

# Freie Universität Berlin

Bachelorarbeit am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin

Arbeitsgruppe Software Engineering

## Über den Sinn des Lebens

Finn Pauls

Matrikelnummer: 1234567

[finn@inf.fu-berlin.de](mailto:finn@inf.fu-berlin.de)

Betreuer: Matt Visor

Eingereicht bei: Prof. Dr. Mia Maus

Zweitgutachter: Prof. Dr. Bob Bär

Berlin, 10. September 2018

### Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere hiermit an Eides Statt, dass diese Arbeit von niemand anderem als meiner Person verfasst worden ist. Alle verwendeten Hilfsmittel wie Berichte, Bücher, Internetseiten oder ähnliches sind im Literaturverzeichnis angegeben, Zitate aus fremden Arbeiten sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

10. September 2018

Finn Pauls



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Zur Abschlussarbeit als solche . . . . .	1
1.2	Zu dieser L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X-Vorlage . . . . .	1
1.2.1	Optionen der Dokumentenklasse . . . . .	1
1.2.2	Befehl \thesisTitle . . . . .	2
1.2.3	Befehl \coverpage . . . . .	2
1.2.4	Verbesserungen der L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X-Vorlage . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Methods</b>	<b>3</b>
2.1	Image preprocessing . . . . .	4
2.2	Detection and recognition of rectangles . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Hauptteil</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>7</b>



# 1 Einführung

Das Einführungskapitel beinhaltet ein paar praktische Hinweise zum Schreiben der Abschlussarbeit, sowie eine Kurzdokumentation der bereitgestellten L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Klasse. Die restlichen Kapitel dienen lediglich zu Demonstrationszwecken.

## 1.1 Zur Abschlussarbeit als solche

Neben der jeweiligen Studien- und Prüfungsordnung, die die förmlichen Eigenschaften der Durchführung einer Abschlussarbeit regelt, sind folgende Quellen hilfreich:

- Studien- und Prüfungsordnungen der Informatikstudiengänge (<http://www.imp.fu-berlin.de/fbv/pruefungsbuero/Studien--und-Pruefungsordnungen/index.html>)
- ThesisRules (<http://www.inf.fu-berlin.de/w/SE/ThesisRules>):  
Beschreibung des praktischen Ablaufs einer Abschlussarbeit in der AG Software Engineering von A bis Z.
- „Technisches Schreiben“ ([http://www.mi.fu-berlin.de/wiki/pub/SE/SeminarRegeln/Technisches\\_Schreiben.pdf](http://www.mi.fu-berlin.de/wiki/pub/SE/SeminarRegeln/Technisches_Schreiben.pdf)):  
Ein von Lutz Prechelt verfasstes Dokument mit vielen praktischen Hinweisen zum Schreibeil (nicht nur) einer Abschlussarbeit.

## 1.2 Zu dieser L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Vorlage

### 1.2.1 Optionen der Dokumentenklasse

Die Dokumentenklasse `agse-thesis` unterstützt verschiedene Schriftarten:

```
% Standard LaTeX Schriftart
\documentclass[plain]{agse-thesis}

% Serifenschrift Palladino
\documentclass[serif]{agse-thesis}

% Serifenlose Schrift Paratype Sans
\documentclass[sans-serif]{agse-thesis}
```

Für kürzere Arbeiten, die mit Abschnitten (`\section`) als oberste Gliederungsebene auskommen, reicht die Standard-Option `article`. Die Buch-Option `book` bietet darüber hinaus noch Kapitel (`\chapter`) an.

```
% Standard fuer kuerzere Arbeiten
\documentclass[article]{agse-thesis}

% Buch-Variante fuer umfangreiche Arbeiten mit vielen
% Gliederungselementen
\documentclass[book]{agse-thesis}
```

## 1. Einführung

Ob zwischen den Absätzen im Text Abstände angezeigt werden sollen, oder ob stattdessen die erste Zeile eines Absatzes eingerückt werden soll, kann mit `parskip` bzw. `noparskip` eingestellt werden.

```
% Absaetze deutlich trennen
\documentclass[parskip]{agse-thesis}

% Absaetze nah bei einander, erste Zeile eingerueckt
\documentclass[noparskip]{agse-thesis}
```

Die Werte der drei o.g. Optionen können beliebig kombiniert werden:

```
% Einstellung des Beispieldokuments
\documentclass[serif,article,noparskip]{agse-thesis}
```

### 1.2.2 Befehl `\thesisTitle`

Der Titel der Arbeit wird sowohl auf der Titelseite (siehe 1.2.3) als auch für die PDF-Metainformationen benötigt. Gesetzt wird der Titel durch das Definieren von `\thesisTitle`.

Für die Titelseite können manuell mit `\par` Zeilenumbrüche eingefügt werden um das Textbild zu verbessern (nicht hingegen mit `\\`). Sollte von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht werden, muss der Titel für die PDF-Metainformationen manuell gesetzt werden (`\hypersetup{pdftitle={...}}`).

### 1.2.3 Befehl `\coverpage`

Die Titelseite der Abschlussarbeit wird mit dem `\coverpage`-Befehl erzeugt. Dessen Ausgabe wird über eine Reihe von Schlüssel-Wert-Paaren konfiguriert (siehe Tabelle 1). Das einzige Argument des Kommandos ist der Abstract der Arbeit. Ein minimaler Aufruf könnte so aussehen:

```
\coverpage[
  student/id=1234567,
  student/mail=email@inf.fu-berlin.de,
  thesis/type=Masterarbeit,
  thesis/examiner={Prof. Dr. Mia Maus}
]
{
  Prokrastination ist ein gut verstandenes Verhalten,
  das auch vor Abschlussarbeitern mit Informatik-Hintergrund
  nicht halt macht.
  % ...
}
```

### 1.2.4 Verbesserungen der $\text{\LaTeX}$ -Vorlage

Diese  $\text{\LaTeX}$ -Vorlage soll den Einstieg in das Setzen der Abschlussarbeit erleichtern. Die Vorlage selbst wird in einem öffentlichen Git-Repository in der GitLab-Instanz des



Schlüssel	Funktion	Default-Wert
student/id	Matrikel-Nummer	–
student/mail	E-Mail-Adresse	–
thesis/type	Art der Abschlussarbeit	„Bachelorarbeit“
thesis/group	Arbeitsgruppe in der die Arbeit geschrieben wurde	„Arbeitsgruppe Software Engineering“
thesis/advisor	<i>optional</i> : Betreuer der Abschlussarbeit	–
thesis/examiner	Erstgutachter der Arbeit	–
thesis/examiner/2	<i>optional</i> : Zweitgutachter der Arbeit	–
thesis/date	<i>optional</i> : Datum der Abgabe	aktuelles Datum
title/size	<i>optional</i> : L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X-Schriftgröße für den Titel (z. B. \LARGE)	wird automatisch gesetzt
abstract/separate	<i>optional</i> : Schlüssel ohne Wert; falls gesetzt, wird der Abstract auf eine eigene Seite gesetzt und die Titelseite ist „luftiger“	–

Tabelle 1: Schlüssel-Wert-Konfiguration des \coverpage-Kommandos.

Fachbereiches verwaltet, welches gerne als Grundlage für die eigene Ausarbeitung geklont werden darf:

```
git clone https://git.imp.fu-berlin.de/agse/thesis-template
```

Änderungsvorschläge in Form von Merge-Requests sind jederzeit willkommen.

## 2 Methods

The input to the detection algorithm is an RGB image of a Mondrian painting. The expected output is a list of rectangles with their position, sizes and color as they are conceptionally seen in the painting. All rectangles combined are expected to exactly cover the area of the input image in a way that the original could be dissected into this set of rectangles.

The algorithm itself can be separated into two different phases: Image preprocessing and the recognition of rectangles.

The goal of the first preprocessing phase is to get a binary image (an image with only black and white pixels) in which the black represent the lines of the painting while the white represents the inner area of the rectangles.

The second phase then takes this binary image and returns a list of found rectangles. Additionally, for recognizing the colors of the rectangles the original input image is used.

### 2.1 Image preprocessing

At first, the input image is transformed with a Gaussian blur to reduce artifacts that the input images might include.

Next, the RGB input image is decomposed into a greyscale image by always using the maximum value of the RGB triplet for each pixel.

To normalize the greyscale image and increase the contrast of the darker regions, we now apply histogram equalization. Since global equalization did not work well for all images, we instead used Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) from OpenCV. In contrast to ordinary adaptive histogram equalization algorithms, this prevents the overamplification of noise. Better explain Global harmonization -> Adaptive harmonization -> CLAHE

After the normalization is applied, we now further brighten colorful areas of the image to make them further stand out against the black areas of the paintings. This way, for example, darker blue areas can be better distinguished from black areas. Since the difference between the maximum and the minimum value of the RGB triplet is related to the colorfulness of a color, we calculate it for every pixel of the input image. The resulting mask from this calculation is added to the contrast-normalized image.

Now the image is converted into a binary image using an arbitrary threshold for the greyscale values. This value of the threshold can be configured. Through test runs a value of 110 for a greyscale range of 0 to 255 showed to give the reasonable results.

Since the thresholding step might also turn a few areas white that a human would recognize as part of a black line an erosion is applied now. Erosion is an image morphology that increases the size of black areas in an image using a binary matrix called the *structuring element*. The center of this matrix is aligned with each input pixel with the value 0 (black). Then the shape of the matrix is removed from the input image. In our case, the structuring element is a  $N \times N$  filled matrix. Using the erosion possible considered accidental interruptions in the lines can be restored. However choosing a structuring element that is too big, might result into loss of information. Therefore the size  $N$  of the erosion kernel needs to be chosen carefully.

The resulting image now separates the darker parts of the image fairly well. However, we are only interested in black lines but Mondrian paintings also include filled black rectangles. To remove these black rectangles we create a mask that applies a dilation with a comparatively large structuring element on the image. A dilation is the opposite of an erosion, increasing the size of white areas. The size of the structuring element is chosen in a way that most of the lines in the paintings are removed, ideally only leaving inner subsections of black rectangles. The resulting mask is then removed from the image of the last step. Hence only the outlines of the black rectangles remain.

### 2.2 Detection and recognition of rectangles

Since the rectangles in the image are defined through the horizontal and vertical lines in the image, the detection starts by finding all of those lines in the output binary image from the previous phase.

To find horizontal lines the image is scanned line by line for each pixel. Uninterrupted sequences of black pixels are added to a list of horizontal lines. Only sequences

with a specified minimum length are added. The minimum length should ideally be slightly larger than the maximum width of the lines in the image. Vertical lines are recognized respectively.

However, this means that what we perceive as one horizontal line in the painting is now recognized as multiple lines next to each other. For example, a line that is 50 pixels wide would be recognized as 50 lines. Therefore parallel lines close to each other are merged into a single line. As long as parallel lines are within a certain distance from each other they are merged into one line. For horizontal lines, the resulting line will have the average  $y$  value of all those lines and the minimum and maximum  $x$  values as starting and end points.

From our idealistic view on Mondrian paintings, the ends of lines always touch another line or the edge of the painting. But the lines that we reduced now might overlap slightly or not even connect to the next line.

We therefore iterate over all the ends of the lines, determine the closest line to these point and change the position of this end to the closest line. For the purpose of this algorithm, the edges of the image are considered to be lines as well.

All lines should now represent the structure of the painting. What we want as our output though is a list of rectangles. Every rectangle in the image can be defined through a set of four different corners: top-left, top-right, bottom-left and bottom-right. These corners are always intersections of two lines, either crossing or touching. We determine the corners and their types by iterating through the lines.

After this four different corners are combined into a rectangle by finding matching corners. This is done by iterating through the top-left corners  $(x, y)$  and finding the closest top-right corner to the right  $(x_r, y_r)$  and the closest bottom-left corner below  $(x_b, y_b)$ . The rectangle is then defined by the position of the top-left corner and its width and height:  $(x, y, x_r - x, y_b - y)$

Now that we have a list of rectangles, we determine the colors of the rectangles. For this purpose, we clip the rectangle from the original image and determine the average color. This color is then compared to black, white, red, blue and yellow. The colors that we expect in an idealistic Mondrian painting.

### 3 Hauptteil

Der folgende Programmcode ist nicht repräsentativ für das Ergebnis einer erfolgreichen Abschlussarbeit.

```
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello World");
    }
}
```

### 4 Zusammenfassung

...

## **Literaturverzeichnis**

## A Anhang

Quellcode der L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Klasse agse-thesis:<sup>1</sup>

```

\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}
\ProvidesClass{agse-thesis}[2017/05/23 v0.1 AGSE Thesis]

%%% Read options
5 % Language: Default is German
\newcommand{\lang}{ngerman}
\DeclareOption{de}{\renewcommand{\lang}{ngerman}}
\DeclareOption{en}{\renewcommand{\lang}{english}}

10 % Font family: Default is LaTeX's lmodern
\newcommand{\fonttype}{plain}
\DeclareOption{serif}{\renewcommand{\fonttype}{serif}}
\DeclareOption{plain}{\renewcommand{\fonttype}{plain}}
\DeclareOption{sans-serif}{\renewcommand{\fonttype}{sans-serif}}

15 % Document type: Default is article (twosided)
\newcommand{\baseClass}{article}
\DeclareOption{article}{%
  \renewcommand{\baseClass}{article}
20 \PassOptionsToClass{twoside}{article}
}
\DeclareOption{book}{\renewcommand{\baseClass}{book}}

\newcommand{\useparskip}{no}
25 \DeclareOption{parskip}{\renewcommand{\useparskip}{yes}}
\DeclareOption{noparskip}{\renewcommand{\useparskip}{no}}

\DeclareOption*{\PassOptionsToClass{\CurrentOption}{\baseClass}}
\ProcessOptions\relax
30 \LoadClass[11pt,a4paper]{\baseClass}

% Load required language
\RequirePackage[\lang]{babel}

35 % Load required font
\RequirePackage{xifthen}
\ifthenelse{\equal{\fonttype}{plain}}{
  \RequirePackage{lmodern}
}{
}
40 \ifthenelse{\equal{\fonttype}{serif}}{
  \RequirePackage[sc]{mathpazo}
  \linespread{1.05} % Palladio needs more leading (space between
    lines)
}{
}
\ifthenelse{\equal{\fonttype}{sans-serif}}{
45 \RequirePackage{paratype}
  \renewcommand*{\familydefault}{\sfdefault}
}{
}
\RequirePackage[T1]{fontenc}

```

<sup>1</sup>Es ist nicht üblich, den gesamten produzierten Quellcode bei einer Abschlussarbeit in Textform abzugeben.

```

50 % Allow unicode in input files
   \RequirePackage[utf8]{inputenc}

   % Set layout
   \RequirePackage[
55     inner=3.4cm,
       outer=3cm,
       top=3cm,
       marginparwidth=2.5cm,
       marginparsep=0.1cm
60 ]{geometry}

   \ifthenelse{\equal{\useparskip}{yes}}{
       \RequirePackage{parskip}
   }{}

65 % Header and Footer Style
   \RequirePackage{fancyhdr}
   \pagestyle{fancy}
   \fancyhead{}
70 \fancyhead[OR]{\slshape\nouppercase{\rightmark}}
   \fancyhead[EL]{\slshape\nouppercase{\leftmark}}
   \fancyfoot{}
   \fancyfoot[C]{\thepage}
   \renewcommand{\headrulewidth}{0pt}

75 % Display Chapter and Section for book class
   \ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{
       \renewcommand{\chaptermark}[1]{\markboth{%
           \chaptername\ \thechapter.\ #1}{\chaptername\ \thechapter.\
           #1}}
80 }{%
   % Display Section and Subsection for article class
       \renewcommand{\sectionmark}[1]{\markboth{%
           \thesection.\ #1}{\thesection.\ #1}}
       }

85 % PDF settings
   \usepackage[%
       pdfstartview=FitH,
       linktocpage,
90 % two lines below = color links
       colorlinks=true,
       citecolor=blue!20!black!30!green,
       % two lines below = don't color links
       %colorlinks=false,
95 %pdfborder={0 0 0},
   ]{hyperref}

   % Tables
   \usepackage{tabularx}
100 \newcolumntype{L}[1]{>{\raggedright\arraybackslash}p{#1}}

   % Misc
   \RequirePackage{fancyref}
   \RequirePackage{url}
105 \RequirePackage{makeidx}

```

```

\RequirePackage[pdftex]{graphicx}

%% BibTeX
110 \RequirePackage[numbers,sort&compress]{natbib}
\RequirePackage[nottoc]{tocbibind}
\bibliographystyle{plain}

% Java Code Listing Style
115 \RequirePackage{xcolor}
\RequirePackage{listings}
\definecolor{darkblue}{rgb}{0,0,.6}
\definecolor{darkgreen}{rgb}{0,0.5,0}
\definecolor{darkred}{rgb}{0.5,0,0}
120 \lstset{%
    language=Java,
    basicstyle=\ttfamily\small\upshape,
    commentstyle=\color{darkgreen}\sffamily,
    keywordstyle=\color{darkblue}\rmfamily\bfseries,
125    breaklines=true,
    tabsize=2,
    xleftmargin=3mm,
    xrightmargin=3mm,
    numbers=none,
130    frame=single,
    stringstyle=\color{darkred},
    showstringspaces=false
}

135 % Custom commands
\newcommand\zb{z.\,B.\ }
\renewcommand\dh{d.\,h.\ }
\newcommand{\mailto}[1]{\href{mailto:#1}{#1}}

140 \RequirePackage{pgfkeys}
\pgfkeys{
    student/id/.estore in = \studentID,
    student/mail/.estore in = \coverpageMail,
    thesis/type/.estore in = \thesisType,
145    thesis/type = Bachelorarbeit,
    thesis/date/.estore in = \thesisDate,
    thesis/date = \today,
    thesis/advisor/.estore in = \advisor,
    thesis/examiner/.estore in = \firstExaminer,
150    thesis/examiner/2/.estore in = \secondExaminer,
    thesis/group/.estore in = \groupName,
    thesis/group = {Arbeitsgruppe Software Engineering},
    title/size/.store in = \titleFontSize,
    abstract/separate/.estore in = \separateAbstract,
155 }

% Define abstract environment for book class
\ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{%
    {\newenvironment{abstract}%
160     {\begin{center}\textbf{\small\abstractname}\end{center}\
        quotation\small}%
        {\endquotation}%

```

```

    }{}

% (Re)define frontmatter and mainmatter
165 \ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{
    \let\frontmatterOrig\frontmatter
    \renewcommand{\frontmatter}{
        \frontmatterOrig
        \pagestyle{plain}
170    }
    \let\mainmatterOrig\mainmatter
    \renewcommand{\mainmatter}{
        \mainmatterOrig
        \pagestyle{fancy}
175    \setcounter{page}{1}
    }
}{}
    \newcommand{\frontmatter}{
        \pagestyle{plain}
180    \pagenumbering{roman}
    \setcounter{page}{1}
    }
    \newcommand{\mainmatter}{
        \pagestyle{fancy}
185    \pagenumbering{arabic}
    \setcounter{page}{1}
    }
}

190 \RequirePackage{xstring}
\RequirePackage{etoolbox}
\newcommand{\coverpage}[2][]{
    \pgfkeys{#1}
    \pagestyle{empty}
195
    \ifcsdef{separateAbstract}{\mbox{} \vspace{15mm}}{\mbox{}}

    \begin{center}
        \LARGE
200    \textbf{Freie Universität Berlin}

        \vspace{4mm}

        \normalsize
205    \thesisType{} am Institut für Informatik der Freien Universitä
        t Berlin

        \vspace{2mm}

        \groupName
210
        \ifcsdef{separateAbstract}{\vspace{25mm}}{\vspace{13mm}}

        \ifcsdef{titleFontSize}{}{%
            \StrLen{\thesisTitle}[\titleLength]
215    \ifthenelse{\titleLength > 100}{%
                \let\titleFontSize\LARGE
            }{%

```



```

        \let\titleFontSize\huge
    }
220 }
    \titleFontSize\thesisTitle

    \ifcsdef{separateAbstract}{\vfill}{\vspace{13mm}}

225 \Large
    \studentName \\\
    \normalsize
    Matrikelnummer: \studentID\\
    \mailto{\coverpageMail}

230 \vspace{4mm}

    \begin{tabular}{rl}
        \ifcsdef{advisor}{Betreuer: & \advisor\\}{\}
235 Eingereicht bei: & \firstExaminer \\\
        \ifcsdef{secondExaminer}{Zweitgutachter: & \secondExaminer
            \\\}{\}
    \end{tabular}

    \vspace{4mm}

240 Berlin, \thesisDate
\end{center}

    \ifcsdef{separateAbstract}{\cleardoublepage\frontmatter}{\vfill}
245 \begin{abstract}
    #2
    \end{abstract}
    \cleardoublepage
    \ifcsdef{separateAbstract}{\}{\frontmatter}
250 }

```