall eine kurze Zeit gewartet und erneut auf die Liste zugegriffen.

## Ausgabe

Die Ausgabe der verarbeiteten Datensätze ist ebenfalls in einen Thread ausgelagert, der die Konvertierung in eine Zeichenkette und das Schreiben des Inhalts in eine Datei übernimmt. Dafür überprüft der Ausgeber, ob die bereits alle Datensätze verarbeitet und ausgegeben wurden, indem er auf die Liste an geschlossenen Dateien zugreift. Diese Liste von Zeichenketten beinhaltet die Dateinamen aller Eingabedateien, die bereits eingelesen, verarbeitet und in eine Ausgabedatei geschrieben wurden. Sollte diese Liste die maximale Länge erreicht haben, also so viele Elemente beinhalten, wie anfangs die Liste unverarbeiteter Eingabedateien, so ist nichts mehr auszugeben und der Thread beendet sich.

Ansonsten wird die Zeichenkette des Ausgabeinhalts erstellt:

1. Die erste Zeile wird gefüllt mit

„# FWHM = <fwhm: float>, <indexL: int>, <indexR: int>“

1. Die zweite Zeile enthält die Spaltennamen, getrennt durch ein, bzw. zwei Tabulatoren:

„# pos int env“

1. Danach folgt für jeden Messwert eine Zeile der Form: (ebenfalls getrennt durch Tabulator/-en)

„<x: float> <y: float> yeinhüllende: float>“

1. Danach folgt das Dateiende

Wurde die Ausgabe in die Datei beendet, so wird sie geschlossen und der Eingabedateiname des ausgegebenen Datensatzes in die Liste an geschlossenen Dateien hinzugefügt. Es wird so lange verfahren, bis diese Liste ihre maximale Größe erreicht hat.

Sollte zu einem Zeitpunkt die Liste an verarbeiteten Datensätzen leer sein, obwohl noch nicht alle Dateien geschlossen sind, so befindet sich mindestens ein Datensatz noch im Lese- bzw. Verarbeitungsschritt. Daher wird in diesem Fall eine kurze Zeit gewartet und erneut auf die Liste zugegriffen.

# Programmbeschreibung

**Anmerkung zu deutschen und englischen Begriffen**

Eigene Bezeichner, insbesondere für inhaltliche Elemente, wurden deutsch benannt. Vorkommende englischsprachige Bezeichner wurden verwendet, wenn dies geläufige Begriffe in der Softwareentwicklung sind, da so die Aufgabe der entsprechenden Komponente allgemein ersichtlich ist, beispielsweise bei Reader, Converter oder get/set/is.

## Grobentwurf

Das Programm wird durch eine drei-Schichtenarchitektur ähnlich der Model-View-Controller Architektur umgesetzt, welche im folgenden Paketdiagramm grob skizziert wird.

### Module

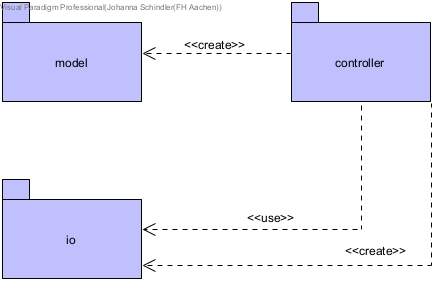


Abbildung 3: Module im Paketdiagramm

Das Model beinhaltet dabei die benötigten Daten in strukturierter Form, also den Datensatz mit einem Array von Messwerten, sowie weiteren Werten, die aus der Verarbeitung entstammen.

Der Controller beinhaltet ein Signalauswertungsprogramm, einen Konvertierer für die Ein- und Ausgabe, sowie den eigentlichen Auswertungsalgorithmus. Weiterhin befinden sich die Klassen, die die Threads benötigen in einem Unterpaket Runnables.

Der Konvertierer wandelt die eingelesenen Daten in Objekte der Klassen aus dem Model Package um, erstellt diese also. Der Algorithmus operiert dann auf diesen. Eine klassische View existiert in diesem Programm nicht, da keine visuelle Anzeige des Programms in der Aufgabenstellung gefordert war. Stattdessen gibt es das Modul IO, welches Klassen beinhaltet, die für das Ein- und Auslesen zuständig sind.

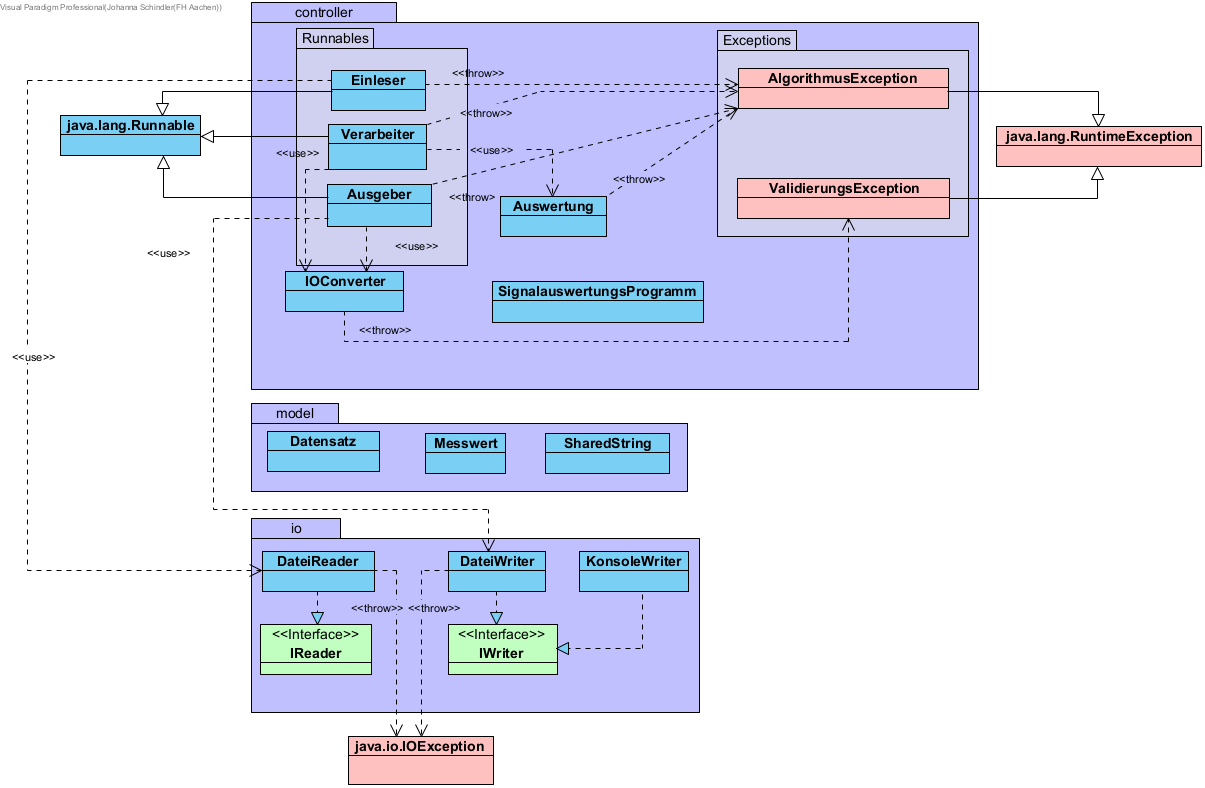


Abbildung 4: Klassendiagramm inklusive Pakete

### Ein- und Ausgabe

// TODO Klassendiagramm innerhalb IO (-> Exception) und EingabeAusgabeKonvertierer -> IOException

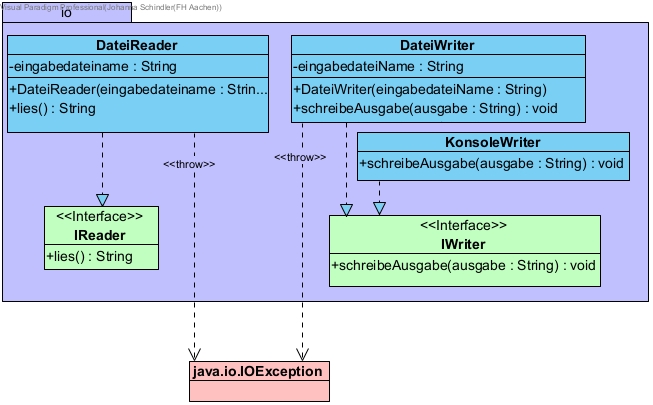


Abbildung 5: Klassendiagramm von IO

Die Ein- und Ausgabe werden durch jeweils ein Interface abstrahiert, also mittels des Strategy-Entwicklungsmusters implementiert. Dies erleichtert die Erweiterung des Programms um weitere Formen der Ein- und Ausgabe. (siehe Absatz 5.2.1)

Das erstellte Objekt der Klasse DateiReader liest in der Methode *lies()*, sofern keine technischen Fehler auftreten, beliebige Eingabedateien mit der Endung „.txt“ ein und lässt dabei Leerzeilen aus. Hier findet noch keine Syntax- oder Semantiküberprüfung statt. Die Methode gibt den gesamten Inhalt der Datei als String zurück. Der IOConverter konvertiert diesen Inhalt in ein //TODO Modelobjekt unter Berücksichtigung der Syntax- und Semantikregeln. Da von der Konvertierer - Klasse kein Objekt erstellt werden soll, sondern eine statische Methode die Konvertierung übernimmt, ist der Konstruktor der Klasse privat.

Nachdem ein Ergebnis gefunden wurde, erstellt der IOConverter die Ausgabe des //TODO Modelobjekts (Result) als String. Dieser wird dann je nach gewünschtem Ausgabetyp an ein Objekt der Klasse DateiWriter oder KonsolenWriter gereicht und die Ausgabe umgesetzt.

Da der IOConverter im Gegensatz zum DateiReader, DateiWriter und KonsolenWriter somit Kenntnis über die Bedeutung des Dateiinhaltes hat und Objekte der Klassen im Model Package erstellt, befindet er sich im Package Controller.

Beim reinen Ein- und Auslesen können durch die Entkopplung von dem eigentlichen Dateiinhalt nur Exceptions der Klasse java.io.IOException auftreten. Für die syntaktischen und semantischen Fehler, die danach bei der Validierung des Dateiinhalts auftreten können, (siehe Absatz 1.5.2) wurde die Klasse ValidierungsException implementiert, welche von java.lang.RuntimeException erbt, da sie Fehler behandelt, die zur Laufzeit auftreten können. Es handelt sich demnach nicht um Eingabe oder Ausgabefehler, wie bei der Klasse java.io.IOException, da das Lesen des Inhalts der Textdatei zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossen ist. Die Klasse ValidierungsException liegt im Package Controller, ebenso wie die erstellende Klasse IOConverter.

Die verschiedenen Ausgabetypen werden durch die Enumeration AusgabeTyp benannt, da es sich hierbei um eine feste Anzahl disjunkter Ausgabetypen handelt. Das Ausgabeformat bleibt durch die gewählte Herangehensweise austauschbar, solange der Ausgabetyp dem System bekannt, also in der Enumeration AusgabeTyp und als entsprechende Implementierung von IWriter vorhanden ist.

### Model

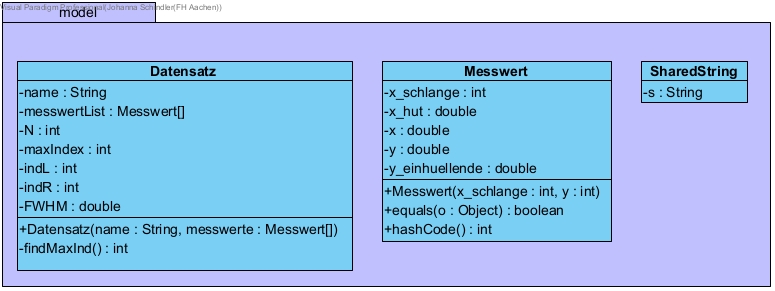


Abbildung 6: Klassendiagramm von Model

Das Model beinhaltet …

// wofür werden die gebraucht

### Controller// TODO auf Problem anpassen

Abbildung 7: Klassendiagramm von Controller

Das Interface IStrategie abstrahiert die Schnittstelle, welche die Klasse BacktrackingStrategie bereitstellen muss. Die Strategie Controller sind ebenfalls im Strategy- Entwicklungsmuster entworfen worden, damit im Falle einer anderen Lösungsstrategie diese leicht einzufügen ist.

Bei den Methoden handelt es sich um einen Konstruktor, der … erhält und die Ausführ-Methode, die im Falle des Backtrackings eine private, rekursive Methode aufruft und dann das Result zurückgibt. BacktrackingStrategie hat dabei außerdem weitere Hilfsmethoden, die zur Berechnung … benötigt werden. Die Klasse Programm übernimmt den kompletten Programmablauf, das heißt sie steuert nach Aufruf der Methode *starteProgramm()* die Eingabe, das Starten des Algorithmus und die Ausgabe. Kommt der Algorithmus zu keinem Ergebnis, muss ein Fehler vorliegen und eine Exception der Klasse AlgorithmusException wird erstellt. Diese liegt wie die aufrufende Klasse im Package Controller.

## Ablauf

### Gesamtablauf

Der Ablauf des Programms lässt sich wie folgt als UML-Sequenzdiagramm beschreiben. Die Klasse Main übernimmt dabei die Aufgabe, das eigentliche Programm mit dem Eingabedateinamen zu starten und ist an sich trivial, sodass auf ein Klassendiagramm verzichtet wurde.

Zunächst wird der Gesamtablauf der Programmausführung vereinfacht dargestellt. Vor allem die Initialisierung und die Abläufe innerhalb des Backtracking-Algorithmus sind komplexer als hier dargestellt. Diese werden daher anschließend noch mittels Aktivitätsdiagrammen präzisiert, um die Sequenzdiagramme möglichst übersichtlich und verständlich zu halten.

//TODO SD

### Initialisierung des Programms

//TODO SD

### Strategie

//TODO SD

## Auswertungsmethoden

//TODO ADs

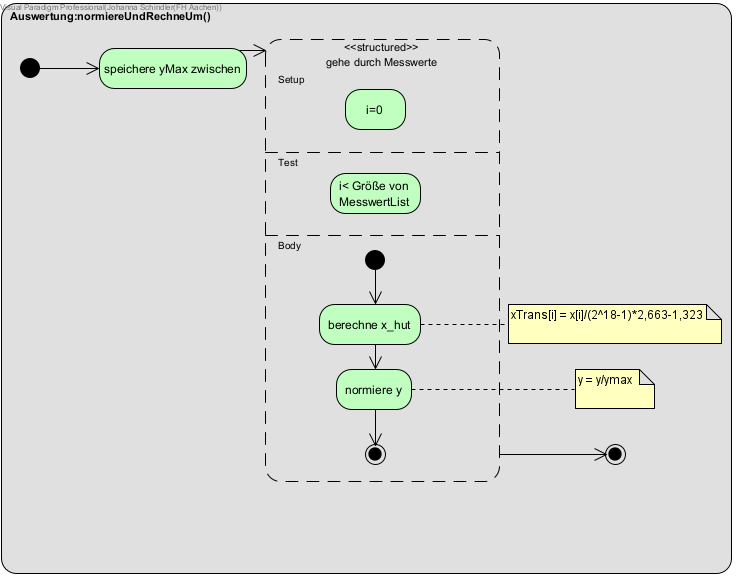


Abbildung 8: Aktivitätsdiagramm für Auswertung::normieren()

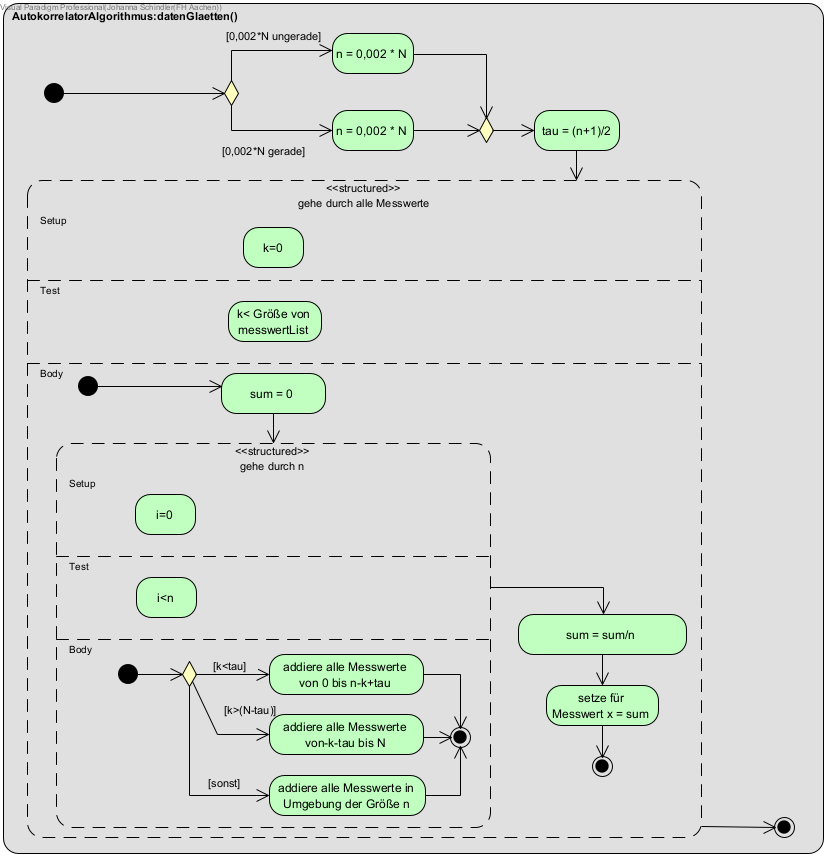


Abbildung 9: Aktivitätsdiagramm für Auswertung::glaetten()

## Ein- und Ausgabekonvertierung

//TODO ADs

### Eingabekonvertierung

### Ausgabekonvertierung

# Testdokumentation

In diesem Kapitel wird das Programm an einem ausgesuchten Beispiel ausführlich getestet, sowie die weiteren Testbeispiele erklärt und begründet.

## Technische Fehler

Die in Abschnitt 1.5.2.1 beschriebenen technischen Fehlerfälle lassen sich aus technischen Gründen nicht als Ein- und Ausgabedateien der Abgabe beifügen. Aus diesem Grund werden hier die resultierende Ausgabe in der Konsole und die entsprechenden Aufrufe aufgeführt.

// TODO konkrete Fehlermeldungen benennen

|  |  |
| --- | --- |
| **Technischer Fehler 1** | Der Test soll zeigen, dass das Programm das Fehlen einer Eingabedatei erkennt und den Benutzer mit der folgenden Fehlermeldung in der Konsole informiert.  **"Eingabe/Ausgabe Fehler: Eingabedatei existiert nicht"**  java -jar ./run/Programm.jar |
| **Technischer Fehler 2** | Der Test soll zeigen, dass das Programm erkennt, dass die angegebene Eingabedatei nicht existiert und den Benutzer mit einer passenden Fehlermeldung informiert.  **"Eingabe/Ausgabe Fehler: Eingabedatei existiert nicht"**  java -jar ./run/Programm.jar existiertNicht.txt |
| **Technischer Fehler 3** | Der Test soll zeigen, dass das Programm erkennt, dass die Leserechte für die angegebene Eingabedatei fehlen und den Benutzer mit einer passenden Fehlermeldung informiert.  **"Eingabe/Ausgabe Fehler: beim Lesen der Eingabedatei"**  java -jar ./run/Programm.jar nichtLesbar.txt |
| **Technischer Fehler 4** | Der Test soll zeigen, dass das Programm erkennt, dass die Schreiberechte zur passenden Ausgabedatei zur Eingabedatei fehlen und die Ausgabe nicht geschrieben werden kann. Darüber soll der Benutzer mit einer passenden Fehlermeldung informiert werden.  **"Eingabe/Ausgabe Fehler: keine Schreibrechte auf Ausgabedatei"**  java -jar ./run/Programm.jar nichtSchreibbar.txt |

Bei sonstigen unerwarteten Fehlern beim Lesen oder Schreiben einer Datei wird die folgende Fehlermeldung in die Konsole geschrieben:

**"Eingabe/Ausgabe Fehler: beim Lesen/Schreiben der Eingabedatei"**

# Zusammenfassung und Ausblick

## Zusammenfassung

Das Programm erfüllt die in der Aufgabenstellung definierten Anforderungen und wurde in Bezug auf Funktionalität und Fehlererkennung ausführlich getestet. Durch die hohe Laufzeitkomplexität des Backtracking-Algorithmus ist die Bearbeitung großer Felder jedoch sehr rechenaufwendig, wodurch das Testen des Grenzfalls der maximalen Fläche lediglich der Größe // TODO möglich war.

## Ausblick

Für das Programm gibt es diverse Erweiterungsmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen.

### Ein- und Ausgabe

Die bisherige Ein- und Ausgabe über Textdateien im vorgegebenen Format lässt sich durch die Verwendung des Strategy-Entwicklungsmusters und die Trennung von IO und Konvertierung leicht um weitere Formate erweitern. Dies ist durch zusätzliche Implementierungen der Interfaces IReader und IWriter möglich.

Denkbar wären

|  |  |
| --- | --- |
| **Ausgabe als XML** | Dazu müsste die Implementierung von IWriter einen String mit XML in eine „.xml“ Datei schreiben. Die Methode zur Erzeugung des Strings muss dafür dem IOConverter hinzugefügt werden. |
| **Ausgabe in eine Datenbank** | Dazu müsste die Implementierung von IWriter einen String einem SQL-Query an eine Datenbank absetzen. Die Methode zur Erzeugung des ein SQL-Queries muss dafür dem IOConverter hinzugefügt werden. |

### Strategien TODO

Neben der verwendeten Backtracking-Strategie wäre noch eine Vielzahl weiterer möglich. Diese müssten ebenfalls das Interface IStrategie implementieren. Diese leichte Erweiterbarkeit wurde auch hier durch das Verwenden des Strategy-Entwicklungsmusters erreicht.

Zwar ermittelt der Backtracking-Algorithmus in jedem Fall das bestmögliche Ergebnis, jedoch ist er sehr rechenaufwendig. Gerade bei größeren Flächen kann es daher sinnvoll sein, auf andere Verfahren auszuweichen, welche zu Lasten der bestmöglichen Lösung schneller ein Ergebnis erzeugen.

# Abbildungsverzeichnis // TODO aktualisieren

[Abbildung 1: Beispiel einer gültigen Eingabedatei 4](file:///C:\Users\Johanna\Documents\FH\6_Semester\IHK\GroPro\GroPro_Dokumentation_Vorlage.docx#_Toc101270722)

[Abbildung 2: Beispiel einer Ausgabe in der Konsole 2](file:///C:\Users\Johanna\Documents\FH\6_Semester\IHK\GroPro\GroPro_Dokumentation_Vorlage.docx#_Toc101270723)

[Abbildung 6: Module im Paketdiagramm 6](#_Toc101270724)

1. Abweichungen und Ergänzungen zum Vorentwurf
2. Benutzeranleitung
3. Verzeichnisstruktur

Im angegebenen Archiv befinden sich folgende Verzeichnisse:

|  |  |
| --- | --- |
| **run** | beinhaltet Skripte zum Kompilieren des Programms und zum Ausführen der Testfälle, sowie das kompilierte Programm |
| **src** | enthält den Quellcode des Programms |
| **doc** | enthält diese Dokumentation, sowie die Java API-Dokumentation, auf die in Anhang C verwiesen wird |
| **testfaelle** | beinhaltet die ausgeführten Testdateien als Ein- und Ausgabedateien |

1. Systemvorraussetzungen

Um das Programm verwenden zu können, wird ein Microsoft Betriebssystem in der Version 10 oder höher, sowie eine Java Laufzeitumgebung (JRE) in der Version 16 benötigt. Für das Kompilieren des Programms muss zusätzlich das Java Development Kit (JDK) in der Version 16 oder höher installiert sein.

Sollten diese nicht oder in veralteter Version installiert sein, kann ein Download der JRE und JDK in gewünschter Version unter der folgenden Adresse geschehen:

<https://www.oracle.com/java/technologies/downloads/>

Um das Programm, wie in Abschnitt d beschrieben, zu kompilieren, also für alle „.java“-Dateien zunächst „.class“-Dateien und schließlich die Projekt „.jar“-Datei zu erstellen, muss das Tool Maven installiert sein. Nachdem die Java SDK bereits installiert wurde, kann Maven unter der folgenden Adresse in der Version 3.8.1 als „.zip“ heruntergeladen werden. Dafür müssen 10MB Speicher für die Installation und ungefähr 500MB für das lokale Repository frei sein.

<https://maven.apache.org/download.cgi>

Die „.zip“-Datei muss danach in einen geeigneten Ordner entpackt werden und der Speicherort des Unterordners /bin in den PATH-Variablen des Systems hinterlegt werden.

1. Installation

Der gesamte Inhalt der vorliegenden „.zip“-Datei ist in ein beliebiges, beschreibbares Verzeichnis zu kopieren. Danach ist das Programm betriebsbereit. Das ausführbare Skript, das alle Testfälle nacheinander ausführt, liegt im Verzeichnis run, genauso wie die „.jar“-Datei zur Ausführung einzelner Testbeispiele.

1. Kompilieren

Um den Quellcode des Programms in eine ausführbare Datei zu kompilieren, muss im Terminal auf Wurzelebene des Projektes der Befehl mvn clean install durchgeführt werden. Dadurch wird ein eventuell bestehender „target“-Ordner gelöscht und die benötigten Dateien inklusive der „.jar“ -Datei im Ordner „target“ hinterlegt. Diese muss im Anschluss in das Verzeichnis /run kopiert oder verschoben werden und zu „Programm.jar“ //TODO umbenannt werden. Damit ist das Programm kompiliert.

1. Programmausführung

//TODO

Um einzelne Testdateien zu verarbeiten, muss das Programm über die Kommandozeile (cmd) ausgeführt werden. Der Aufruf aus dem Wurzelverzeichnis des Projektes erfolgt über den Befehl:

java -jar ./run/Programm.jar <pfad/zur/inputdatei.txt>

1. Testausführung

Um alle in testfaelle/input vorliegenden Testdateien nacheinander zu verarbeiten, kann das Skript run/RunProgram.bat genutzt werden. Mittels Doppelklick auf die Datei im Windows Explorer startet die Ausführung.

Zum Öffnen des Ordners /run [hier klicken](../run).

Zum Testen von bestimmten weiteren, bereits im Verzeichnis testfaelle/input hinterlegten Beispielen muss das Programm wie in Absatz B.e beschrieben ausgeführt werden.

// TODO falls sehr lange dauert Hinweis

1. Entwicklerdokumentation
2. Verfügbare Klassen und Schnittstellen

Die Dokumentation der verfügbaren Klassen und Schnittstellen wurde mit Hilfe des Tools „javadoc“ aus dem Quellcode erzeugt und im mitgelieferten Archiv im Verzeichnis doc/javadoc abgelegt. Zur Einsicht muss die Datei doc/javadoc/index.html in einem Webbrowser geöffnet werden.

Zum Öffnen der index.html [hier klicken](javadoc/index.html).

1. Nutzungshinweise

Im Folgenden wird exemplarisch erklärt, wie das Programm angepasst und erweitert werden kann.

* **Strategien**

Die Strategien sind im Paket controller zu finden. Sollen die bisherigen Strategien //TODO durch weitere ergänzt werden, so geschieht das durch eine Änderung der Methode Programm:*laufeProgramm()*, in der die weiteren Strategien auf gleiche Art wie die bisherigen verwendet werden können. Diese weiteren Strategien müssen das Interface IStrategie implementieren.

* **Ein- und Ausgabe**

Die Funktionalität für Ein- und Ausgabe befindet sich im Paket io. Die Programmiererschnittstelle wird durch die Interfaces IReader fürs Lesen und IWriter für das Schreiben des Dateiinhaltes realisiert. Bisherige Implementierungen sind DateiReader, DateiWriter und ConsoleWriter. Die Erweiterung des Programms für andere Ein- und Ausgabeformate wird über eine weitere Implementierung dieser Interfaces realisiert.

**Wichtig: Die Implementierung von IWriter legt nur das Ausgabemedium, also zum Beispiel Datei oder Konsole fest. Die Konvertierung ins Ausgabeformat wird im Folgenden erklärt.**

* **Ausgabeformat**

Das Ausgabeformat wird durch die Methode IOConverter:*convertResultToOutput()* bestimmt. Soll dieses verändert werden oder weitere Formate ergänzt werden, muss das also in der Klasse IOConverter geschehen. Der Aufruf der Konvertierungsmethode geschieht im Programm.

* **Model**

Die Klassen für die in der Strategie benötigten Datenstrukturen wurden im Paket model abgelegt. Diese müssen für eigene Implementierungen von IStrategie, beziehungsweise IReader und IWriter importiert werden.

1. Fehlerbehandlung

Die Fehlerbehandlung beim Initialisieren des Programms ist im Falle von technischen Fehlern Aufgabe der Implementierung von IReader und im Falle von syntaktischen oder semantischen Fehlern von der Klasse IOConverter. Die Klassen werfen im Fehlerfall eine spezielle Exception: java.io.IOException bei klassischen Lese- und Schreibefehlern und ValidierungsException bei syntaktischen oder semantischen Fehlern. Die Klasse ValidierungsException erbt dabei von java.lang.RuntimeException, da es sich um Laufzeitfehler handelt. Sollte der Algorithmus zu keinem Ergebnis kommen, wirft die Implementierung von IStrategie eine Exception der Klasse AlgorithmusException, welche ebenfalls von java.lang.RuntimeException erbt.

Die Fehlermeldung, welche als String im ersten Parameter des Konstruktors in die Exception gegeben wird und über die Methode *getMessage()* ausgelesen werden kann, wird bei ValidierungsException und AlgorithmusException dann in die Konsole und die Ausgabedatei geschrieben, bei einer java.io.IOException nur in die Konsole. Diese Konvention muss von zusätzlichen Implementierungen des Interfaces IStrategie und bei einer Veränderung von der Klasse Programm // TODO beibehalten werden.

1. Entwicklungsumgebung

Programmiersprache : Java

Compiler : OpenJDK javac 16

Rechner : Dell Latitude 5500

Betriebssystem : Windows 11 Pro

1. Verwendete Hilfsmittel

* IntelliJ 2021.1

Entwicklungsumgebung für Java

<https://www.jetbrains.com/de-de/idea/>

* Maven 3.8.1

Projektmanagement-Tool

<https://maven.apache.org/download.cgi>

* Visual Paradigm Professional 16.3

UML-Tool

<https://www.visual-paradigm.com/>

* Microsoft Word

Texteditor

<https://www.microsoft.com/de-de/download/office.aspx>

1. Erklärung

Erklärung des Prüfungsteilnehmers:

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 Prüfprodukts als Prüfungsleistung ausschließt. // TODO Unterschrift

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ort, Datum Unterschrift des Prüfungsteilnehmers