

Optimierung eines Lagers

durch ein automatisiertes Hochregallager mit NFC-Erkennung

Hausarbeit Automationssysteme

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Automation

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Simon Gschell / Patrik Peters

Abgabedatum:	6. November 2024
Bearbeitungszeitraum:	21.10.2024 - 20.12.2024
Matrikelnummer:	123 456
Kurs:	TEA 22
Betreuerin / Betreuer:	Dipl. Ing. Heike Schatton-Beck

Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.14 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 24.07.2023.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Hausarbeit Automationssysteme mit dem Thema:

Optimierung eines Lagers

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Musterstadt, den 6. November 2024

Simon Gschell / Patrik Peters

Kurzfassung

Problemstellung

Ziel der Arbeit

Vorgehen und angewandte Methoden

Konkrete Ergebnisse der Arbeit, am besten mit quantitativen Angaben

Abstract

English translation of the „Kurzfassung“.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Benefits	3
3	Vorgehensweise	5
4	Risiken	7
5	Kosten	9
6	Innovationsgrad	11
7	Zusammenfassung	13
	Abbildungsverzeichnis	15
	Tabellenverzeichnis	17
A	Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen	19
B	Ergänzungen	21
B.1	Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen	21
B.2	Weitere Details, welche im Hauptteil den Lesefluss behindern	21
C	Details zu Laboraufbauten und Messergebnissen	23
C.1	Versuchsanordnung	23
C.2	Liste der verwendeten Messgeräte	23
C.3	Übersicht der Messergebnisse	23

C.4	Schaltplan und Bild der Prototypenplatine	23
D	Zusatzinformationen zu verwendeter Software	25
D.1	Struktogramm des Programmentwurfs	25
D.2	Wichtige Teile des Quellcodes	25
E	Datenblätter	27
F	Tips und Beispiele zu \LaTeX-Befehlen	31
F.1	Wichtige \LaTeX -Befehle	31
F.2	Vorlagen für \LaTeX Umgebungen	33
F.2.1	Listen und Aufzählungen	33
F.2.2	Bilder und Grafiken	34
F.2.3	Tabellen	40
F.2.4	Formeln	42
	Sachwortverzeichnis	45

1 Einleitung

Folgende Stichworte können zum Aufbau der Einleitung herangezogen werden.

- Hinführung, Begründung, Zweck und Ziel der Aufgabenstellung
- Erläuterung der Problemstellung
- Konkretisierung der zu lösenden Aufgabe
- Gegebenenfalls Formulierung einer Leitfrage oder Forschungsfrage
- Ausgangslage, geplante Vorgehensweise, Methoden zur Bearbeitung und Zielsituation
- Zum Ende der Einleitung wird eine Kurzübersicht über die Inhalte der Kapitel gegeben: „Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: ...“

Die Einleitung wird üblicherweise auf ein bis zwei Seiten als fortlaufender Text geschrieben. Eine weitere Untergliederung in nummerierte Abschnitte ist nicht empfehlenswert, da dies erstens unüblich ist, zweitens die Lesbarkeit nicht begünstigt und drittens die Formulierung der Einleitung erschwert. Weitere Empfehlungen zum Aufbau der Einleitung und des gesamten Dokuments sind z. B. aus [Dua21] und [Lin22] zu entnehmen.

Hinweise:

- Auch in der Einleitung unbedingt zu wichtigen Hintergründen und Fakten Zitate aufführen. Zitate bitte in der Form [Tip+19] oder mit Seitenbezug [Zie17, S. 66] oder auch mehrere Zitate [Tip+19; Zie17] innerhalb einer eckigen Klammer angeben. Zur besseren Lesbarkeit bitte immer ein Leerzeichen vor dem Zitat einfügen.
- Bereits in der Einleitung können Abkürzungen erläutert werden. Grundsätzlich gilt, dass bei der ersten Verwendung einer Abkürzung diese auch erläutert wird. Zum Beispiel können das Antiblockiersystem (ABS) oder die Fahrdynamikregelung (Electronic Stability Control, ESC) als Abkürzungen eingeführt werden. In der Datei *pages/abkuerzungen.tex* sind alle verwendeten Abkürzungen einzufügen. Neben dem verpflichtenden Abkürzungsverzeichnis kann auch ein Glossar hinzugefügt werden. In dieser Vorlage können Glossareinträge in der Datei *pages/glossar.tex* eingefügt werden. Ein Glossar ist jedoch nicht verpflichtend.

2 Benefits

3 Vorgehensweise

4 Risiken

5 Kosten

6 Innovationsgrad

7 Zusammenfassung

Auf zwei bis drei Seiten soll auf folgende Punkte eingegangen werden:

- Welches Ziel sollte erreicht werden
- Welches Vorgehen wurde gewählt
- Was wurde erreicht, zentrale Ergebnisse nennen, am besten quantitative Angaben machen
- Konnten die Ergebnisse nach kritischer Bewertung zum Erreichen des Ziels oder zur Problemlösung beitragen
- Ausblick

In der Zusammenfassung sind unbedingt klare Aussagen zum Ergebnis der Arbeit zu nennen. Üblicherweise können Ergebnisse nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ benannt werden, z. B. „...konnte eine Effizienzsteigerung von 12 % erreicht werden.“ oder „...konnte die Prüfdauer um 2 h verkürzt werden“.

Die Ergebnisse in der Zusammenfassung sollten selbstverständlich einen Bezug zu den in der Einleitung aufgeführten Fragestellungen und Zielen haben.

Literaturverzeichnis

- [Dua21] Duale Hochschule Baden-Württemberg, Fachkommission Technik. *Leitlinien für die Bearbeitung und Dokumentation der Module Praxisprojekt I bis III, Studienarbeit I / II, Bachelorarbeit*. Okt. 2021. URL: https://www.ravensburg.dhbw.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Dokumente_fuer_Studierende/191212_Leitlinien_Praxismodule_Studien_Bachelorarbeiten.pdf.
- [Lin22] Frank Lindenlauf. *Wissenschaftliche Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften: Ein praxisorientierter Leitfaden für Semester- und Abschlussarbeiten*. 1st ed. 2022. Springer Fachmedien Wiesbaden und Imprint Springer Spektrum, 2022. ISBN: 9783658367367. DOI: 10.1007/978-3-658-36736-7.
- [Tip+19] Paul Allen Tipler u. a., Hrsg. *Physik: Für Studierende der Naturwissenschaften und Technik*. 8., korrigierte und erweiterte Auflage. Lehrbuch. Berlin: Springer Spektrum, 2019. ISBN: 9783662582800.
- [Zie17] Julius Ziegler. „Optimale Trajektorienplanung für Automobile“. Dissertation. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing und Karlsruher Institut für Technologie, 2017. URL: <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000056530>.

Abbildungsverzeichnis

F.1	Beispiel für die Einbindung eines Bildes.	34
F.2	Mit Tikz programmierte Grafik.	35
F.3	Mit Tikz programmierte Grafik, welche bereits vorgefertigte Bibliothe- ken für Symbole aus der Digitaltechnik nutzt.	36
F.4	Diagramm, erstellt mit dem <i>pgfplot</i> -Befehlssatz.	37
F.5	Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen.	39

Tabellenverzeichnis

A.1	Liste der verwendeten Künstliche Intelligenz basierten Werkzeuge . . .	19
F.1	Liste der verwendeten Messgeräte	40

A Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Künstliche Intelligenz (KI) basierte Werkzeuge benutzt. Tabelle A.1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Werkzeuge und den jeweiligen Einsatzzweck.

Tabelle A.1: Liste der verwendeten KI basierten Werkzeuge

Werkzeug	Beschreibung der Nutzung
ChatGPT	<ul style="list-style-type: none">• Grundlagenrecherche zu bekannten Prinzipien optischer Sensorik zur Abstandsmessung (siehe Abschnitt ...)• Suche nach Herstellern von Lidar-Sensoren (siehe Abschnitt ...)• ...
ChatPDF	<ul style="list-style-type: none">• Recherche und Zusammenfassung von wissenschaftlichen Studien im Themenfeld ...• ...
DeepL	<ul style="list-style-type: none">• Übersetzung des Papers von [...]
Tabnine AI coding assistant	<ul style="list-style-type: none">• Aktiviertes Plugin in MS Visual Studio zum Programmieren des ...• ...
...	<ul style="list-style-type: none">• ...

B Ergänzungen

B.1 Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen

B.2 Weitere Details, welche im Hauptteil den Lesefluss behindern

C Details zu Laboraufbauten und Messergebnissen

C.1 Versuchsanordnung

C.2 Liste der verwendeten Messgeräte

C.3 Übersicht der Messergebnisse

C.4 Schaltplan und Bild der Prototypenplatine

D Zusatzinformationen zu verwendeter Software

D.1 Struktogramm des Programmentwurfs

D.2 Wichtige Teile des Quellcodes

E Datenblätter

Auf den folgenden Seiten wird eine Möglichkeit gezeigt, wie aus einem anderen PDF-Dokument komplette Seiten übernommen werden können, z. B. zum Einbindungen von Datenblättern. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass sämtliche Formateinstellungen (Kopfzeilen, Seitenzahlen, Ränder, etc.) auf diesen Seiten nicht angezeigt werden. Die Methode wird deshalb eher selten gewählt. Immerhin sorgt das Package „*pdfpages*“ für eine korrekte Seitenzahleinstellung auf den im Anschluss folgenden „nativen“ L^AT_EX-Seiten.

Eine bessere Alternative ist, einzelne Seiten mit „*\includegraphics*“ einzubinden.

F Tips und Beispiele zu L^AT_EX-Befehlen

Dieses Kapitel können Sie einfach löschen, indem Sie in der Präambel am Anfang der Zeile „`\include{chapter/anhang_vorlagen}`“ das Symbol % zum Auskommentieren einfügen.

F.1 Wichtige L^AT_EX-Befehle

<code>\label{}</code>	Definition eines Labels, auf welches referenziert werden kann, z. B.: <code>\label{fig:MyImage}</code>
<code>\ref{}</code>	Setzen einer Referenz zu einem Label z. B.: ... siehe Tabelle <code>\ref{tab:messdaten}</code> .
<code>\pageref{}</code>	Gibt die Seitenzahl zu einer Referenz zurück
<code>\autocite{}</code>	Literaturreferenz einfügen
<code>\autocite[7]{}</code>	Literaturreferenz einfügen, hier mit zus. Referenz auf Seite 7
<code>\autocites{Abc15, Def16}</code>	Mehrere Literaturreferenzen, hier Abc15 und Def16, einfügen
<code>\footnote{}</code>	Fußnote einfügen
<code>~</code>	Einfügen eines geschützten Leerzeichens
<code>\$Formel\$</code>	Eingabe einer Formel im Text
<code>\$l=\SI{10}{\meter}\$</code>	Korrekte Ausgabe Maßzahl und Einheit in Formeln, hier $l = 10\text{ m}$
<code>\index{Kraft}</code>	Aufnahme des Begriffs „Kraft“ in das Sachwort-

	verzeichnis
<code>\index{Induktion!Vollständige}</code>	Aufnahme des Begriffs „Vollständige“ in das Sachwortverzeichnis unter „Induktion“.
<code>\nomenclature[etc]{etc.}{et cetera}</code>	Aufnahme der Abkürzung „etc.“ für „et cetera“ in das Abkürzungsverzeichnis. Die Angabe [etc] dient als Sortierschlüssel
<code>\clearpage</code>	Ausgabe aller Gleitobjekte und Umbruch auf eine neue Seite

F.2 Vorlagen für \LaTeX Umgebungen

F.2.1 Listen und Aufzählungen

Es gibt folgende Listentypen. Die wichtigsten:

- Einfache Liste mit *itemize*-Umgebung
- ...
- 1. Nummerierte Liste mit *enumerate*-Umgebung
- 2. ...
- a. wobei man bei der *enumerate*-Umgebung leicht die Art der Nummerierung ändern kann,
- b. ...

und durch verschachtelte Umgebungen verschiedene Aufzählungsebenen darstellen kann:

- a) Erster Aufzählungspunkt der ersten Ebene
- b) ...
 - Erster Punkt der zweiten Ebene
 - Zweiter Punkt der zweiten Ebene
- c) Das sollte an Beispielen zunächst einmal genügen.

F.2.2 Bilder und Grafiken

Bilder können als PDF-, JPG-, und PNG-Bilder in L^AT_EX eingebunden werden. Damit eine Grafik in hoher Qualität dargestellt wird, sollte das Dateiformat der Grafik vektorbasiert sein, d.h. als PDF-Datei vorliegen. Viele Zeichenprogramme unterstützen einen PDF-Export (z. B. GIMP, Adobe Illustrator, etc.). Für Grafiken aus PowerPoint sei folgende Vorgehensweise beim Export empfohlen:

1. Die gewünschte Grafik in PowerPoint zeichnen.
2. Gewünschten Bildbereich markieren, rechte Maustaste klicken und „Als Grafik speichern ...“ wählen.
3. Grafik im Format EMF abspeichern. Das EMF-Format ist vektorbasiert.¹
4. Mit dem Programm XnView die Grafik im EMF-Format in PDF wandeln und abspeichern.
5. Die so erzeugte PDF-Datei enthält eine vektorbasierte Grafik und kann in L^AT_EX eingebunden werden.

Abbildung F.1 zeigt ein Beispielbild einer Grafik, welche aus PowerPoint exportiert wurde.



Abbildung F.1: Beispiel für die Einbindung eines Bildes (PDF-, JPG-, und PNG-Bilder können eingebunden werden).

Der Quellcode des Beispielbildes aus Abbildung F.1 ist in Listing F.1 zu sehen.

¹Mit dem Mac kann in PowerPoint die Grafik direkt im PDF-Format exportiert werden. Die weiteren Schritte entfallen daher.

Listing F.1: Quellcode der Abbildung F.1.

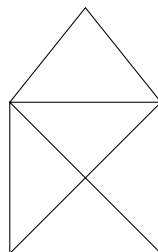
```

1 \begin{figure}[hbt]           % here , bottom , top
2 \centering                   % Zentrierung
3 \includegraphics[width=0.6\linewidth]{images/MyImage}
4 \caption[Beispiel für die Einbindung eines Bildes.]{Beispiel für die
   Einbindung eines Bildes (PDF-, JPG-, und PNG-Bilder können
   eingebunden werden).}
5 \label{fig:MyImage}
6 \end{figure}

```

Jedes Bild aus fremder Quelle ist mit einem Zitat in der Abbildungsunterschrift zu kennzeichnen. Nur eigene Bilder benötigen keine entsprechende Kennzeichnung. Bilder aus fremder Quelle mit eigenen Ergänzungen oder Änderungen sind mit Zitat und einer entsprechenden Bemerkung (z. B. „auf Basis [Quelle] mit eigenen Ergänzungen“ oder „eigene Darstellung auf Basis [Quelle]“) zu versehen. Der besseren Lesbarkeit halber sind im Abbildungsverzeichnis keine Zitate anzugeben. Hierfür kann im Befehl `\caption{ }` innerhalb der eckigen Klammer eine modifizierte Abbildungsunterschrift eingegeben werden, welche in das Abbildungsverzeichnis übernommen wird. Der Text innerhalb der geschweiften Klammer wird direkt unter die Abbildung gedruckt und kann dagegen ausführlich mit Angabe eines Zitats sein. Sollte die Arbeit veröffentlicht werden, ist unbedingt darauf zu achten, dass nur dann Bilder von fremder Quelle übernommen werden dürfen, wenn hierfür das explizite Einverständnis des Urhebers vorliegt. Dieses Einverständnis ist persönlich einzuholen und separat zu dokumentieren.

Grafiken können auch mithilfe des Packages Tikz gezeichnet, bzw. programmiert werden. Grafiken mit Tikz werden mit dem `input`-Befehl in die `figure`-Umgebung geladen, wie nachfolgendes Beispiel in Abbildung F.2 zeigt:

**Abbildung F.2:** Mit Tikz programmierte Grafik.

Ein etwas umfangreicheres Beispiel zur Digitaltechnik ist in Abbildung F.3 dargestellt:



Abbildung F.3: Mit Tikz programmierte Grafik, welche bereits vorgefertigte Bibliotheken für Symbole aus der Digitaltechnik nutzt.

In der Tikz-Umgebung können auch Diagramme mit dem *pgfplot*-Befehlssatz erzeugt werden. In Abbildung F.4 sehen Sie ein Beispiel.

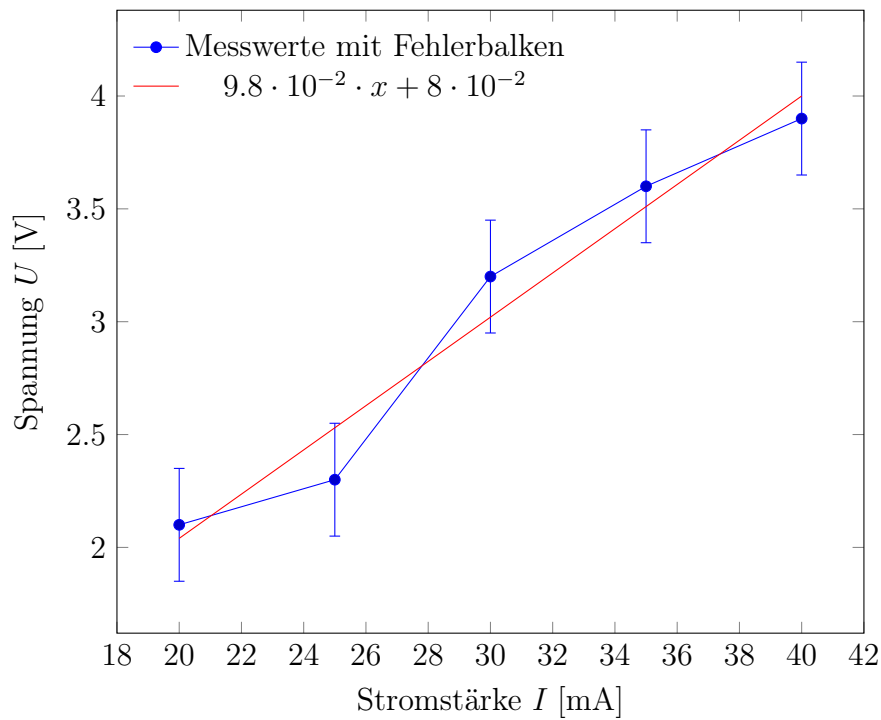


Abbildung F.4: Ein Diagramm, erstellt in der *tikzpicture*-Umgebung mit dem *pgfplot*-Befehlssatz. Das Diagramm stellt Messdaten, deren Fehlerbalken und eine Regressionskurve dar. Die Messdaten werden von einer separaten Datei eingelesen und die Regressionskurve wurde mit *pgfplot* berechnet und erstellt.

Auch hierzu der Quellcode in Listing F.2.

Listing F.2: Quellcode der Abbildung F.4.

```

1 \begin{figure}[hbt]
2 \centering
3 \input{pgfplot/mess_fehlerbalken.tex}
4 \caption[Diagramm, erstellt mit dem \textit{pgfplot}-Befehlssatz.]{Ein
   Diagramm, erstellt in der \textit{tikzpicture}-Umgebung mit dem \
   \textit{pgfplot}-Befehlssatz. Das Diagramm stellt Messdaten, deren
   Fehlerbalken und eine Regressionskurve dar. Die Messdaten werden von
   einer separaten Datei eingelesen und die Regressionskurve wurde mit \
   \textit{pgfplot} berechnet und erstellt.}
5 \label{fig:pgfplot}
6 \end{figure}

```

In Listing F.3 ist der Quellcode der Datei *mess_fehlerbalken.tex* dargestellt.

Listing F.3: Quellcode der Datei *mess_fehlerbalken.tex*.

```

1 \begin{tikzpicture}
2 \begin{axis}[scale=1.3,legend entries={Messwerte mit Fehlerbalken ,
3 $\pgfmathprintnumber{\pgfplotstableregressiona}$ \cdot x
4 \pgfmathprintnumber[print sign]{\pgfplotstableregressionb}$}, legend
   style={draw=none},legend style={at={(0.01,0.98)},anchor=north west},
   xlabel=Stromstärke $I$ \; \mathrm{ \lbrack mA \rbrack },ylabel=
   Spannung $U$ \; \mathrm{ \lbrack V \rbrack }]
5 \addlegendimage{mark=*,blue}
6 \addlegendimage{no markers,red}
7 \addplot+[error bars/.cd, y dir=both,y explicit]
8 table[x=x,y=y,y error=errorry]
9 {pgfplot/messdaten_mitfehler.dat};
10 \addplot table[mark=none,y={create col/linear regression={y=y}}]
11 {pgfplot/messdaten_mitfehler.dat};
12 \end{axis}
13 \end{tikzpicture}

```

In Abbildung F.5 wird ein weiteres Beispiel für ein Diagramm gezeigt. Oftmals wird eine zweite y-Achse verwendet, um verschiedene Skalen darstellen zu können.

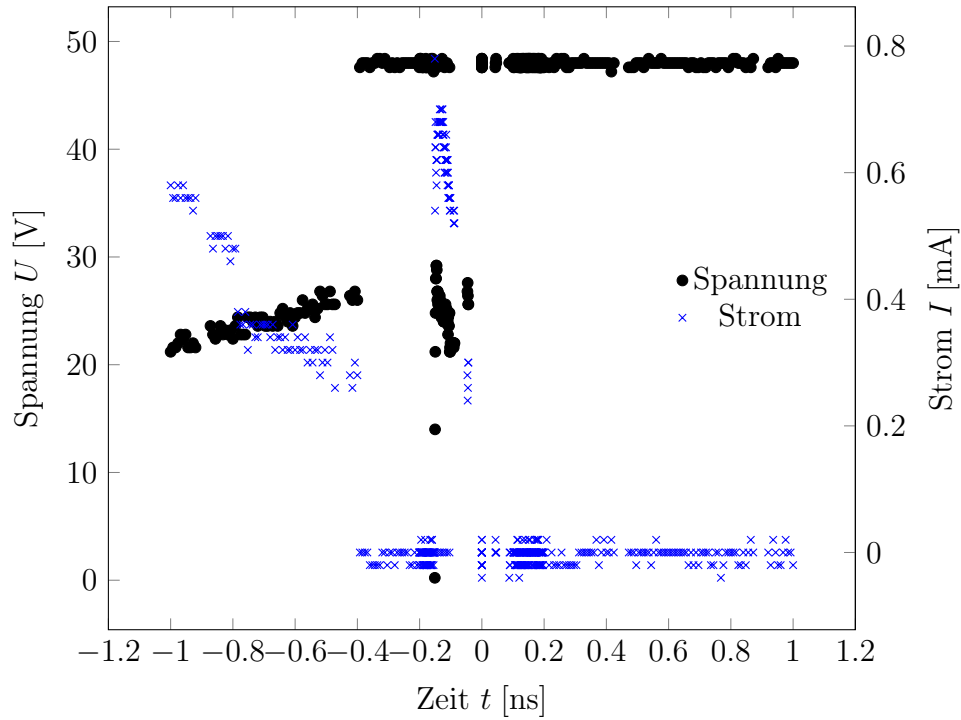


Abbildung F.5: Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen.

F.2.3 Tabellen

Tabelle F.1: Liste der verwendeten Messgeräte. Die Genauigkeitsangaben beziehen sich auf die Standardabweichung $1 \cdot \sigma$.

Messgerät	Hersteller	Typ	Verwendung	Genauigkeit
Spannungsversorgung	Voltmaker	HV2000	Spannungsversorgung der Platine	$\Delta U = \pm 5 \text{ mV}$
Strommessgerät	Currentcount	Hotamp 16	Strommessung am Versorgungspin des μC	$\Delta I = \pm 0.1 \text{ A}$

Der Quellcode der Beispieltabelle F.1 ist in Listing F.4 zu sehen.

Listing F.4: Quellcode der Tabelle F.1.

```

1 \begin{table}[hbt]
2 \centering
3 \renewcommand{\arraystretch}{1.5} % Skaliert die Zeilenhöhe der Tabelle
4 \captionabove{Liste der verwendeten Messgeräte}{Liste der verwendeten
   Messgeräte. Die Genauigkeitsangaben beziehen sich auf die
   Standardabweichung  $1 \cdot \sigma$ .}
5 \label{tab:bsp}
6 \begin{tabular}{ccccc}
7 \textbf{Messgerät} & \textbf{Hersteller} & \textbf{Typ} & \textbf{Verwendung} & \textbf{Genauigkeit} \\
8 \hline
9 \hline
10 \parbox[t]{0.2\linewidth}{\centering Spannungs-\\versorgung} & Voltmaker
   & HV2000 & \parbox[t]{0.2\linewidth}{\centering Spannungs-\\
   versorgung der\\Platine} &  $\Delta U = \pm 5 \text{ mV}$  \\
   % Der parbox-Befehl ist erforderlich, damit ein Zeilenumbruch erzeugt werden kann.
   % c-Spalten (zentriert) erlauben nicht automatisch einen Zeilenumbruch.
   % Linksbündig gesetzte p-Spalten erlauben automatisch den
   % Zeilenumbruch.
11 Strommessgerät & Currentcount & Hotamp 16 & \parbox[t]{0.2\linewidth}{\centering Strommessung\\
   am Versorgungspin} & des  $\mu\text{C}$  &  $\Delta I = \pm 0.1 \text{ A}$  \\
12 \hline

```

13 `\end{tabular}`

14 `\end{table}`

F.2.4 Formeln

Formeln lassen sich in L^AT_EX ganz einfach schreiben. Es gibt unterschiedliche Umgebungen zum Schreiben von Formeln. Z. B. direkt im Text $v = s/t$ oder abgesetzt

$$F = m \cdot a$$

oder auch, wie in wissenschaftlichen Dokumenten üblich, nummeriert

$$P = \frac{U^2}{R} \quad . \quad (\text{F.1})$$

Mit einem Label in Formel F.1 lassen sich natürlich auch Formeln im Text referenzieren. L^AT_EX verwendet im Formelmodus einen eigenen Schriftsatz, welcher entsprechend der gängigen Konventionen kursive Zeichen verwendet. Sollen im Formelmodus Einheiten in normaler Schriftart eingefügt werden, dann kann dies über den Befehl `\mathrm{}` erwirkt werden, wie im Quellcode von Formel F.2 zu sehen ist.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(100 \text{ V})^2}{100 \, \Omega} = 100 \text{ W} \quad . \quad (\text{F.2})$$

Zum direkten Vergleich sind die Einheiten in Formel F.3 falsch dargestellt:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(100 \text{ V})^2}{100 \, \Omega} = 100 \text{ W} \quad (\text{F.3})$$

Zur einfachen Eingabe von Einheiten kann auch das Package `\siunitx` verwendet werden:

$$P = 100 \text{ W} = 100 \text{ J s}^{-1} \quad (\text{F.4})$$

Das sind nur ein paar wenige Beispiele und es gibt sehr viele Packages, um Besonderheiten in Formeln realisieren zu können, z. B. mehrzeilige Formeln mit vertikaler Ausrichtung. Nennen Sie Formeln nur, wenn diese zum besseren Verständnis auch

wirklich nützlich sind.

Folgende Befehle sind innerhalb von Formel-Umgebungen nützlich:

`\text{}` oder `\mathrm{}` Damit kann in Formel-Umgebung Text geschrieben werden.
`\,` `\:` `\;` `\quad` `\qquad` Zusätzlichen Abstand zwischen Symbolen einfügen.
`\notag` Nummerierung einer bestimmten Formel ausschalten.

Hier noch ein kleines Beispiel aus der Mathematik:

$$\sum_{n=1}^{\infty} f(x_n) \cdot \Delta x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} = \frac{df}{dx} = \dot{f}(x) \quad (\text{F.5})$$

Und abschließend ein Beispiel aus der Physik zum Induktionsgesetz:

$$\oint_{\partial \mathcal{A}(t)} \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int_{\mathcal{A}(t)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \quad (\text{F.6})$$

