

# Technische Bewertung der Komponenten eines bestehenden Fahrzeugprototypen auf Basis der Realisierungsmöglichkeiten für eine Serienentwicklung

## Praxisbericht

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Alexander Köhn

|                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| Abgabedatum:                     | 12. September 2022           |
| Bearbeitungszeitraum:            | 04.04.2022 - 12.09.2022      |
| Matrikelnummer:                  | 216 5691                     |
| Kurs:                            | TFE20-2                      |
| Ausbildungsfirma:                | Mercedes Benz AG             |
| Betreuer der Ausbildungsfirma:   | Dipl.-Ing. Jan Junge         |
| Gutachter der Dualen Hochschule: | Prof. Dr.-Ing. Thomas Kibler |

# Sperrvermerk

gemäß Ziffer 1.1.13 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 25.07.2018:

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung vom Dualen Partner vorliegt.

Stuttgart, den 12. September 2022

---

ALEXANDER KÖHN

# Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 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 25.07.2018.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Projektarbeit mit dem Thema:

*Technische Bewertung der Komponenten eines bestehenden Fahrzeugprototypen  
auf Basis der Realisierungsmöglichkeiten für eine Serienentwicklung -*

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.

Stuttgart, den 12. September 2022

---

ALEXANDER KÖHN



# Kurzfassung

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                         | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Grundlagen</b>                         | <b>2</b> |
| 2.1      | Digitale Technologien . . . . .           | 2        |
| 2.1.1    | Blockchain . . . . .                      | 4        |
| 2.1.2    | Non-Fungible Token . . . . .              | 4        |
| 2.1.3    | Web3 . . . . .                            | 4        |
| 2.1.4    | Virtual Reality . . . . .                 | 4        |
| 2.1.5    | Augmented Reality . . . . .               | 4        |
| 2.2      | Technologien . . . . .                    | 4        |
| 2.2.1    | LED . . . . .                             | 4        |
| 2.2.2    | Matrix LED . . . . .                      | 4        |
| 2.2.3    | Displays . . . . .                        | 4        |
| 2.2.4    | Projektoren . . . . .                     | 4        |
| 2.2.5    | E Ink Folien . . . . .                    | 4        |
| 2.2.6    | Morphende Oberflächen . . . . .           | 4        |
| 2.3      | Fahrzeugtechnik . . . . .                 | 4        |
| 2.3.1    | Fahrzeugentwicklung . . . . .             | 4        |
| 2.3.2    | Elektrik/Elektronik Architektur . . . . . | 4        |
| 2.3.3    | Bussysteme . . . . .                      | 4        |
| 2.3.4    | Rechtliche Rahmenbedingungen . . . . .    | 4        |
| 2.3.5    | Sicherheitsbedingungen . . . . .          | 4        |
| <b>3</b> | <b>Prototyp</b>                           | <b>5</b> |
| 3.0.1    | Beschreibung . . . . .                    | 5        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.0.2    | Vision . . . . .   | 5         |
| 3.0.3    | Komponenten . . . . .  | 5         |
| 3.0.4    | Implementierung . . . . .  | 6         |
| <b>4</b> | <b>Kriterien für den Einzug von Individualisierungsmöglichkeiten im Fahrzeug</b> | <b>7</b>  |
| <b>5</b> | <b>Bewertung des Prototypen</b>  | <b>8</b>  |
| <b>6</b> | <b>Konzeptentwurf</b>  | <b>9</b>  |
| <b>7</b> | <b>Verifikation und Diskussion</b>   | <b>10</b> |
| <b>8</b> | <b>Zusammenfassung</b>   | <b>11</b> |
|          | <b>Literatur</b>   | <b>12</b> |
|          | <b>Sachwortverzeichnis</b>   | <b>12</b> |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis</b>   | <b>13</b> |
|          | <b>Tabellenverzeichnis</b>   | <b>14</b> |
|          | <b>Anhang A</b>  | <b>15</b> |
| A.1      | Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen . . . . .                         | 15        |
| A.2      | Weitere Details, welche im Hauptteil den Lesefluss behindern . . . . .           | 15        |
|          | <b>Anhang B</b>  | <b>16</b> |
| B.1      | Versuchsanordnung . . . . .  | 16        |
| B.2      | Liste der verwendeten Messgeräte . . . . .                                       | 16        |
| B.3      | Übersicht der Messergebnisse . . . . .   | 16        |
| B.4      | Schaltplan und Bild der Prototypenplatine . . . . .                              | 16        |
|          | <b>Anhang C</b>  | <b>18</b> |
| C.1      | Struktogramm des Programmentwurfs . . . . .                                      | 18        |
| C.2      | Wichtige Teile des Quellcodes . . . . .  | 18        |
|          | <b>Anhang D</b>  | <b>19</b> |
| D.1      | Einbinden von PDF-Seiten aus anderen Dokumenten . . . . .                        | 19        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Anhang E</b>                                       | <b>23</b> |
| E.1 Wichtige $\text{\LaTeX}$ -Befehle . . . . .       | 23        |
| E.2 Vorlagen für $\text{\LaTeX}$ Umgebungen . . . . . | 24        |
| E.2.1 Listen und Aufzählungen . . . . .               | 24        |
| E.2.2 Bilder und Grafiken . . . . .                   | 25        |
| E.2.3 Tabellen . . . . .                              | 30        |
| E.2.4 Formeln . . . . .                               | 31        |



# 1 Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist basierend auf einer Technischen Bewertung eines Fahrzeugprototypen Möglichkeiten aufzuzeigen wie die dort verwendeten Technologien und Komponenten in Serienfahrzeuge integriert werden können.

Beispiele für verwendete digitalen Technologien in dieser Arbeit sind Non-Fungible Token (NFT), Virtual Reality (VR) und Künstliche Intelligenz (KI). Ein bestehender Fahrzeugprototyp mit erweiterten Individualisierungsmöglichkeiten wurde genutzt, um Möglichkeiten für technische Änderungen im Fahrzeug zu zeigen.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert:

Zuerst werden in Kapitel 2 Grundlagen zu unterschiedlichen für diese Arbeit wichtige Technologien erläutert und der Fahrzeugprototyp in Kapitel 3 näher beschrieben. In Kapitel 4 werden Kriterien für den Einzug von Individualisierungsmöglichkeiten durch neuartige Komponenten im Fahrzeug aufgezählt und anschließend in Kapitel 5 der Prototyp anhand dieser bewertet. Mithilfe der Bewertung bildet Kapitel 6 einen möglichen Entwurf für das Einbinden der digitalen Technologien. Auf Basis des Konzeptentwurfs wird in Kapitel 7 darüber unter unterschiedlichen Gesichtspunkten diskutiert. Abschließend wird in Kapitel 8 die Arbeit auf wesentliche Erläuterungen zusammengefasst.

## 2 Grundlagen

Im folgenden werden für diese Arbeit notwendige Grundlagen erläutert. Die Reihenfolge der Erklärungen sortiert sich von allgemeinen Grundlagen zu digitalen Technologien über verbaute Technologien zu fahrzeugspezifischen Kenntnissen.

### 2.1 Digitale Technologien

In dieser Arbeit genutzte digitalen Technologien sind zum einen Blockchain Technologien, worauf NFT basieren, und in diesem Kontext die Veränderungen durch Web3. Daneben werden Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) kurz erläutert, da diese im weiteren Verlauf der Arbeit genutzt werden.



### 2.1.1 Blockchain

### 2.1.2 Non-Fungible Token

### 2.1.3 Web3

### 2.1.4 Virtual Reality

### 2.1.5 Augmented Reality

## 2.2 Technologien

### 2.2.1 LED

### 2.2.2 Matrix LED

### 2.2.3 Displays

### 2.2.4 Projektoren

### 2.2.5 E Ink Folien

### 2.2.6 Morphende Oberflächen

## 2.3 Fahrzeugtechnik

### 2.3.1 Fahrzeugentwicklung 4

### 2.3.2 Elektrik/Elektronik Architektur

## 3 Prototyp

### 3.0.1 Beschreibung

Der Prototyp basiert auf einem elektrischen Mittelklasse Serienfahrzeug mit voller Ausstattung an Komfortfunktionen. Aufbauend auf das bestehende Fahrzeug wurden Teile ergänzt und teilweise mit anderen Komponenten ausgetauscht.

### 3.0.2 Vision

Die Vision des Fahrzeug ist eine gesamtheitliche Darstellung des Fahrzeuges zu schaffen. Dazu sind technische Anforderungen an die verbauten Komponenten nötig und werden in 4 näher erläutert.

### 3.0.3 Komponenten

Das Fahrzeug hat sowohl im Exterieur als auch im Interieur Komponenten verbaut. Die Einteilung erfolgt auf der Betrachtungsweise der Komponenten. Exterieur Komponenten werden in der Regeln von Beobachtern außerhalb des Fahrzeugs betrachtet. Interieur Komponenten entsprechend von innen.

Im Exterieur sind dies ein E-Ink Display im Frontkühlergrill, ein durchgehendes RGB-Leuchtband in der Frontschürze, E-Ink Embleme über den beiden vorderen Radkästen, RGB-Leuchtbänder in allen vier Radkästen, Beamer in den beiden Außenspiegel, nach

außen gerichtete Displays in den Fondtürfenstern, ein RGB Leuchtband in der Heckleuchte und zwei kleine E-Ink Displays unterhalb der Heckleuchte. Im Interieur sind dies ein durchgehendes RGB LED Leuchtband von den hinteren Türen über die vorderen Türen bis über das gesamte Cockpit, in den Türen ein LED Matrix Feld, Displays in der Einstiegsleiste der vorderen Türen, Beamer in den Fußraum der Frontsitze, andere Designs für das Fahrer und das Zentraldisplay, eine morphende Oberfläche in der Mittelkonsole, ein durchsichtiges LCD Display für das Dachfenster und eine LED Matrix für den hinteren Teil des Dachhimmels. Im folgenden werden alle Komponenten näher betrachtet.

#### 3.0.3.1 E-Ink Display im Frontkühlergrill

### 3.0.4 Implementierung

## 4 Kriterien für den Einzug von Individualisierungsmöglichkeiten im Fahrzeug

... Text Konzeptentwurf: Gegenüberstellung verschiedener Lösungsansätze und Lösungsgenerierung, etc.

## 5 Bewertung des Prototypen



## 6 Konzeptentwurf

... Text Umsetzung: Beschreibung der Umsetzung und eigener Untersuchungen ...

# 7 Verifikation und Diskussion

... Verifikation, Auswertung, Lösungsbewertung, Diskussion der Ergebnisse

## 8 Zusammenfassung

... Text Zusammenfassung und Ausblick: In der Zusammenfassung unbedingt klare Aussagen zum Ergebnis der Arbeit nennen, im Optimalfall quantitative Angaben. Die Inhalte müssen sich auf die Fragestellung aus der Einleitung beziehen. ...

# Literatur

- [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

|     |   |    |
|-----|---|----|
| E.1 | Beispiel für die Einbindung eines Bildes. . . . .   | 25 |
| E.2 | Mit Tikz programmierte Grafik. . . . .  | 26 |
| E.3 | Mit Tikz programmierte Grafik, welche bereits vorgefertigte Bibliotheken<br>für Symbole aus der Digitaltechnik nutzt. . . . . | 26 |
| E.4 | Diagramm, erstellt mit dem <i>pgfplot</i> -Befehlssatz. . . . .   | 27 |
| E.5 | Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen. . . . .   | 29 |

# Tabellenverzeichnis

|     |  |    |
|-----|--|----|
| E.1 | Liste der verwendeten Messgeräte . . . . . | 30 |
|-----|--|----|

# Anhang A

A.1 Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen

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

# Anhang B

B.1 Versuchsanordnung

B.2 Liste der verwendeten Messgeräte

B.3 Übersicht der Messergebnisse

B.4 Schaltplan und Bild der Prototypenplatine



Diese Seite wurde eingefügt, um zu zeigen, wie sich der Inhalt der Kopfzeile automatisch füllt.

# Anhang C

C.1 Struktogramm des Programmentwurfs

C.2 Wichtige Teile des Quellcodes

# Anhang D

## D.1 Einbinden von PDF-Seiten aus anderen Dokumenten

Auf den folgenden Seiten wird eine Möglichkeit gezeigt, wie aus einem anderen PDF-Dokument komplette Seiten übernommen werden können. 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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Seiten.

Eine bessere Alternative ist, einzelne Seiten mit „*\includegraphics*“ einzubinden. Z.B. wenn Inhalte von Datenblättern wiedergegeben werden sollen.







# Anhang E

## E.1 Wichtige L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Befehle

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <code>\label{}</code>              | Definition eines Labels, auf welches referenziert werden kann<br>z.B.: <code>\label{fig:MyImage}</code>                            |
| <code>\ref{}</code>                | Setzen einer Referenz zu einem Label   |
| <code>\pageref{}</code>            | Gibt die Seitenzahl zu einer Referenz zurück<br>z.B.: Tabelle~ <code>\ref{tab:messdaten}</code> fasst die Messergebnisse zusammen. |
| <code>\cite{}</code>               | Literaturreferenz einfügen   |
| <code>\cite[S. x]{}</code>         | Literaturreferenz mit Angabe einer Seitenzahl „x“ einfügen   |
| <code>\footnote{}</code>           | Fußnote einfügen   |
| <code>~</code>                     | Einfügen eines geschützten Leerzeichens  |
| <code>\$Formel\$</code>            | Eingabe einer Formel im Text   |
| <code>\nomenclature{a.}{ab}</code> | Aufnahme der Abkürzung „a.“ für „ab“ in das Abkürzungsverzeichnis.   |
| <code>\index{Obst!Birne}</code>    | Aufnahme des Begriffs „Birne“ in den Index unter „Obst“.   |
| <code>\clearpage</code>            | Ausgabe aller Gleitobjekte und Umbruch auf neue Seite  |

## E.2 Vorlagen für L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Umgebungen

### E.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.



## E.2.2 Bilder und Grafiken

Bilder können als PDF-, JPG-, und PNG-Bilder in  $\text{\LaTeX}$  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.<sup>1</sup>
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  $\text{\LaTeX}$  eingebunden werden.

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



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

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

---

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

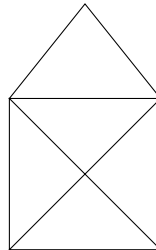
**Listing E.1:** Quellcode der Abbildung E.1.

```

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}

```

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 E.2 zeigt:



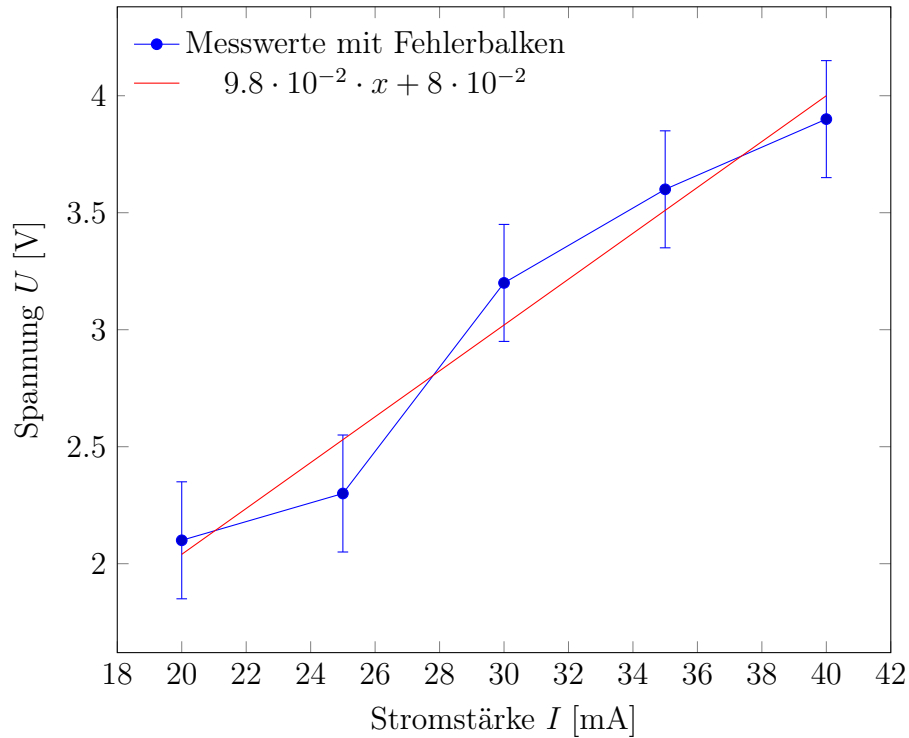
**Abbildung E.2:** Mit Tikz programmierte Grafik.

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



**Abbildung E.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 E.4 sehen Sie ein Beispiel.



**Abbildung E.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 E.2.

**Listing E.2:** Quellcode der Abbildung E.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 E.3 ist der Quellcode der Datei *mess\_fehlerbalken.tex* dargestellt.

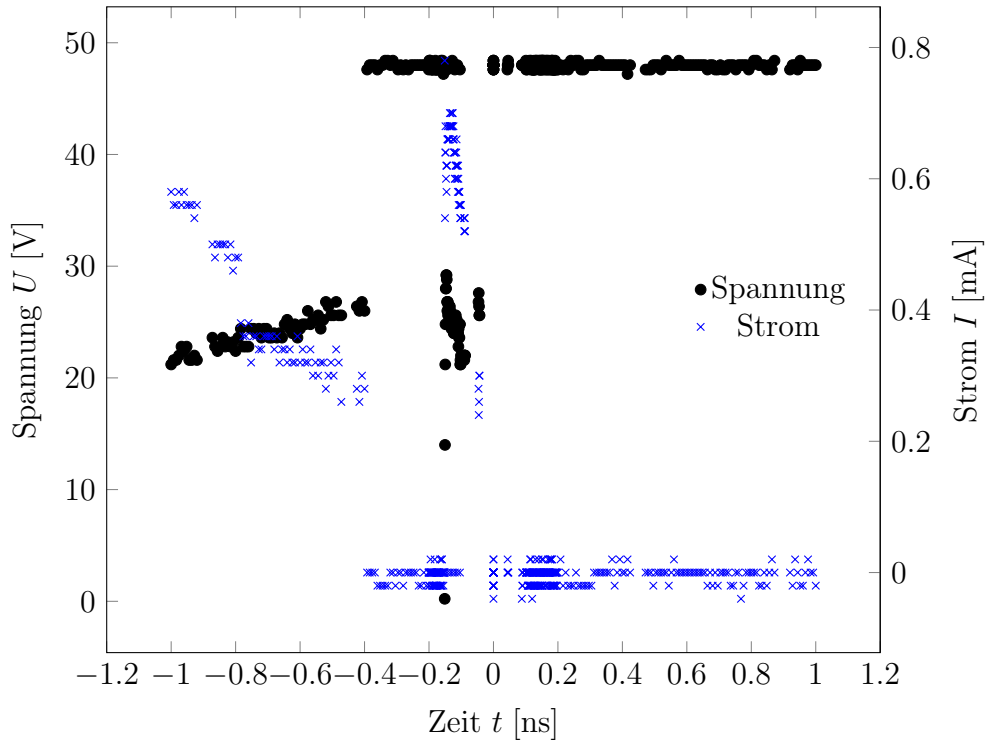
**Listing E.3:** Quellcode der Datei *mess\_fehlerbalken.tex*.

```

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=error_y]
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 E.5 wird ein weiteres Beispiel für ein Diagramm gezeigt. Oftmals wird eine zweite y-Achse verwendet, um verschiedene Skalen darstellen zu können.



**Abbildung E.5:** Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen.

### E.2.3 Tabellen

**Tabelle E.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 $\mu\text{C}$ | $\Delta I = \pm 0.1 \text{ A}$ |

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

**Listing E.4:** Quellcode der Tabelle E.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 Spannungsversorgung} & Voltmaker & HV2000 & \parbox[t]{0.2\linewidth}{\centering Spannungsversorgung 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}

```

## E.2.4 Formeln

Formeln lassen sich in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 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

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

Mit einem Label in Formel E.1 lassen sich natürlich auch Formeln im Text referenzieren. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 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 E.2 zu sehen ist.

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

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

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

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

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

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:

|   |  |
|---|--|
| <code>\text{}</code>  | Damit kann in Formel-Umgebung Text geschrieben werden. |
| <code>\,</code> , <code>\:</code> , <code>\;</code> oder <code>\quad</code> und <code>\qquad</code> | Zusätzlichen Abstand zwischen Symbolen einfügen.       |
| <code>\notag</code>   | Nummerierung einer bestimmten Formel ausschalten.      |

Abschließend nochmals ein kleines Beispiel:

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