



Technische Universität Ilmenau

Fakultät für Informatik und Automatisierung

Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik

Entwicklung einer CrossLab-kompatiblen integrierten Entwicklungsumgebung für das GOLDi-Remotelab

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science

Pierre Helbing

Betreuer: Dr. Detlef Streitferdt

Verantwortlicher Hochschullehrer:

Prof. Dr.-Ing. habil. Daniel Ziener

Die Masterarbeit wurde am DD.MM.YYYY bei der Fakultät für Informatik und Automatisierung der Technischen Universität Ilmenau eingereicht.

Entwurf: 11.03.2024

Dies ist nicht die finale Druckvorlage.

Hinweiskapitel aktiviert (siehe `settingsWithHints` in `NIKR_settings.tex`)

Zeilennummern aktiviert (siehe `settingsWithLineNumbers` in `NIKR_settings.tex`)

Todo-Markierungen aktiviert (siehe `settingsWithTodos` in `NIKR_settings.tex`)

Danksagung

Dieser Abschnitt **kann** genutzt werden, um denjenigen Personen Dank auszusprechen, die Sie bei der Erstellung der Arbeit unterstützt haben.

Erklärung: „Hiermit versichere ich, dass ich diese wissenschaftliche Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle von mir aus anderen Veröffentlichungen übernommenen Passagen sind als solche gekennzeichnet.“

Ilmenau, DD.MM.YYYY

.....

Pierre Helbing

Inhaltsverzeichnis

0	Hinweise	1
0.1	Aufbau & Struktur	1
0.1.1	Roter Faden	2
0.1.2	Strukturierung statt seitenlangen Fließtext	2
0.1.3	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	3
0.2	Abbildungen und Tabellen	3
0.3	Mathematische Notation	6
0.4	Pseudocode-Darstellungen	7
0.5	Todos - Übersicht über offene Punkte	8
0.6	Weitere Hinweise	9
1	Einleitung	13
2	Theoretische Grundlagen	15
3	State of the Art	17
4	Mein Algorithmus	19
5	Experimentelle Untersuchungen	21
6	Zusammenfassung und Ausblick	23
6.1	Zusammenfassung	23
6.2	Ausblick	23
A	Ergänzende Unterlagen	25





Literaturverzeichnis

33

Abkürzungsverzeichnis

CNN	Convolutional Neural Network
SVM	Support Vector Maschine

Todo Liste

 offener Punkt	8
 Paper X	8
 Annahme korrekt?	8
 Abbildung ergänzen	8

1 Kapitel 0

2 Hinweise

3 Die nachfolgenden Hinweise unterstützen Sie bei Abfassung Ihrer Bachelor-, Master-
4 oder Diplomarbeit. **Lesen Sie sich die einzelnen Unterpunkte unbedingt vor**
5 **Beginn sorgfältig durch.** Die Hinweise sind jedoch kein Dogma, ihrer Kreativität
6 sollen also keinesfalls Grenzen gesetzt werden.

7 **Vergessen Sie nicht dieses Kapitel vor dem Druck Ihrer Arbeit zu entfernen!**

8 0.1 Aufbau & Struktur

9 Aufbau und Struktur einer Arbeit sind abhängig vom bearbeiteten Thema mehr
10 oder weniger verschieden. Die in dieser Vorlage vorgegebene Struktur kann aber als
11 relativ allgemeingültig angesehen werden. **Das Abweichen von dieser Struktur ist**
12 **unbedingt vorher mit dem Betreuer abzustimmen.**

Tipp:

Um beim Abfassen der Arbeit den Überblick zu behalten, wo sich die einzelnen Abschnitte im Quelltext befinden, empfiehlt es sich jedes Kapitel der Arbeit in eine separate Datei auszulagern und diese aus der Hauptdatei (`NIKR_thesis.tex`) einzubinden. Um direkte Sprünge aus der PDF zur entsprechenden Stelle im Quelltext zu ermöglichen, sollte zusätzlich jeder Satz auf einer neuen Zeile beginnen. Die in diesem Template enthaltene Struktur folgt diesen Empfehlungen bereits.

0.1.1 Roter Faden	1
Die Kerngedanken Ihrer Thematik sollten sich wie ein roter Faden durch die Arbeit ziehen. Das bedeutet, dass diese immer wieder aufgegriffen werden. Damit wird vermieden, dass der Leser nach einer längeren Passage die Zielrichtung der Arbeit verliert.	2 3 4 5
Überleitungen und Zusammenfassungen	6
Wünschenswert ist, dass die einzelnen Kapitel schlüssig aufeinander folgen. Neben der entsprechenden Gesamtstruktur sind hier motivierende Überleitungen, Kapitel-einleitungen und Kapitelzusammenfassungen in jedem neuen Kapitel hilfreich, damit der rote Faden der Arbeit und der gedankliche Ablauf deutlich werden.	7 8 9 10
Vorwärts- und Rückwärtsverweise	11
Verwenden Sie ruhig Vorwärts- und Rückwärtsverweise (<code>\label{mein_label}</code> und <code>\ref{mein_label}</code>), als Vorgriff auf noch kommende Erläuterungen bzw. als Querverweis auf bereits gegebene Erläuterungen. Wenn zwischen Ersterläuterung und Nutzung eines Begriffes/Verfahrens größere Spannen liegen, sollte erneut eine kurze Erläuterung gegeben werden, um den roten Faden nicht abreißen zu lassen. Insgesamt ist ein gewisses Maß an Wiederholung durchaus zulässig und hilfreich, dem Leser (der möglichst leicht die Arbeit oder Ausschnitte daraus erfassen können soll) das Verständnis und die Verfolgung der Arbeit zu erleichtern.	12 13 14 15 16 17 18 19
0.1.2 Strukturierung statt seitenlangen Fließtext	20
Versuchen Sie, möglichst viel mit aussagekräftigen Abbildungen zu operieren und den Text entsprechend mit Aufzählungen (siehe <code>enumerate</code> , <code>itemize</code>), Absätzen (eine Leerzeile) und Zwischenüberschriften (<code>chapter</code> , <code>section</code> , <code>subsection</code> , ...) zu strukturieren. Nichts ist schlimmer für den Lesenden als mehrere aufeinander folgende Seiten Fließtext. Achten Sie jedoch auf eine einheitliche Linie in der gesamten Arbeit und vermeiden Sie Zwischenüberschriften, an welche sich weniger als fünf Zeilen Text anschließen. In diesem Fall wäre die Zwischenüberschrift nicht notwendig gewesen.	21 22 23 24 25 26 27 28

1 0.1.3 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

- 2 Unter Umständen kann es sinnvoll sein, nach dem Inhaltsverzeichnis oder am Ende der
3 Arbeit ein Abkürzungsverzeichnis oder Glossar einzufügen, welches die Erläuterung für
4 Abkürzungen, Formelzeichen oder spezielle Fachtermini enthält.

Tipp:

Die Vorlage enthält bereits ein Abkürzungsverzeichnis. Werfen Sie für die Definition und die Verwendung einen Blick in `include/NIKR_acronym.tex`. Abkürzungen sollten zudem zu Beginn eines neuen Kapitels erneut einmalig ausgeschrieben werden. Wenn Sie dem Schema der Vorlage folgen, wird dies automatisch berücksichtigt.

5 0.2 Abbildungen und Tabellen

- 6 Insbesondere bei der Beschreibung des State of the Art und bei der Darstellung
7 wesentlicher Zusammenhänge Ihres Verfahrens sind illustrierende Grafiken angebracht.
8 Achten Sie unbedingt darauf, dass die **Schriftart und -größe ungefähr der des**
9 **Fließtextes entspricht**.

Tipp:

Versuchen Sie vordergründig mit **Vektorgrafiken** zu arbeiten, damit Ihre Abbildungen ohne Qualitätsverlust skaliert werden können. Wenn Sie über kein Programm zum Erstellen von Vektorgrafiken verfügen, eignet sich unter Umständen auch **Powerpoint** dafür. Neuere Versionen unterstützen das Exportieren der Folien als PDF.

- 10 Sollten Sie Abbildungen aus Publikationen o.ä. übernehmen, sind diese zu **übersetzen**
11 und die **Quelle in der Bildunterschrift** zu nennen.

Tipp:

Wenn Sie eine Publikation von arXiv.org verwenden, kann es sich unter Umständen lohnen einen Blick in die L^AT_EX-Quellen der Publikation zu werfen. Oftmals enthalten diese die Einzelbilder. Wählen Sie hierzu auf der rechten Seite im Abschnitt *Download* den Punkt *Other formats* und laden Sie das Archiv (*Download source*) herunter.

Unabhängig davon, ob Sie die Abbildung selbst erstellen oder aus externen Quellen übernehmen, muss jede Abbildung mit einer **aussagekräftigen Bildunterschrift** (`\Nlcaption{Titel}{Beschreibung}`) versehen werden. Weiterhin sollte im Fließtext an entsprechender Stelle auf die Abbildung Bezug genommen und ein Verweis (`\ref{grafik}`) platziert werden, um den Zusammenhang zwischen Text und Illustration deutlich zu machen. Abbildung 1 verdeutlicht das Gesagte an einem Beispiel.

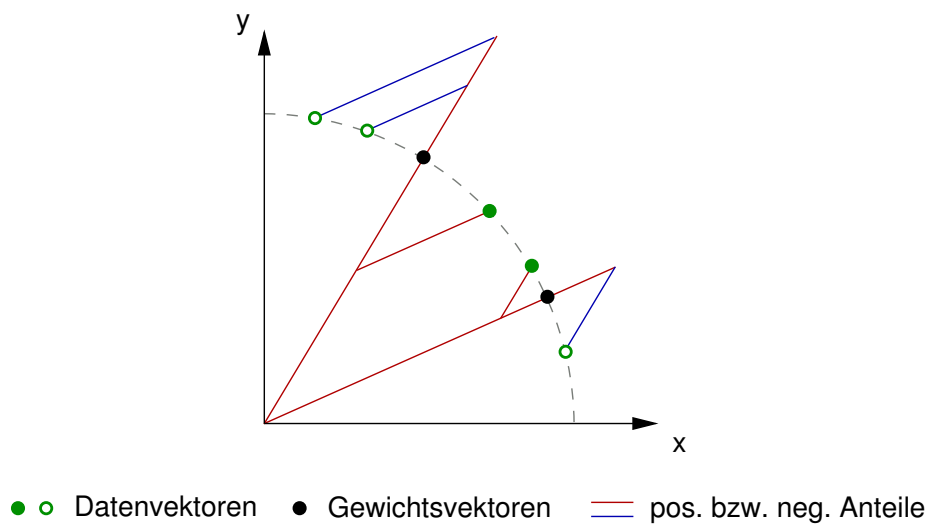


Abbildung 1: Kurzbeschreibung - dieser Text erscheint auch im Abb.-verzeichnis
Jede Abbildung soll mit einer aussagekräftigen(!) Bildunterschrift versehen werden. Beherrzigen Sie immer folgenden Grundsatz: Der Text muss so formuliert sein, dass klar wird: was generell gezeigt wird, worauf beim Leser Wert gelegt werden soll, welche Probleme verdeutlicht werden sollen. Eine Bildunterschrift muss also stets weitestgehend selbsterklärend sein und darf für ein generelles Verständnis nicht das Lesen des Textes zwingend erforderlich machen! Zudem sollte zu jeder Abbildung Bezug genommen und ein Verweis integriert werden.

Für den Fall, dass Sie mehrere Abbildungen nebeneinander anordnen wollen, können Sie einen Blick auf das Paket `subcaption` und die Umgebung `subfigure` werfen. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel, bei dem zwei Grafiken hintereinander angeordnet und jeder Grafik ein separater Titel zugeordnet wird. Verwenden Sie auch in diesem Fall (`\Nlcaption{Titel}{Beschreibung}`) um die gesamte Abbildung zu beschreiben. Mittels `figure`-Umgebung definierte Abbildungen werden in \LaTeX als Gleitobjekte behandelt. Das bedeutet, dass beim Übersetzen automatisch nach einer möglichst geeig-



(a) Subfigure Bild Nr. 1



(b) Subfigure Bild Nr. 2

Abbildung 2: Kurzbeschreibung

Aussagekräftige Beschreibung, in der auf beide Abbildungen Bezug genommen wird. Nutzen Sie hierzu auch gleich die in den Unterabbildungen gesetzten Label und referenzieren Sie die Teile in verkürzter Form mittels `\subref{label}`: (a) bzw. (b) oder komplett mit `\ref{label}`: Abbildung 2a bzw. Abbildung 2b

- 1 neten Position gesucht wird. **Verlassen Sie sich bitte nicht auf diese automatische**
- 2 **Positionierung.** Mit dem optionalen Argument hinter `\begin{figure}` (z.B: `[ht!]`)¹
- 3 können Sie Einfluss auf die Positionierung der Abbildung nehmen. Versuchen Sie
- 4 Abbildungen in unmittelbarer Nähe zu deren Bezug im Text zu halten.

Tipp:

Gegebenenfalls kann die Verwendung von `\FloatBarrier` vor bzw. vor und nach der Abbildung sinnvoll sein. In diesem Fall wird L^AT_EX gezwungen alle bisherigen Gleitobjekte zu positionieren, was dazu führt, dass Ihre Abbildung genau an der definierten Stelle erscheint. **Nutzen Sie diesen Befehl nur in Ausnahmefällen** und achten Sie auf ungewollte Veränderungen in der Anordnung.

- 5 **Tabellen** verhalten sich ähnlich wie Abbildungen. Verwenden Sie auch hier den Befehl
- 6 `\Nlcaption{Titel}{Beschreibung}` um **jede Tabelle mit einer aussagekräftigen**
- 7 **Unterschrift** zu versehen. Auch können mehrere Tabellen nebeneinander angeordnet
- 8 werden. Werfen Sie hierfür einen Blick auf die Umgebung `subtable`. Tabelle 5.1 in
- 9 Kapitel 5 zeigt ein Beispiel zur Darstellung von experimentell bestimmten Ergebnissen.
- 10 Tabellen können weiterhin sinnvolle Hilfsmittel zur Formatierung sein. Ein Beispiel
- 11 hierfür ist im anschließenden Abschnitt dargestellt.

¹ Weiterführende Erläuterung zur Positionierung: <https://tex.stackexchange.com/questions/8652/what-does-t-and-ht-mean> (zuletzt zugegriffen: 08.10.2018)

0.3 Mathematische Notation

1

Achten Sie darauf, dass die angegebenen Bezeichner und Gleichungen in der Notation angegeben werden, die Sie **aus unseren Vorlesungen** kennen und vor allem **konsistent über die ganze Arbeit hinweg** sind. Die Verwendung einer möglichst einheitlichen mathematischen Notation in Forschung und Lehre am Fachgebiet NI&KR dient der Verständlichkeit auch über die Grenzen der Thematik hinweg und der Transparenz der Arbeit auch für Andere. Die Notation orientiert sich an der im Ingenieurwesen im Allgemeinen und in der Neuroinformatik im Speziellen üblichen Schreibweise (siehe Beispiele unten). **Eine vollständige Übersicht ist der Formelsammlung NI zu entnehmen.**

10

$\underline{\mathbf{x}}, \underline{\mathbf{y}}, \underline{\mathbf{w}}$	einheitliche Schreibweise für Vektoren als Spaltenvektoren
$\underline{\mathbf{x}}^T$	$= (x_1, \dots, x_n)$, transponierter Vektor
$\underline{\mathbf{X}}, \underline{\mathbf{W}}$	einheitliche Schreibweise für Matrizen
$\underline{\mathbf{W}}^T$	Transponierte Matrix von $\underline{\mathbf{W}}$
$\underline{\mathbf{x}}$	Inputvektor: $\underline{\mathbf{x}}^T = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_n)$
$\underline{\mathbf{z}}$	Zustandsvektor: $\underline{\mathbf{z}}^T = (z_1, \dots, z_i, \dots, z_m)$
$\underline{\mathbf{y}}$	Outputvektor: $\underline{\mathbf{y}}^T = (y_1, \dots, y_i, \dots, y_m)$
$\underline{\mathbf{t}}$	Teachervektor: $\underline{\mathbf{t}}^T = (t_1, \dots, t_i, \dots, t_m)$
$\underline{\mathbf{y}}^{(l)}$	Outputvektor der Neuronenschicht l
w_{ij}	Einzelnes Gewicht in Empfänger-Sender-Notation
$\underline{\mathbf{w}}_i$	Vektor der Gewichte zum Empfänger-Neuron i mit $\underline{\mathbf{w}}_i^T = (w_{i1}, \dots, w_{ij}, \dots, w_{in})$
$\underline{\mathbf{W}}$	Matrix der Gewichte (w_{ij}) aller m Neuronen, mit
	$\underline{\mathbf{W}} = \begin{pmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{\mathbf{w}}_1^T \\ \vdots \\ \underline{\mathbf{w}}_m^T \end{pmatrix}$
$\underline{\mathbf{W}}^{(l)}$	Matrix der Gewichte $(w_{ij}^{(l)})$ aller Neuronen der Schicht l
$\underline{\mathbf{x}}^p$	$= (x_1, x_j, \dots, x_n)^T$, p -ter Inputvektor aus dem Inputdatensatz $\underline{\mathbf{X}}$
$\underline{\mathbf{x}}$	$= (\underline{\mathbf{x}}^1, \underline{\mathbf{x}}^p, \dots, \underline{\mathbf{x}}^N)$, Inputdatensatz, d.h. Menge aller N Inputvektoren $\underline{\mathbf{x}}^p$
$\underline{\mathbf{t}}^p$	$= (t_1, t_i, \dots, t_m)^T$, p -ter Teachervektor aus dem Teacherdatensatz $\underline{\mathbf{T}}$

11

1 Von dieser Schreibweise soll in der Wahl der Bezeichner (x , y , w usw.) nur dann
 2 abgewichen werden, wenn das bearbeitete Theoriefeld eine eigene, allgemein verbreitete
 3 und akzeptierte Notation besitzt (z.B. Bayes-Filter). **Dies ist unbedingt vorher mit**
 4 **dem Betreuer abzustimmen.** Die Schreibweise für Vektoren (\vec{x}), Matrizen
 5 (\mat{X}) und Skalare (x) soll sich dennoch an der Vorgabe orientieren.

6 0.4 Pseudocode-Darstellungen

7 Die Verwendung von Pseudocode dient der Erhöhung der Verständlichkeit der behan-
 8 delten Materie sowie der Verdeutlichung der konkreten algorithmischen Umsetzung
 9 eines wichtigen Teilaspekts Ihrer Arbeit. Sie ist damit von großer Bedeutung für die
 10 Nachhaltigkeit der Arbeit. Die in dieser Vorlage bereitgestellte Umgebung zur Ein-
 11 bettung von Pseudocode `Nlalgorithm` baut auf dem Paket `algorithm2e` auf, welches
 12 bereits eine Vielzahl von Befehlen zur Verfügung stellt. In der zusätzlich ergänzten
 13 Umgebung `Nlalgorithm` werden wichtige Einstellungen definiert, verwenden Sie daher
 14 stets `Nlalgorithm` und nicht `algorithm`. Ein konkretes Beispiel finden Sie mit Algo-
 15 rithmus 4.1 in Kapitel 4. **Werfen Sie vor der Verwendung unbedingt einen Blick**
 16 **in die Dokumentation² des Pakets.** Nachfolgend ist ein Ausschnitt der wichtigsten
 17 Befehle dargestellt, welcher Ihnen den Einstieg erleichtern soll:

18 **Nlalgorithm-Umgebung** Diese Umgebung bildet die Basis zur Definition einer Pseu-
 19 docode-Darstellung. Die Nutzung ist ähnlich wie die der `figure`-Umgebung.
 20 Verwenden Sie daher auch hier den Befehl `\Nlcaption{Titel}{Beschreibung}`
 21 um **jede Pseudocode-Darstellung mit einer aussagekräftigen Überschrift**
 22 zu versehen. Die sonst erforderliche ausführliche Beschreibung ist dabei nicht
 23 notwendig und wird standardmäßig unterdrückt. Die maximale Länge einer
 24 Pseudocode-Darstellung ist auf eine Seite beschränkt.

25 **Definition von Ein- und Ausgaben** Verwenden Sie zur Definition von Eingaben
 26 `\Input{erste Eingabe x \zweite Eingabe y }` und zur Festlegung von
 27 Ausgaben `\Output{erste Ausgabe h \zweite Ausgabe i }`. Mehrere Ein-
 28 bzw. Ausgaben können dabei mit einem Zeilenumbruch (`\\`) voneinander getrennt
 29 werden. Die einzelnen Größen werden so automatisch zueinander ausgerichtet.

² `algorithm2e`: <https://ctan.org/pkg/algorithm2e?lang=de> (zuletzt zugegriffen: 18.10.2018)

Vordefinierte Befehle Für den Hauptteil stellt das `algorithm2e`-Paket³ bereits eine Vielzahl an vordefinierten Befehlen zur Verfügung. Diese decken sowohl gängige Konstrukte für Schleifen: `\For{Bed.}{Inhalt}`, `\While{Bed.}{Inhalt}`, `\Repeat{Endbed.}{Inhalt}` als auch für bedingte Verzweigungen: `\If{Bed.}{Inhalt}`, `\Else{Inhalt}`, `\ElseIf{Bed.}{Inhalt}` oder `\Switch{Var.}{} in Kombination mit \Case{Wert}{} bzw. \Other{} ab. Zeilenkommentare können mit dem Befehl \tcc{Kommentar} und rechtsbündige Kommentare hinter einzelnen Anweisungen mittels \tcp*{Kommentar} erzeugt werden. Beiden Arten von Kommentaren folgt automatisch ein Zeilenumbruch. Hinter einfachen Anweisungen muss dieser durch den Befehl \; erzeugt werden. Zur besseren Strukturierung des Pseudocodes kann es zudem oft sinnvoll sein Leerzeilen einzufügen. Hierzu steht der Befehl \BlankLine oder \vspace{Abstand} zur Verfügung.`

Hinweis:

Sollten Sie in Ihrer Arbeit keine Pseudocode-Darstellungen benötigen, können Sie die Algorithmen-Übersicht am Ende der Arbeit deaktivieren, indem Sie den Befehl `\listofalgorithms` in `include/NIKR_header.tex` auskommentieren.

0.5 Todos - Übersicht über offene Punkte 13

Da Sie Ihre Arbeit nicht in einem Stück abfassen werden, ist es sinnvoll sich Stellen, die nochmals überarbeitet werden müssen oder gar noch offen sind zu markieren. Diese Vorlage integriert hierfür das Paket `todonotes` und definiert eine Reihe von sinnvollen Befehlen. Offene Punkten können beispielsweise mit `\todo{offener Punkt}` gekennzeichnet werden. Noch zu ergänzende Referenzen können mit `\todoaddref{Paper X}` markiert werden. Zum Hervorheben von Stellen, an denen Sie sich unsicher sind und die Sie mit dem Betreuer besprechen möchten, kann `\todouncertain{Annahme korrekt?}` verwendet werden. Mithilfe des Befehls `\todooptional{Abbildung ergänzen}` können Sie zudem optionale Anpassungen markieren, die Sie abarbeiten sofern vor der Abgabe noch Zeit bleibt.

Damit Sie stets den Überblick behalten, wo in Ihrer Arbeit noch Todos warten, erzeugt die Vorlage automatisch eine Übersicht im Anschluss an das Abkürzungsverzeichnis.

³ `algorithm2e`: <https://ctan.org/pkg/algorithm2e?lang=de> (zuletzt zugegriffen: 18.10.2018)

- 1 Sie können das Anzeigen der Markierungen und das Einbetten der Übersicht jederzeit
 2 in `include/NIKR_settings.tex` über `settingsWithTodos` deaktivieren.
 3 **Deaktivieren Sie dieses Feature jedoch auf jeden Fall vor dem Druck!**

4 0.6 Weitere Hinweise

- 5 Der nachfolgende Abschnitt rundet die wichtigsten Grundlagen mit zusätzlichen Tipps
 6 und Tricks ab. Die Hinweise behandeln dabei vor allem wiederkehrende Probleme und
 7 häufig gestellte Fragen. Lesen Sie daher auch diesen Abschnitt gründlich.

8 Intelligentes Komma

- 9 Die Vorlage verwendet standardmäßig das Paket `icomma`. Dieses Paket stellt ein
 10 intelligentes Komma zur Verfügung, welches verhindert, dass in deutschen Texten
 11 an die Nachkommastellen in Dezimalzahlen ein zusätzliches Leerzeichen an das
 12 Komma angeschlossen wird ($1,00 \rightarrow 1,00$). Somit erspart Ihnen die Verwendung
 13 des Pakets das aufwendige Einklammern des Kommas in allen Dezimalzahlen im
 14 Dokument ($1\{,\}00$). Durch die Modifikation des normalen Verhaltens von \LaTeX
 15 müssen Sie jedoch in Formeln und im Mathematik-Modus ($\$ \dots \$$) selbständig
 16 darauf achten, ein Leerzeichen hinter einem Komma zu setzen, wenn es erwünscht
 17 ist, beispielsweise bei der Definition eines Vektors $\underline{\mathbf{x}}^T = (1, 2, 3, 4)$.

18 Einheitliche Angabe von Einheiten

- 19 Damit die Angabe von Einheiten über die gesamte Arbeit konsistent ist, empfiehlt
 20 es sich das Paket `siunitx` zu verwenden und Einheiten mit dessen Hilfe anzuge-
 21 ben. Beispielsweise führt `\SI{1,00}{\meter\per\second\squared}` sowohl im
 22 Fließtext als auch in der Mathematik-Modus ($\$ \dots \$$) zu $1,00 \text{ m s}^{-2}$ (Mathematik-
 23 Modus: $1,00 \text{ ms}^{-2} \rightarrow 1,00 \text{ m s}^{-2}$). Das Paket `siunitx` verfügt weiterhin über
 24 unzählige Optionen. So kann durch Hinzufügen der Option `[per-mode=symbol]`
 25 die Angabe aber auch in $1,00 \text{ m/s}^2$ umgewandelt werden. Bitte fügen Sie kei-
 26 ne Optionen den einzelnen Angaben hinzu (wie hier in diesem Beispiel getan),
 27 sondern modifizieren Sie den Befehl `\sisetup{}` in `include/NIKR_header.tex`.
 28 Falls Sie Probleme bei der Angabe von Einheiten haben, werfen Sie einen Blick
 29 in die Paketdokumentation⁴.

⁴ `siunitx`: <https://ctan.org/pkg/siunitx?lang=de> (zuletzt zugegriffen: 05.10.2018)

Fußnoten	1
Wie anhand der Paketdokumentation oben veranschaulicht, ist es oft sinnvoll zu-	2
sätzliche Informationen oder Textteile, die andernfalls den Textfluss brechen wür-	3
den, in Fußnoten auszulagern. Fußnoten lassen sich mit dem Befehl <code>\footnote{}</code>	4
direkt in den Text integrieren und werden automatisch nummeriert und am	5
Ende der Seite platziert. Im Beispiel von oben wurde der Link zusätzlich in den	6
<code>\url{}</code> -Befehl eingebettet, um einen Hyperlink zu erzeugen. Beachten Sie, dass	7
bei Online-Quellen stets das Datum des letzten Zugriffs angegeben werden muss.	8
Worttrennung	9
Vereinzelt kann es passieren, dass Worte durch L ^A T _E X am Zeilenende falsch oder	10
gar nicht getrennt werden. Besonders häufig passiert dies, wenn es sich um	11
Worte aus anderen Sprachen handelt, welche mittlerweile ebenfalls im deutschen	12
Sprachgebrauch üblich sind oder zur Fachsprache im betrachteten Themenbereich	13
gehören. Sollte Ihnen eine falsche Worttrennung auffallen, fügen Sie das Wort	14
inklusive der korrekten Trennung der in <code>include/NIKR_header.tex</code> durch den	15
Befehl <code>\hyphenation{}</code> definierten Liste hinzu. Auf diese Weise wird das Wort im	16
gesamten Dokument von nun an korrekt getrennt. In zusammengesetzten Worten,	17
wie etwa “Pseudocode-Darstellung” sollte zum Erzeugen eines Bindestrichs mit	18
automatischer Trennstelle zudem “= und nicht ein einfaches Minus - verwendet	19
werden.	20
Geschützte Leerzeichen in Referenzen und Bezeichnen	21
Es gibt jedoch auch Stellen im Text, an denen eine Trennung trotz Leerzeichen	22
zwischen zwei Worten unerwünscht ist. Ein typisches Beispiel sind Verweise,	23
wie beispielsweise Kapitel 5 oder Abbildung 1. Verwenden Sie an dieser Stel-	24
le die Tilde (<code>~</code>), um ein geschütztes Leerzeichen in den Text zu integrieren	25
(<code>Kapitel \ref{sec:experimente} → Kapitel~\ref{sec:experimente}</code>).	26
Anzeigen von Zeilennummern	27
Zuletzt sei darauf hingewiesen, dass die Vorlage standardmäßig das Paket <code>lineno</code>	28
integriert. Mit diesem können, wie aktuell dargestellt, im äußeren Seitenrand Zei-	29
lennummern eingeblendet werden. Diese erleichtern vor allem das Aufbauen von	30
Bezügen beim Korrekturlesen. Blenden Sie die Zeilennummern daher ein, wenn	31
Sie eine Vorversion an Ihren Betreuer schicken. Das Einblenden der Zeilennum-	32
mern kann analog zu den Todo-Markierungen in <code>include/NIKR_setting.tex</code>	33

1 aktiviert oder deaktiviert werden. Verändern Sie dafür den Wert der Varia-
2 ble `settingsWithLineNumbers`.

Hinweis:

Bei eingeblendeten Zeilennummern kann es zu Problemen bei der Verlinkung von umgebrochenen Referenzen kommen (siehe erste Referenz in Abschnitt 3). Sobald Sie die Zeilennummern deaktivieren, verschwindet dieses Problem!

3 Nachdem Sie sich die Hinweise sorgfältig durchgelesen haben, können Sie mit der
4 Abfassung der Arbeit beginnen. Modifizieren Sie hierzu zuerst die Angaben in der Datei
5 `include/NIKR_settings.tex` und geben Sie die Form der Arbeit, Ihren Namen und
6 das Abgabedatum an. Gleichzeitig können Sie die Einstellungen für Todo-Markierungen
7 (`settingsWithTodos`) und Zeilennummern (`settingsWithLineNumbers`) anpassen.

8 Anschließend können Sie dieses Hinweiskapitel durch Verändern von `settingsWithHints`
9 in `NIKR_thesis.tex` deaktivieren bzw. entfernen. **Da dieses Kapitel Ihnen eben-**
10 **falls als hilfreiches Nachschlagewerk dienen kann, sollten Sie es aber nicht**
11 **komplett löschen!** Es ist ebenso möglich, dass Sie das Kapitel erst vor dem Druck
12 deaktivieren. Verweise und Seitenzahlen werden dank L^AT_EX automatisch angepasst.

1 Kapitel 1

2 Einleitung

3 Die Einleitung umfasst im Umfang von etwa zwei bis vier Seiten die Einordnung der
4 bearbeiteten Thematik. Hierbei sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- 5 • Welche Fragestellungen bilden die wesentliche **Motivation** für die Arbeit?
- 6 • In welche laufenden Forschungsarbeiten ordnet sich die Arbeit ein?
- 7 • Was ist die **prinzipielle Zielstellung** der Arbeit, ohne dabei bereits auf die
8 verwendeten Methoden detailliert einzugehen?
- 9 • Auf welche Vorarbeiten wird Bezug genommen?

10 Im letzten Teil der Einleitung erfolgt ein **Grobüberblick über die Arbeit**, d.h. es
11 werden die einzelnen Kapitel und deren inhaltliche Schwerpunkte benannt.

1 Kapitel 2

2 Theoretische Grundlagen

3 In diesem Kapitel werden die für das Verständnis der Arbeit notwendigen theoreti-
4 schen Grundlagen abgehandelt. Beachten Sie jedoch, dass keine Vorlesungsinhalte,
5 wie beispielsweise der Error-Backpropagation-Algorithmus, erneut erklärt werden. **Es**
6 **sollte letztlich mit dem Betreuer abgestimmt werden, was in dieses Kapitel**
7 **aufgenommen werden soll und was nicht.**

$$\begin{aligned} G(y_j) &= \left| E \{ y_j^4 \} - 3 \left(E \{ y_j^2 \} \right)^2 \right| \\ &= \left| E \{ (\underline{\mathbf{w}}_j^T \underline{\mathbf{x}})^4 \} - 3 \left(E \{ (\underline{\mathbf{w}}_j^T \underline{\mathbf{x}})^2 \} \right)^2 \right| \end{aligned} \quad 2.1$$

8 Formeln sollten, analog zu Abbildungen, kapitelweise durchlaufend nummeriert werden.
9 Weiterhin sollte auch hier wieder im Text auf die jeweilige Formel Bezug genommen
10 werden: Formel 2.1 zeigt die Berechnung ...
11 Vergessen Sie zudem nicht, alle Bezeichner in einer Formel im Text zu benennen.

1 Kapitel 3

2 State of the Art

3 Wie der Name schon sagt, wird in diesem Kapitel erläutert, was es bereits im Kontext
4 der bearbeiteten Thematik gibt. Welche Methoden und Verfahren sind zur Lösung
5 Ihrer Problemstellung in Betracht zu ziehen? Welche Stärken und Schwächen weisen
6 diese vor dem Hintergrund der konkreten Aufgabenstellung auf?

7 Es empfiehlt sich oft die betrachteten Publikationen zunächst in eine **Übersichtsgrafik**
8 einzuordnen und erst anschließend detailliert zu beschreiben. Durch dieses Vorgehen
9 fällt es ebenfalls oft leichter das Kapitel zu strukturieren.

10 Die Grundlagen des Roboterfußball werden in [DISSANAYAKE et al., 2001], [MARINELL
11 und STECKEL-BERGER, 2001] und [THRUN et al., 2001] anschaulich beschrieben ...
12 Weiterführende Informationen sind in [THRUN et al., 2002], [DENG et al., 2009] und
13 [BADRINARAYANAN et al., 2015] dargestellt ...

14 Nach der Einleitung und dem State of the Art sollte für den Leser klar sein, wo die
15 methodischen Schwerpunkte der Arbeit liegen und an welchen Stellen eine Verbesse-
16 rung/Erweiterung des aktuellen Kenntnis- bzw. Entwicklungsstandes angestrebt wird.
17 Weiterhin ist der State of the Art wichtig, damit Sie Ihre eigenen Ergebnisse vernünftig
18 einordnen und kritisch werten/diskutieren können. Damit wird erreicht, dass der Le-
19 ser/Gutachter Ihren eigenen methodischen Beitrag objektiv einschätzen und bewerten
20 kann.

Für die Recherche stehen Ihnen folgende Quellen zur Verfügung und sollten vorrangig
genutzt werden:

- Elektronische Konferenzproceedings-Datenbank des FG NI&KR¹
- Literaturdatenbank des FG NI&KR (mit der Literaturliste von allen Studien-,
Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten des FG)¹
- Recherche mittels Google Scholar²
- Recherche mittels IEEE Xplore³ (Inhalte nur aus dem Uni-Netz bzw. via VPN
erreichbar) im Bestand der IEEE Journale und Konferenzen (Hinweis: allerdings
werden über dieses IEEE-basierte System nur ca. 40% der relevanten wissenschaft-
lichen Publikationen erfasst; Elsevier, Springer, ACM etc. werden nicht erfasst
sollten aber auch in Betracht gezogen werden!)

Die Suche mittels Google und anderer Suchmaschinen im gesamten Internet sollte nur
als ergänzende Strategie verwendet werden!

Die beiden nachfolgenden Kapitel stellen den Hauptteil der Arbeit dar!

¹ Konferenzproceedings-Datenbank: <https://www.tu-ilmenau.de/neurob/teaching/literatur/>
(zuletzt zugegriffen: 07.10.2018)

² Google Scholar: <https://scholar.google.de/> (zuletzt zugegriffen: 07.10.2018)

³ IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (zuletzt zugegriffen: 07.10.2018)

1 Kapitel 4

2 Mein Algorithmus

3 Hier erscheint in möglichst anschaulicher Form die Beschreibung des eigenen methodi-
4 schen Teils. **Nach der Ausformulierung sollte dieses Kapitel einen aussage-**
5 **kräftigen Titel tragen!**

6 In diesem Kapitel muss klar herausgearbeitet werden, auf welchen Vorleistungen
7 aufgesetzt (mit Verweisen auf das State-of-the-Art-Kapitel arbeiten) und was durch
8 Sie selbst erarbeitet wurde. Verwenden Sie insbesondere Pseudocode-Darstellungen.

- 9 • Die Verwendung von Pseudocode dient der Erhöhung der Verständlichkeit der
10 behandelten Materie sowie zur Verdeutlichung der konkreten algorithmischen
11 Umsetzung des betreffenden Teilaspekts im Rahmen der Arbeit. Pseudocode ist
12 damit von großer Bedeutung für die Nachhaltigkeit der Arbeit.
 - 13 • Beachten Sie, dass unter Pseudocode weder ein Programmlisting noch ein umge-
14 schriebenes Programm zu verstehen ist, auch nicht eine Aneinanderreihung von
15 Prozedur- oder Funktionsaufrufen.
 - 16 • Pseudocode soll sich in den normalen Fließtext der Arbeit im betreffenden
17 Abschnitt nahtlos integrieren und die behandelte Mathematik sowie deren verbale
18 Beschreibung ergänzen - um den sonst nur im Programmcode zu findenden Aspekt
19 der konkreten algorithmischen Umsetzung. Dies ist das Salz in der Suppe! Ohne
20 diese Details ist die gefundene Lösung meist nicht exakt **reimplementierbar**
21 und damit für das Fachgebiet nicht nutzbar. Ziel ist also stets eine Darstellung,
22 die eine Reimplementierung erlaubt.
 - 23 • Es empfiehlt sich, im Pseudocode dieselben mathematischen Bezeichner wie in
24 den Formeln zu verwenden, um klare Bezüge herzustellen.
-

- Der Pseudocode an einer betreffenden Stelle soll jeweils nur den gerade erläuterten Teilaspekt untersetzen. Die Arbeit und die mathematische Umsetzung soll auch ohne Pseudocode verständlich sein - mit Pseudocode sollen aber auch die Tricks und Besonderheiten vermittelt werden. Insofern soll sich der Pseudocode vom laufenden Text durch eine kleinere Schriftgröße, einen anderen Schriftfont und die Einbettung in Trennlinien abheben (siehe Beispiel), so dass man ihn auch bei Bedarf überspringen kann.

Beispiel mit Einbettung in den Fließtext: Das Prinzip des Boosting-Algorithmus wurde bereits oben erläutert. Nachfolgend sollen die wichtigsten algorithmischen Details verdeutlicht werden:

Algorithmus 4.1: AdaBoost-Algorithmus für binäre Klassifikation

Input : Anzahl an Datenpunkten N

Datensatz $D = \{(\mathbf{x}_1, y_1), \dots, (\mathbf{x}_N, y_N)\}$ mit $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^M$, $M \in \mathbb{N}_{>0}$,
 $y_i \in \{-1, +1\}$

Maximale Anzahl an Klassifikatoren K

Output: Klassifikator $H : \mathbb{R}^M \rightarrow \{-1, +1\}$

```

1  $w_i^{(1)} \leftarrow \frac{1}{N}$ ,  $\forall i \in \{1, \dots, N\}$  // Sampleweights initialisieren
2  $k \leftarrow 1$ 
3 while  $k \leq K$  do
    /* Neuen Weak Learner trainieren und bewerten */
4     Trainiere Weak Learner  $H_k : \mathbb{R}^M \rightarrow \{-1, +1\}$  auf  $D$  mit Gewichten  $w_i^{(k)}$ 
5      $E_k = \sum_{i=1}^N w_i^{(k)} \text{step}(-y_i H_k(\mathbf{x}_i))$  // Fehler
6      $\alpha_k = \frac{1}{2} \log\left(\frac{1 - E_k}{E_k}\right)$  // Gewicht
    /* Sampleweights updaten */
7      $v_i^{(k)} = w_i^{(k)} \exp(-\alpha_k y_i H_k(\mathbf{x}_i))$ ,  $\forall i \in \{1, \dots, N\}$ 
8      $w_i^{(k+1)} = v_i^{(k)} / \sum_{j=1}^N v_j^{(k)}$ ,  $\forall i \in \{1, \dots, N\}$  // Normalisieren
9      $k \leftarrow k + 1$ 
```

10 Finaler Klassifikator: $H(\mathbf{x}) = \text{sign}\left(\sum_{j=1}^K \alpha_j H_j(\mathbf{x})\right)$

1 Kapitel 5

2 Experimentelle Untersuchungen

3 Experimentelle Untersuchungen und Ergebnisse untermauern die Funktionsweise der
4 von Ihnen entwickelten/implementierten Verfahren und Methoden. Insbesondere soll
5 hier deutlich werden, wo die Stärken/Schwächen der Verfahren liegen und wie die
6 Einordnung in vergleichbare Ansätze aussieht. Wesentlich ist hier, dass es ein schlüssiges
7 und klares Versuchskonzept gibt.

Bilder	Testproblem						
	A	B	C	D	E	F	
Original	0.12121	0.28788	0.14394	0.08081	0.34091	0.00000	0.1625
C2-Schicht	0.03535	0.12374	0.03030	0.05556	0.25000	0.00505	0.0833

Tabelle 5.1: Experimentelle Ergebnisse

Experimentelle Ergebnisse lassen sich oft besonders anschaulich in Form von Tabellen darstellen. Auch Tabellen sollten immer mit einer erläuternden Unterschrift versehen werden.

1 Kapitel 6

2 Zusammenfassung und Ausblick

3 6.1 Zusammenfassung

4 Die Zusammenfassung resümiert die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit und bewer-
5 tet diese: Wurden die gestellten Anforderungen erreicht? Wenn nicht: wo lagen die
6 Ursachen?

7 6.2 Ausblick

8 Welche Möglichkeiten zur Verbesserung bieten sich zum aktuellen Zeitpunkt an?

1 Anhang A

2 Ergänzende Unterlagen

3 In den Anhang gehören Dinge, welche den eigentlichen Textteil der Arbeit zu stark
4 ausweiten würden, aber dennoch nicht weggelassen werden können. Dazu zählen:

- 5 • Software-Beschreibungen
- 6 • ausführliche mathematische Abhandlungen, Beweise etc.
- 7 • Darstellungen zu experimentellen Untersuchungen, die in der eigentlichen Arbeit
8 zusammengefasst wiedergegeben werden

9 **Auch hier ist es unbedingt sinnvoll, dass Sie sich mit Ihrem Betreuer**
10 **abstimmen.**

Abbildungsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung - dieser Text erscheint auch im Abb.-verzeichnis . . .	4
2	Kurzbeschreibung	5

Tabellenverzeichnis

5.1 Experimentelle Ergebnisse 21

Liste der Algorithmen

4.1	AdaBoost-Algorithmus für binäre Klassifikation	20
-----	--	----

Literaturverzeichnis

- [BADRINARAYANAN et al., 2015] BADRINARAYANAN, VIJAY, A. KENDALL und R. CIPOLLA (2015). *SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation*. arXiv preprint arXiv:1511.00561. (Seite: 17)
- [DENG et al., 2009] DENG, JIA, W. DONG, R. SOCHER, L.-J. LI, K. LI und L. FEI-
FEI (2009). *ImageNet: A Large-Ccale Hierarchical Image Database*. In: *Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, S. 248–255. IEEE. (Seite: 17)
- [DISSANAYAKE et al., 2001] DISSANAYAKE, G., P. NEWMAN, S. CLARK,
H. DURRANT-WHYTE und M. CSORBA (2001). *A Solution to the Simultaneous Localization and Map Building (SLAM) Problem*. IEEE Transactions on Robotics and Automation (TRA), 17(3):229–241. (Seite: 17)
- [GROSS, 2018] GROSS, H.-M. (2018). *Neuroinformatik*. Vorlesungsskript Sommersemester 2018. Fachgebiet Neuroinformatik & Kognitive Robotik, TU Ilmenau. (Seite: 11)
- [MARINELL und STECKEL-BERGER, 2001] MARINELL, G. und G. STECKEL-BERGER (2001). *Einführung in die Bayes-Statistik*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. (Seite: 17)
- [SEICHTER, 2016] SEICHTER, DANIEL (2016). *Warum Deep Learning funktioniert - Aufarbeitung aktueller Deep-Learning-Techniken*. Hauptseminar. Fachgebiet Neuroinformatik & Kognitive Robotik, TU Ilmenau. (Seite: 11)
-

- [THRUN et al., 2001] THRUN, SEBASTIAN, D. FOX, W. BURGARD und F. DELLAERT (2001). *Robust Monte Carlo localization for mobile robots*. Artificial Intelligence (AI), 128(1-2):99–141. (Seite: 17)
- [THRUN et al., 2002] THRUN, SEBASTIAN, J. LANGFORD und V. VERMA (2002). *Risk Sensitive Particle Filters*. In: *Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS)*, S. 961–968. (Seite: 17)
-