

Untersuchung der Lernfähigkeit verschiedener Verfahren am Beispiel von Computerspielen

**Abschlussarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)**

5

Thilo Stegemann
s0539757
Angewandte Informatik

22. Dezember 2016



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

Erstprüfer: Prof. Dr. Burkhard Messer
Zweitprüferin: Prof. Dr. Adrianna Alexander

10

Inhaltsverzeichnis

	Projektvision	1
	0.1 Nutzen/Zweck des Projektes	2
15	0.2 Zielgruppe	2
	1 Grundlagen	3
	1.1 Spielentwicklung	3
	1.2 Lineare Algebra	3
	1.3 Heuristik	3
20	1.4 Lernfähige Algorithmen	3
	2 Problemanalyse und Anforderungsdefinition	4
	2.1 Problemanalyse	4
	2.1.1 Die Problematik	4
	2.1.2 Bereits existierende Softwarelösungen	4
25	2.1.3 Gegenstandsbereich des Projektes abgrenzen	4
	2.1.4 Abgrenzung gegenüber der künstlichen Intelligenz	4
	2.2 Anforderungsdefinition	4
	2.2.1 Funktionale Anforderungen	5
	2.2.2 Nicht-funktionale Anforderungen	5
30	3 Modellierung und Entwurf	6
	3.1 Computerspiele	6
	3.1.1 Tic Tac Toe	6
	3.1.2 Vier Gewinnt	8
	3.1.3 Black Jack	10
35	3.2 Lernverfahren	11
	3.2.1 Analyse und Auswahl der lernfähigen Algorithmen	11
	3.2.2 Anwendung der Algorithmen auf Computerspiele	11
	3.2.3 Konzeptuelles Training der Algorithmen	11
	3.2.4 Persistenz der Trainingsdaten	11
40	4 Implementierung	12
	4.1 Computerspiele	12
	4.2 Lernverfahren	12
	4.3 Alternative Lernverfahren	12

5	Validierung	13	
5.1	Messbare Testkriterien	13	45
5.2	Modultests	13	
5.2.1	TicTacToe	13	
5.2.2	Reversi	13	
5.2.3	Lernverfahren 1	13	
5.2.4	Lernverfahren 2	13	50
5.2.5	Persistenz	13	
5.3	Systemtest	13	
6	Auswertung	14	
6.1	Belastbarkeit und Grenzen der Lernverfahren	14	
6.2	Optimale Anwendungsspiele für die Lernverfahren	14	55
6.3	Gegenüberstellung der Lernverfahren	14	
6.4	Bewertung der Strategien	14	
6.5	Menschlicher oder mechanischer Trainer?	14	
7	Text elements	15	
7.1	Math	15	60
7.2	References	16	
7.3	Units	16	
7.4	Figures	16	
A	I am an appendix!	20	
A.1	Section in appendix!	20	65
B	Another appendix? What the heck?	22	
B.1	Section in appendix!	22	

Projektvision

Motivation

70 Sind Sie ein (angehender) Softwareentwickler und programmieren aktuell ein Computerspiel, welches lernfähige Verfahren unterstützen soll? Benötigen Sie innerhalb einer beliebigen Anwendung einen lernfähigen Algorithmus und Sie kennen die Schwächen, Stärken, Grenzen und Anwendungsgebiete der Lernverfahren nicht?

75 Haben Sie sich auch schon mal eine der nachfolgenden Fragen gestellt oder interessieren Sie diese Fragen generell?

Wie lernt ein Programm Strategien? Was sind die elementaren Schritte die ein Programm während des Lernprozesses durchläuft? Wie anwendbar und leistungsfähig sind die Lernverfahren hinsichtlich verschiedener Spielgrundlagen? In wie fern wird ein Lernverfahren von einem Computerspiel angereizt? Wenn zwei unterschiedliche Lernverfahren untersucht und verglichen werden, welches Lernverfahren ist dann effizienter, schneller oder besser?

85 Diese wissenschaftliche Arbeit könnte dann sehr interessant für Sie sein. Innerhalb dieser Arbeit werden bestimmte Lernverfahren, am Beispiel verschiedener Computerspiele, auf Ihre Funktionsweise, Schwächen, Stärken und Grenzen untersucht, implementiert, und getestet.

Vorläufige Zielsetzung

90 Das Ziel der Arbeit ist die Untersuchung des Lernverhaltens, der Grenzen, der Schwächen und der Stärken verschiedener Lernverfahren am Beispiel von mindestens zwei eigens implementierten Computerspielen. Die Lernverfahren sollen trainiert werden und dadurch mehr oder weniger eigenständige Siegesstrategien und Spielzugmuster entwickeln. Die Lernverfahren könnten sich gegenseitig trainieren oder sie trainieren indem sie gegen einen Menschen spielen. Der Fokus der wissenschaftlichen Arbeit liegt hierbei auf der Untersuchung der verschiedenen Lernverfahren und nicht auf der Implementierung besonders komplexer Computerspiele, daher sollen nur sehr simple Computerspiele implementiert werden. Ein vollständi-

diges Dame Spiel wird zum Beispiel nicht implementiert, aber eine absichtlich verkleinerte Dame Variante mit veränderten Spielregeln, für ein schnelleres Spielende, wäre durchaus möglich. Zudem wären auch ein vier mal vier Tic-Tac-Toe ein Vier Gewinnt oder ein Black Jack Computerspiel ¹⁰⁰

0.1 Nutzen/Zweck des Projektes

0.2 Zielgruppe

Grundlagen

In diesem Kapitel: //TODO schreiben der Einführung

1.1 Spielentwicklung

1.2 Lineare Algebra

1.3 Heuristik

1.4 Lernfähige Algorithmen

Problemanalyse und Anforderungsdefinition

In diesem Kapitel: //TODO Einführung in das Kapitel

115

2.1 Problemanalyse

2.1.1 Die Problematik

2.1.2 Bereits existierende Softwarelösungen

2.1.3 Gegenstandsbereich des Projektes abgrenzen

2.1.4 Abgrenzung gegenüber der künstlichen Intelligenz

120

2.2 Anforderungsdefinition

Innerhalb dieses Abschnittes werden die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen für die Software definiert. Die funktionalen Anforderungen sollen das Verhalten der Software festlegen, sprich welche Aktionen die Software ausführen kann. In verschiedenen Softwareprojekten können sich die funktionale Anforderungen stark voneinander unterscheiden, dahingegen sind nicht-funktionale Anforderungen in verschiedenen Softwareprojekten oftmals sehr ähnlich.

125

Nichtfunktionale Anforderungen beschreiben wie gut eine Software seine Leistung erbringen soll. Die funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen sollen Muss- und Soll-Kriterien beinhalten. Muss-Kriterien beschreiben die Kernfunktionalitäten der Software und ohne diese ist eine Problemstellung nicht zufriedenstellend zu lösen. Soll-Kriterien beschreiben nicht die Kernfunktionalitäten, jedoch können sie die Kernfunktionalitäten erweitern und nützliche Zusatzfunktionalitäten definieren.

130

135 **2.2.1 Funktionale Anforderungen**

Nummer	Titel	Beschreibung
--------	-------	--------------

2.2.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Modellierung und Entwurf

In diesem Kapitel: //TODO Einführung in das Kapitel

140

3.1 Computerspiele

3.1.1 Tic Tac Toe

Das klassische Tic Tac Toe ist ein Spiel, welches mit genau zwei Spielern gespielt wird. Jeder dieser Spieler zeichnet abwechselnd entweder ein Kreuz oder einen Kreis in eine Matrix auf ein Blatt Papier. Während eines gesamten Spiels darf ein Spieler nur Kreuze zeichnen und der andere Spieler nur Kreise. Das Spielfeld ist eine drei mal drei große Matrix, also können maximal neun Symbole in diese Matrix eingetragen werden. Um die Anzahl der möglichen Spielzüge zu erhöhen wird das Spielfeld des klassischen Tic Tac Toe auf eine vier mal vier Matrix erweitert.

145

Spielregeln

150

Ziel des Spiels ist es vier Kreuze oder vier Kreise in einer bestimmten Position anzuordnen. Im nachfolgenden wird davon ausgegangen, dass der menschliche Spieler Kreuze verwendet und der Computergegner Kreise. Die Kreise und Kreuze sind Spielfiguren, welche den jeweiligen Spieler repräsentieren. Der menschliche Spieler hat zusätzlich, in den Nachfolgenden Siegesszenarien, das Anrecht auf den ersten Zug. Es existieren drei unterschiedliche Anordnungen von Spielfiguren, die das Spiel beenden und einen Sieg herbeiführen. Gewinnt ein Spieler mit einer Siegesanordnung seiner Spielfiguren, dann verliert der andere Spieler dadurch automatisch.

155

160

Eine horizontale Siegesanordnung entsteht, wenn vier Spielfiguren eines Spielers in einer horizontalen Reihe, veranschaulicht in Abbildung 3.1, angeordnet sind. In jeder Reihe des Spielbretts ist ein horizontaler Sieg möglich.

In Abbildung 3.2 gewinnt der menschliche Spieler knapp gegen den Computergegner mit einer ununterbrochenen vertikalen Reihe. Der Computergegner hätte

165

X	X	X	X
	O		
		O	
			O

Abbildung 3.1 Horizontale Siegesanordnung der 'X' Spielfiguren beim Tic Tac Toe.

fast eine diagonale Reihe aus Kreisen verbunden, die jedoch von dem menschlichen Spieler mit einer Spielfigur geblockt wurde. Zudem hätte der Computergegner auch fast eine vertikale Reihe ohne Unterbrechungen vervollständigt.

O	X		
	X	O	X
	X	O	X
	X	O	O

Abbildung 3.2 Vertikale Siegesanordnung der 'X' Spielfiguren beim Tic Tac Toe.

Die dritte und letzte Anordnungsvariante der Spielfiguren, welche zu einem Sieg eines Spielers führt, ist die diagonale Verbindung von vier Spielfiguren eines Spielers. In 170 Abbildung 3.3 gewinnt der Computergegner mit einer diagonalen Anordnung von vier Spielfiguren ohne Unterbrechung einer gegnerischen Spielfigur.

Insgesamt existieren vier vertikale, vier horizontale und zwei diagonale Anordnungen der Spielfiguren, welche einen Sieg herbeiführen würden, also zehn 175 verschiedene Siegesanordnungen. Was passiert jedoch, wenn keine der zehn möglichen Siegesanordnungen auftritt?

X		X	O
	X	O	
	O	X	
O		X	O

Abbildung 3.3 Diagonale Siegesanordnung der 'O' Spielfiguren beim Tic Tac Toe.

Dann gewinnt bzw. verliert keiner der beiden Spieler und es entsteht ein Unentschieden. Sind die beiden Kontrahenten gleich gut, erfahren oder verwenden die selben Strategien, dann tritt ein Unentschieden möglicherweise öfter oder andauernd ein.

180

Benutzerschnittstellen

Der Benutzer kann seine Kreuze auf das Spielbrett setzen indem er ein vorher vom Spiel definiertes Zahlentupel über die Tastatur eingibt. Welche Zahlentupel ein Kreuz an welche Stelle setzt ist in Abbildung 3.4 definiert. Sollte der menschliche Spieler keines der erlaubten Zahlentupel eingeben, dann wird er darauf hingewiesen, welche Steuerungsmöglichkeiten zum setzen der Spielfiguren ihm zur Verfügung stehen.

185

Zusammenfassung in Anforderungen

190

Analyse möglicher Siegesstrategien

3.1.2 Vier Gewinnt

Spielprinzipien

195

Tabelle 3.1 Anforderungen für das Tic Tac Toe Computerspiel

Anforderung	Beschreibung
Spielfeld	Das Spielfeld soll eine Matrix mit vier Zeilen und vier Spalten, also eine vier mal vier Matrix, sein.
Spielzug	Jeder Spieler soll nacheinander eine Spielfigur in die vier mal vier Matrix setzen.
Sieg und Niederlage	Der Spieler der zuerst eine der möglichen Siegesanordnungen vervollständigt soll das Spiel gewinnen und der andere Spieler soll somit automatisch verlieren.
Siegesanordnungen	Es sollen drei verschiedene Siegesanordnungen möglich sein. Die horizontale, die vertikale und die diagonale Siegesanordnung.
Horizontale Siegesanordnung	Vier Spielsteine eines Spielers befinden sich in genau einer Zeile der vier mal vier Matrix. Beispiel siehe Abbildung 3.1.
Vertikale Siegesanordnung	Vier Spielsteine eines Spielers befinden sich in genau einer Spalte der vier mal vier Matrix. Beispiel siehe Abbildung 3.2.
Diagonale Siegesanordnung	Vier Spielsteine eines Spielers befinden sich in einer Diagonalen der vier mal vier Matrix. Beispiel siehe Abbildung 3.3.
Unentschieden	Sind alle Felder der vier mal vier Matrix mit Spielfiguren belegt und keine der möglichen Siegesanordnungen der Spielfiguren ist aufgetreten, dann soll keiner der beiden Spieler gewinnen bzw. verlieren und ein Unentschieden tritt ein.
Steuerung	Die Spieler sollen ihre Spielfiguren mit der Tasteingabe der Indizes der vier mal vier Matrix setzen. Das Zahlentupel '00' soll die Spielfigur des Spielers in die obere linke Ecke der Matrix setzen und das Zahlentupel '33' setzt die Spielfigur in die untere rechte Ecke der Matrix. Die gesamten Matrix Indizes, zum setzen der Spielfiguren, sind in Abbildung 3.4 definiert.

00	01	02	03
10	11	12	13
20	21	22	23
30	31	32	33

Abbildung 3.4 Steuerung des Setzen der Spielfiguren auf dem Tic Tac Toe Spielbrett.

Spielregeln

Benutzerschnittstellen

3.1.3 Black Jack

200

Spielprinzipien

Spielregeln

Benutzerschnittstellen

205

3.2 Lernverfahren

3.2.1 Analyse und Auswahl der lernfähigen Algorithmen

3.2.2 Anwendung der Algorithmen auf Computerspiele

210 3.2.3 Konzeptuelles Training der Algorithmen

3.2.4 Persistenz der Trainingsdaten

Kapitel 4

Implementierung

In diesem Kapitel: //TODO Einführung in das Kapitel

4.1 Computerspiele

215

4.2 Lernverfahren

4.3 Alternative Lernverfahren

Validierung

220 In diesem Kapitel: //TODO Einführung in das Kapitel

5.1 Messbare Testkriterien

5.2 Modultests

5.2.1 TicTacToe

5.2.2 Reversi

225 5.2.3 Lernverfahren 1

Empirisches Protokoll

5.2.4 Lernverfahren 2

Empirisches Protokoll

5.2.5 Persistenz

230 5.3 Systemtest

Auswertung

In diesem Kapitel: //TODO Einführung in das Kapitel

6.1 Belastbarkeit und Grenzen der Lernverfahren

6.2 Optimale Anwendungsspiele für die Lernverfahren

235

6.3 Gegenüberstellung der Lernverfahren

6.4 Bewertung der Strategien

6.5 Menschlicher oder mechanischer Trainer?

Text elements

In this chapter, some textual elements are shown, like figures, tables, lists, equations, etc. Also, bananas. At this point, to try it out, I will cite [a] different articles [a; b; c], as can be read in Ref. [b].

7.1 Math

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradise-matic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

$$g(\varepsilon) = \frac{N}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left[-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right] \exp\left\{-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (7.1)$$

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradise-matic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

$$\sum_{n=a}^b x_n = \int_0^{2\pi} r \cdot \cos(\theta) d\theta \quad (7.2)$$

7.2 References

The `cleveref` package is extremely useful to simplify references. In Section 7.3 occurs the Figure 7.1 and the Equation (7.1)?

7.3 Units

Let us try out *siunitx*:

12 345.678 90

$1 \pm 2i$

0.3×10^{45}

$1.654 \times 2.34 \times 3.430$

kg m s^{-1}

kg m s^{-1}

kg m/s

kg m/(A s)

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

7.4 Figures

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the

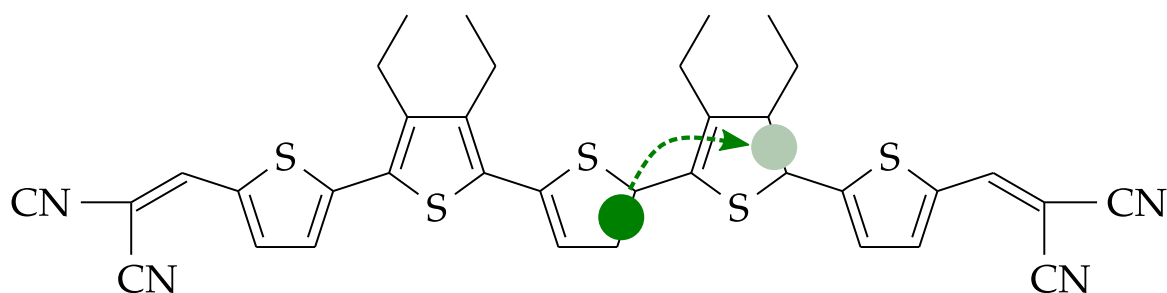


Abbildung 7.1 I am a caption with $a = b$ math!

all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

285 Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the
290 all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar.

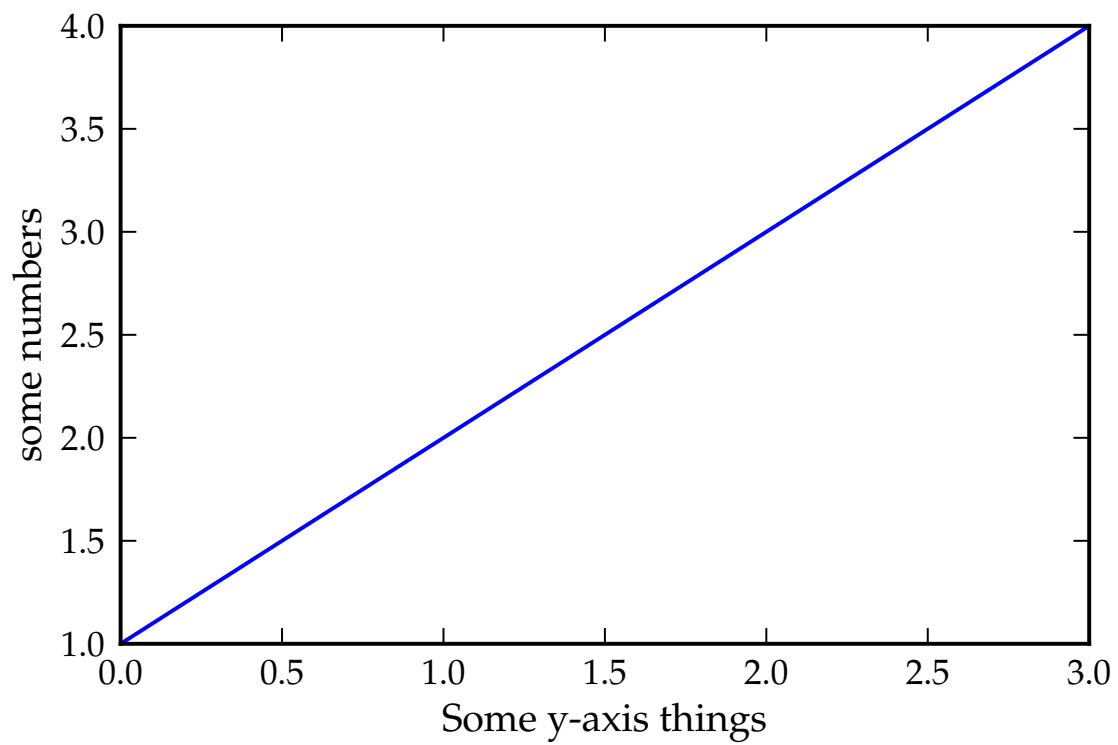


Abbildung 7.2 I am a much longer caption. This is because my father used to eat a lot of spinage and became rather tall and my mother was a giant. Also, there is $\sum_{n=a}^b a_n$ math.

Literatur

- [Alp08] Ethem Alpaydm. *Maschinelles Lernen*. 1. Aufl. Oldenbourg, 2008.
- [Bei14] Christoph Beierle. *Methoden wissensbasierter Systeme: Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen*. 5. Aufl. Springer, 2014.
- [Ert16] Wolfgang Ertel. *Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine prakmatische Einführung*. 4. Aufl. Springer, 2016.
- [Har12] Peter Harrington. *Machine Learning: IN ACTION*. 1. Aufl. Manning, 2012.
- [Lö93] Jan Löschner. *Künstliche Intelligenz: Ein Handwörterbuch für Ingenieure*. 1. Aufl. VDI, 1993.
- [Ras16] Sebastian Raschka. *Machine Learning mit Python*. 1. Aufl. MIT Press, 2016.
- [Rus12] Stuart J. Russell. *Künstliche Intelligenz: Ein moderner Ansatz*. 3. Aufl. Pearson, 2012.

I am an appendix!

305

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar. The Big Oxmox advised her not to do so, because there were thousands of bad Commas, wild Question Marks and devious Semikoli, but the Little Blind Text didn't listen. She packed her seven versalia, put her initial into the belt and made herself on the way. When she reached the first hills of the Italic Mountains, she had a last view back on the skyline of her hometown Bookmarksgrove, the headline of Alphabet Village and the subline of her own road, the Line Lane. Pityful a rethoric question ran over her cheek, then

310

315

A.1 Section in appendix!

320

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar. The Big Oxmox advised her not to do so, because there were thousands of bad Commas, wild Question Marks and devious Semikoli, but the Little Blind Text didn't listen. She packed her seven versalia, put her initial into the belt and made herself on the way. When she reached the first hills of the Italic Mountains, she had a last view back on the skyline of her

325

330

Anhang A: I am an appendix!

hometown Bookmarksgrove, the headline of Alphabet Village and the subline of her own road, the Line Lane. Pityful a rethoric question ran over her cheek, then

Another appendix? What the heck?

B.1 Section in appendix!

Far far away, behind the word mountains, far from the countries Vokalia and Consonantia, there live the blind texts. Separated they live in Bookmarksgrove right at the coast of the Semantics, a large language ocean. A small river named Duden flows by their place and supplies it with the necessary regelialia. It is a paradisiatic country, in which roasted parts of sentences fly into your mouth. Even the all-powerful Pointing has no control about the blind texts it is an almost unorthographic life One day however a small line of blind text by the name of Lorem Ipsum decided to leave for the far World of Grammar. The Big Oxmox advised her not to do so, because there were thousands of bad Commas, wild Question Marks and devious Semikoli, but the Little Blind Text didn't listen. She packed her seven versalia, put her initial into the belt and made herself on the way. When she reached the first hills of the Italic Mountains, she had a last view back on the skyline of her hometown Bookmarksgrove, the headline of Alphabet Village and the subline of her own road, the Line Lane. Pityful a rethoric question ran over her cheek, then

Acknowledgements

Acknowledgements go to the back!