

TITEL DER BACHELORARBEIT

Bachelorarbeit

von

Vorname Nachname

aus Ort

Matrikelnummer: 4711

Studiengang: Technomathematik

30. September 2021

Erstprüferin: Prof. Dr. Sabine Le Borne

Zweitprüfer: Dr. Jens-Peter M. Zemke

Betreuer: Dr. Jens-Peter M. Zemke

Eidestattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel

„Titel der Bachelorarbeit“

selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe verfasst habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen. Ich versichere, dass die eingereichte schriftliche Fassung der auf dem beigefügten Medium gespeicherten Fassung entspricht.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	7
2	Einführung	7
2.1	Referenzen	7
2.2	Formeln	9
3	Hauptteil	12
3.1	Bilder	12
3.2	Sätze und Lemmata	14
3.3	Verweise	14
4	Numerische Ergebnisse	14
4.1	Python-Code für Bilder	15
5	Fazit und Ausblick	15

Abbildungsverzeichnis

1	Ein Beispielbild	13
2	Vergleich verschiedener Bildformate	13

1 Motivation

Eine Bachelorarbeit, allgemeiner, eine Abschlussarbeit, sollte immer klar in das Thema einführen und die untersuchte Fragestellung motivieren. Dabei sollte klar herausgearbeitet werden, welche Teile aus den zur Verfügung gestellten Arbeiten stammen, was aus anderen Quellen stammt, was selbst erstellt wurde. Es sollte motiviert werden, warum diese Fragestellung interessant ist, was über eine Einordnung des Themas in dessen Umfeld geschieht.

2 Einführung

In einem einführenden Teil sollten die für das Verständnis des Themas notwendigen Grundlagen erklärt werden; nicht zu tief, sonst nehmen sie zu viel Platz ein, nicht zu kurz, sonst kann man den Hauptteil nicht verstehen und einordnen. Als Daumenregel kann man sich vorstellen, dass man zu einem Kommilitonen spräche, der ungefähr die gleiche Vorbildung hat, aber von der speziellen Ausrichtung des Themas keine Ahnung.

2.1 Referenzen

Hier werden oft viele Quellen eingebunden, da hier nur bereits bekanntes Wissen präsentiert wird. Um Quellen einzubinden, bietet sich die Verwendung von BibTeX an, dazu generiert man eine Textdatei mit der Endung `.bib`, welche Einträge der folgenden Form enthält an:

```
@article{Zemke:2017,  
  AUTHOR = {Zemke, Jens-Peter M.},  
  TITLE = {Variants of {IDR} with partial orthonormalization},  
  JOURNAL = {Electron. Trans. Numer. Anal.},  
  FJOURNAL = {Electronic Transactions on Numerical Analysis},  
  VOLUME = {46},  
  YEAR = {2017},  
  PAGES = {245--272},  
  MRCLASS = {65F10 (65F25 65F50)},  
  MRNUMBER = {3678571},  
  MRREVIEWER = {Ninoslav Truhar},  
  url = {http://etna.mcs.kent.edu/volumes/2011-2020/vol46/abstract.php?vol=46&pa,  
}
```

Zum automatischen Erstellen solch einer Bibliographie verwendet man dann das Programm BibTeX oder Biber (vozugsweise, Biber kann nämlich UTF-8). Um die angegebene Arbeit in der Bachelorarbeit zu zitieren, verweist man mittels `cite` auf die Arbeit [2]. Es gibt noch viele weitere Eintragstypen für die `.bib`-Datei.

Um zu einer gegebenen mathematischen Arbeit die BibTeX-Daten zu erhalten, bietet sich die Seite

<https://mathscinet.ams.org/mref>

an. Diese Suche auf Seite der der AMS klappt nur gut für mathematische Paper, welche in einem „anständigen“ Journal veröffentlicht wurden. Dort gibt man Teile der Informationen ein und sucht nach der entsprechenden Veröffentlichung. Hat man die Veröffentlichung gefunden, so klickt man auf den BibTeX-Knopf und kann den passenden Text in seine BibTeX-Datei kopieren.

Die neuronalen Netze haben oft arXiv-Publikationen. Diese kann man in Biber gut mittels der Links auf der Seite einbinden, zum Beispiel

<https://arxiv.org/abs/1911.01413>.

Auf der Seite gibt es einen Link „References & Citations“ auf NASA ADS. Dem folgen, auf der Seite

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/arXiv:1911.01413>

den Link „Export Citation“ klicken, speichern.

Sollte man Wikipedia als Literatur angeben? Eher nein, lieber Originalarbeiten oder Lehrbücher zum Thema. Diese findet man oft aber auf Wikipedia-Seiten. Will man wirklich mal Wikipedia zitieren, so findet man unter

<https://www.scribbr.com/citing-sources/how-to-cite-wikipedia/>

eine gute Beschreibung.

Online-Referenzen kann man mittels Biber gut als

```
@Online{Lefkowitz:2019,  
  author = {Melanie Lefkowitz},  
  title = {Professor's perceptron paved the way for AI - 60 years too soon},  
  year = 2019,  
  url = {https://news.cornell.edu/stories/2019/09/professors-perceptron-paved-way-ai-},  
  urldate = {2020-10-20}  
}
```

angeben, der Eintrag [1] wird dann wie in den Referenzen angegeben gesetzt.

Woher bekommt man Referenzen zu einem Thema? Zu jeder guten Arbeit gehört die eigenständige Suche nach passender Literatur, wobei Lehrbücher und in einem referenzierten Journal publizierte Fachartikel bevorzugt werden. Um diese Suche durchzuführen, verweisen wir auf die folgenden Optionen, von denen die ersten beiden meist „hochwertige“ Veröffentlichungen, allerdings zeitverzögert bieten:

MathSciNet: Die AMS (American Mathematical Society) bietet eine Suche über die in den „Mathematical Reviews“ betrachteten Veröffentlichungen, die Suchmaske findet man unter <https://mathscinet.ams.org/mathscinet/index.html>,

Zentralblatt: Die EMS (European Mathematical Society) bietet eine entsprechende Suche über die im „Zentralblatt Mathematik“ betrachteten Veröffentlichungen, die Suchmaske findet man unter <https://www.zbmath.org/>,

Google Scholar: Google durchsucht alle Veröffentlichungen, sogar nur als technischer Bericht herausgegebene, auch die von **arXiv** und bietet of Links auf herunterladbare Versionen, manchmal auch Preprints. Die entsprechende Suchmaske findet man unter <https://scholar.google.de/>.

Des Weiteren gibt es viele fachspezifische Datenbanken, diese wird man meist schnell mit der Internetsuche mit einer Suchmaschine seiner Wahl finden.

Um die gewünschten Artikel auch lesen zu können, bietet es sich an, per VPN im Netz der TUHH eingeloggt zu sein. Viele Artikel oder Buchkapitel sind für die TUHH freigeschaltet. Um diese zu finden, bietet sich die Suche über die TUHH-Bibliothek an, welche man über den verkürzten Link <https://www.tuhh.de/b> aufrufen kann.

2.2 Formeln

In der Einführung werden auch die ersten mathematischen Formeln auftreten. Diese Formeln lassen sich mittels einfachen Dollarzeichen um den Ausdruck im Text in „mathematischer Form“ setzen, also zum Beispiel $f(x) = 0$. Ohne Dollarzeichen sähe das Ganze so aus: $f(x)=0$. Letzteres ist falsch. Oft sind die Formeln länger und komplexer, dann sollte man sie absetzen, indem man

```
\[
\int_0^1 f(x)\,dx = \frac{\pi}{3}.
\]
```

verwendet, obige Formel wird dann abgesetzt dargestellt als

$$\int_0^1 f(x) dx = \frac{\pi}{3}.$$

Hierbei ist der Punkt am Ende der Formel deswegen gesetzt, weil die Formel Bestandteil eines (sprachlichen) Satzes ist, welcher durch einen Punkt *am Ende* des Satzes abgeschlossen wird. In der Arbeit sollten nirgendwo Formeln ohne Bezug zum Text auftauchen, diese sind immer als Bestandteil eines Satzes aufzufassen. Alternativ zu der eben betrachteten Weise eine abgesetzte mathematische Formel zu setzen, könnte man auch

```
$$
\int_0^1 f(x)\,dx = \frac{\pi}{3}.
$$
```

oder

```
\begin{equation*}
\int_0^1 f(x)\,dx = \frac{\pi}{3}.
\end{equation*}
```

verwenden, das Ergebnis ist dasselbe. Wird später auf diese Formel erneut referenziert, so wird eine Formelnummer hinzugefügt, wenn man den $*$ in der letzten Form weglässt. Als Beispiel nehmen wir die Formel


```

0 & 1
\end{pmatrix} \\ &=
\begin{pmatrix}
\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} & \\
\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} \\
0 & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!}
\end{pmatrix} =
\begin{pmatrix}
\sin(1) & \cos(1) \\
0 & \sin(1)
\end{pmatrix}
\end{align}

```

und

```

\begin{equation}
\begin{split}
\sin(\mathbf{A}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \mathbf{A}^{2k+1} \\
&= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!}
\begin{pmatrix}
1 & 2k+1 \\
0 & 1
\end{pmatrix} \\
&= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!}
\begin{pmatrix}
\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} \\
0 & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!}
\end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix}
\sin(1) & \cos(1) \\
0 & \sin(1)
\end{pmatrix}.
\end{split}
\end{equation}

```

werden gesetzt als

$$\begin{aligned}
\sin(\mathbf{A}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \mathbf{A}^{2k+1} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \begin{pmatrix} 1 & 2k+1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} \\ 0 & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin(1) & \cos(1) \\ 0 & \sin(1) \end{pmatrix}, \quad (2.2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sin(\mathbf{A}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \mathbf{A}^{2k+1} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \begin{pmatrix} 1 & 2k+1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} \\ 0 & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin(1) & \cos(1) \\ 0 & \sin(1) \end{pmatrix}
\end{aligned} \tag{2.3}$$

und

$$\begin{aligned}
\sin(\mathbf{A}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \mathbf{A}^{2k+1} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \begin{pmatrix} 1 & 2k+1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} \\ 0 & \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)!} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin(1) & \cos(1) \\ 0 & \sin(1) \end{pmatrix}.
\end{aligned} \tag{2.5}$$

Man beachte, dass die Ausrichtung durch das `&` kontrolliert wird und dass sich die Art der Formelnummerierung bei den letzten beiden Varianten unterscheidet. Will man bei `align` eine Zeile nicht nummerieren, so verwendet man den Befehl `\notag`. Zu allen Varianten existieren auch welche mit angefügtem `*`, bei denen keine Formelnummern erzeugt werden. Man würde entweder zusätzlich `label`-Befehle einfügen und auf die Formeln referenzieren, oder die Nummern weglassen.

Mehr Informationen zum Setzen mathematischer Formeln findet man unter

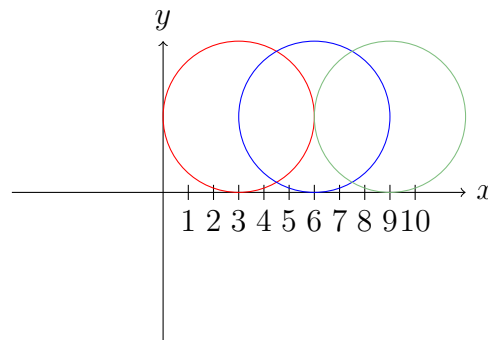
<http://www.ams.org/arc/resources/amslatex-about.html>.

3 Hauptteil

In einem oder mehreren Hauptteilen werden dann die Ergebnisse aus den zur Verfügung gestellten Arbeiten in eigenen Worten erläutert und die zugehörigen Bewertungen (Laufzeit, Stabilität, Verbesserungen, Schwachstellen, ...) vorgestellt.

3.1 Bilder

Im Hauptteil wird es öfter geschehen, dass man eine Zeichnung einbinden möchte, hier bietet sich TikZ an:



Will man solch ein Bild referenzieren, so sollte man es in eine `figure`-Umgebung packen. Dabei wandert es eventuell auf eine andere Seite, deshalb kann man dort, wo man darauf verweisen möchte, dieses zum Beispiel wieder mittels `hyperref` tun. Hier verweisen wir auf [Abbildung 1](#), welches auch im automatisch generierten Abbildungsverzeichnis auftaucht. Bilder, welche aus einer externen Quelle stammen, sollten als Vektorgrafik eingebunden

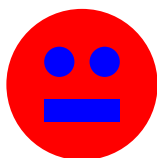


Abbildung 1: Ein Beispielbild

werden, gut eignet sich das **PDF-Format** oder das **EPS-Format**. Man sieht spätestens, wenn man in das Dokument hereinzoomt, dass andere Formate wie das **JPG-Format** oder das **PNG-Format** bei klar definierten Kurven und Flächen aufpixeln und unsauber aussehen. In [Abbildung 2](#) sind diese vier Bildformate zum Vergleich eingebunden; der Quellcode, um die Bilder zu erzeugen findet sich im [Abschnitt 4.1](#). Man sieht, dass man

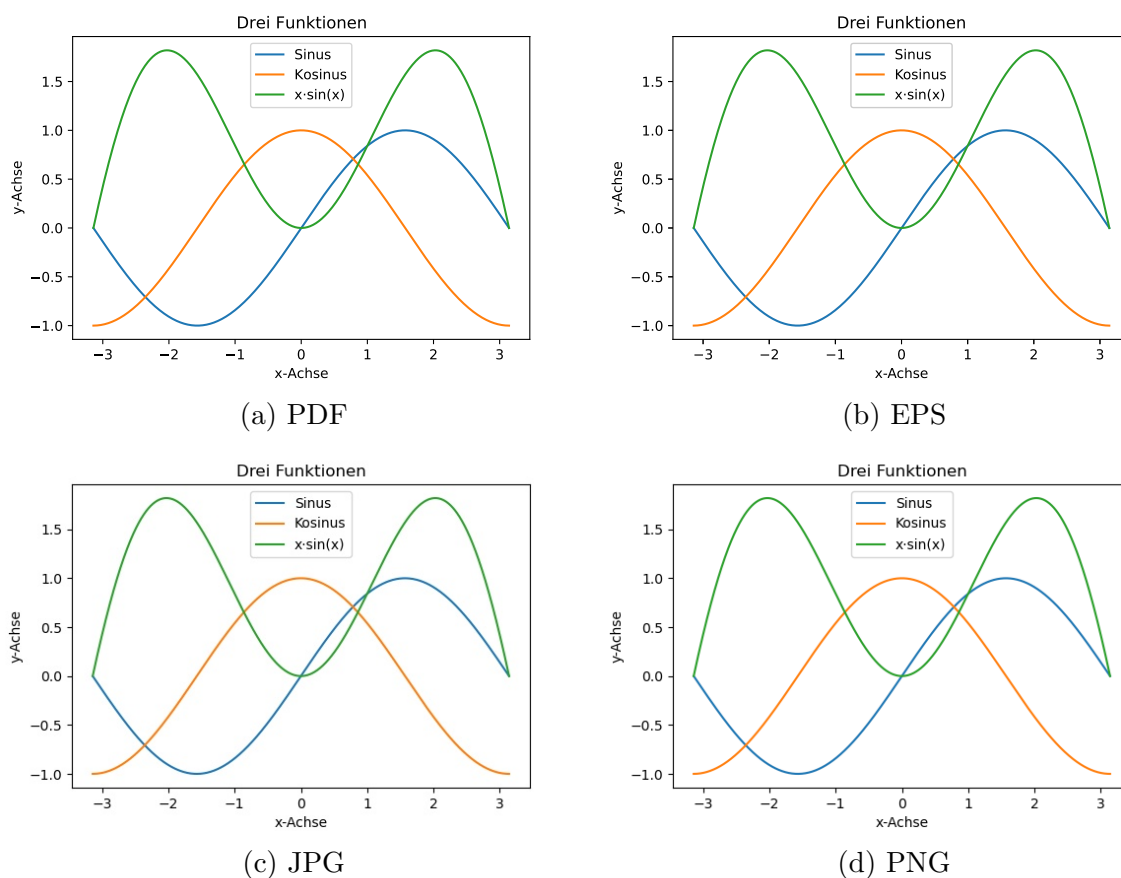


Abbildung 2: Vergleich verschiedener Bildformate

in den Vektorgrafik-Formaten auch die Texte kopieren kann, bei den anderen Formaten ist das nicht möglich.

3.2 Sätze und Lemmata

Mathematische Sätze, Beweise, Lemmata und andere Dinge setzt man wie folgt:

Satz 3.1. *Dieser Satz ist falsch.*

Beweis. Es ist ein Satz, das steht doch da. Also muss er zwangsläufig korrekt sein. \square

Natürlich ist **Satz 3.1** mathematisch nicht sauber formuliert, also nicht zu lange den Kopf darüber zerbrechen.

Satz 3.2. *Der vorangehende Satz ist richtig.*

Beweis. Endet ein Beweis in einer Formel, so schiebt man Halmos Box ans Ende der Formel, indem man in der Formel `\qedhere` schreibt,

$$a = n. \quad \square$$

Definition 3.3 (Primzahl). Eine *Primzahl* p ist eine natürliche Zahl $p \in \mathbb{N}$, welche nur zwei verschiedene Teiler hat.

Lemma 3.4 (Čebyšev). *Für alle $n \in \mathbb{N}$ gilt: Im abgeschlossenen Intervall $[n, 2n]$ liegt immer eine Primzahl p .*

3.3 Verweise

Wir haben gesehen, dass man auf Formeln verweisen kann, zum Beispiel auf **Gleichung (2.1)** oder auf Abbildungen wie **Abbildung 1**. Verweisen kann man auch auf Abschnitte, zum Beispiel auf **Abschnitt 1** oder den **Unterabschnitt zu Formeln**.

Ebenso kann man auf Sätze, Lemmata oder andere mathematische Umgebungen verweisen, dieses geschieht ohne Klammern um die Nummer, also zum Beispiel als Verweis auf Lemma **3.4** oder auf **Definition 3.3**.

4 Numerische Ergebnisse

Die aufbauend auf den vorangehenden Erläuterungen durchgeführten numerischen Tests werden in einem Ergebniskapitel vorgestellt. Es bietet sich das Paket `listings` an, mit dem man Code diverser Sprachen direkt einbinden kann. Als Beispiel sei der folgende Python-Code genannt, den wir in eine `minipage`-Umgebung gepackt haben, damit er nicht so viel Platz einnimmt:

```

1 import numpy as np
2
3 A = np.random.randint(0, 10, (10,10))
4 b = np.random.randint(0, 10, (10,1))
5 x = np.linalg.solve(A, b)
6 r = b - A @ x
7 print('Norm des Residuums=', np.linalg.norm(r))

```

4.1 Python-Code für Bilder

Der Python-Code für die Bilder aus [Abbildung 2](#) ist im folgenden Listing enthalten. Dort wird auch gezeigt, wie man die Größe des Bildes anpasst, so dass die Beschriftungen gut lesbar sind, sowie gezeigt, wie man überhaupt Achsen beschriftet und einen Titel und eine Legende hinzufügt:

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 4))
5 x = np.linspace(-np.pi, np.pi, 1000)
6 plt.plot(x, np.sin(x))
7 plt.plot(x, np.cos(x))
8 plt.plot(x, x * np.sin(x))
9 plt.title('Drei Funktionen')
10 plt.xlabel('x-Achse')
11 plt.ylabel('y-Achse')
12 plt.legend(['Sinus', 'Kosinus', 'x·sin(x)'])
13 plt.savefig('Bild.pdf')
14 plt.savefig('Bild.eps')
15 plt.savefig('Bild.jpg')
16 plt.savefig('Bild.png')
17 plt.show()

```

5 Fazit und Ausblick

Zu guter Letzt werden die Ergebnisse der Arbeit (positive wie negative) in einem abschließenden Kapitel kurz, aber verständlich vorgestellt. Hier ist auch der geeignete Platz für Erweiterungen der durchgeführten Untersuchungen, wie man sie zum Beispiel in einer anschließenden Masterarbeit weiter bearbeiten würde.

Literatur

- [1] Melanie Lefkowitz. *Professor's perceptron paved the way for AI – 60 years too soon*. 2019. URL: <https://news.cornell.edu/stories/2019/09/professors-perceptron-paved-way-ai-60-years-too-soon> (besucht am 20.10.2020).

- [2] Jens-Peter M. Zemke. “Variants of IDR with partial orthonormalization”. In: *Electron. Trans. Numer. Anal.* 46 (2017), S. 245–272. URL: <http://etna.mcs.kent.edu/volumes/2011-2020/vol46/abstract.php?vol=46&pages=245-272>.