

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:	1. September 2022
Bearbeitungszeitraum:	04.04.2022 - 12.09.2022
Matrikelnummer:	216 5691
Kurs:	TFE20-2
Ausbildungsfirma:	Mercedes Benz AG
Betreuer der Ausbildungsfirma:	M.Sc. Christian Bootz
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 1. 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:

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 1. September 2022

ALEXANDER KÖHN

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	2
2.1	Wahrnehmung des Menschen	3
2.1.1	Optische Wahrnehmung	3
2.1.2	Haptische Wahrnehmung	3
2.1.3	Akustische Wahrnehmung	3
2.1.4	Olfaktorische Wahrnehmung	3
2.2	Technologien	3
2.2.1	Light-emitting diode (LED)	3
2.2.2	LED Matrix	3
2.2.3	Bildschirmtechnologien	4
2.2.4	Videoprojektoren	4
2.2.5	Elektronisches Papier	4
2.2.6	Morphende Oberflächen	4
2.3	Fahrzeugtechnik	4
2.3.1	Fahrzeugentwicklung	5
2.3.2	Karosserie	5
2.3.3	Elektrik/Elektronik Architektur	5
2.3.4	Rechtliche Rahmenbedingungen	5
2.3.5	Sicherheitsanforderungen	5
3	Fahrzeugprototyp	6
3.1	Gesamtkonzept	6
3.2	Beschreibung	6

3.3	Komponenten	7
3.3.1	E-Ink Display im Frontkühlergrill	8
3.3.2	RGB-Leuchtband in der Frontschürze	8
3.3.3	E-Ink Embleme über den vorderen Radkästen	8
3.3.4	Leuchtstreifen in den Radkästen	8
3.3.5	Beamer in den Außenspiegeln	9
3.3.6	Displays in den Fronttürfenstern	9
3.3.7	Leuchtband in der Heckleuchte	9
3.3.8	E-Ink Displays in der Heckleuchte	9
3.3.9	Interieur Leuchtband	10
3.3.10	Matrix LED Türtafeln	10
3.3.11	Displays in der Einstiegsleiste	10
3.3.12	Beamer im Fußraum	10
3.3.13	Morphende Oberfläche in der Mittelkonsole	11
3.3.14	Durchsichtiges LCD Display im Dachfenster	11
3.3.15	LED Matrix im Dachhimmel	11
3.4	Ansteuerung	11
4	Analyse der Komponenten des Prototypen	12
4.1	Kriterien für den Einbau der Komponenten in Serienfahrzeuge	13
4.1.1	Rechtliche Kriterien	13
4.1.2	Technische Kriterien	13
4.1.2.1	Verbau	13
4.1.2.2	Versorgung	13
4.1.2.3	Anpassungen	13
4.1.3	Wirtschaftliche Kriterien	13
4.1.4	Optische Kriterien	13
5	Anforderungen an die Komponenten für eine Serieneinführung auf Basis der Analyse	14
6	Verifikation und Diskussion	15
7	Zusammenfassung	16

Literatur	17
Sachwortverzeichnis	17
Abbildungsverzeichnis	18
Tabellenverzeichnis	19
Anhang A	20
A.1 Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen	20
A.2 Weitere Details, welche im Hauptteil den Lesefluss behindern	20
Anhang B	21
B.1 Versuchsanordnung	21
B.2 Liste der verwendeten Messgeräte	21
B.3 Übersicht der Messergebnisse	21
B.4 Schaltplan und Bild der Prototypenplatine	21
Anhang C	23
C.1 Struktogramm des Programmentwurfs	23
C.2 Wichtige Teile des Quellcodes	23
Anhang D	24
D.1 Einbinden von PDF-Seiten aus anderen Dokumenten	24
Anhang E	28
E.1 Wichtige \LaTeX -Befehle	28
E.2 Vorlagen für \LaTeX Umgebungen	29
E.2.1 Listen und Aufzählungen	29
E.2.2 Bilder und Grafiken	30
E.2.3 Tabellen	35
E.2.4 Formeln	36

1 Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist basierend auf einer Analyse von Komponenten eines Fahrzeugprototypen unter unterschiedlichen Kriterien Anforderungen zu stellen, welche Entwicklungen benötigt werden, damit diese Komponenten in eine Fahrzeugserie eingebaut werden.

Mit Hilfe dieser Arbeit wird eine Diskussionsgrundlage für die weitere Verwendung der Technologien des Prototypen geschaffen, um das Gesamtkonzept des Prototypen in die Fahrzeugserienentwicklung zu integrieren.

Der Prototyp ist ein Forschungsfahrzeug, das durch eingebaute Komponenten im Interieur und Exterieur sein Erscheinungsbild für Beobachter und Beobachterinnen dynamisch verändern kann. Dynamisch bedeutet in diesem Fall, dass das Fahrzeug erstens dynamische Effekte besitzt und zweitens diese Effekte auf andere Erscheinungsbilder umschaltbar sind. Die Arbeit ist wie folgt gegliedert:

Zuerst werden in Kapitel 2 Grundlagen zu den wichtigsten in dieser Arbeit behandelten Technologien vermittelt, um auf diesen Grundlagen den Fahrzeugprototyp mit seinen Komponenten in Kapitel 3 näher beschreiben zu können. Daneben wird in dem Kapitel noch näher auf das Grundkonzept des Prototypen eingegangen.

Aufbauend auf den Erläuterungen zu den einzelnen Komponenten des Fahrzeuges werden diese im Kapitel 4 durch zuerst definierte Kriterien überprüft, um mit dieser Analyse anschließend Anforderungen an die weitere Entwicklung der Komponenten in Kapitel 5 zu stellen.

In Kapitel 6 werden diese Anforderungen unter dem gesamten Leitbild betrachtet und ein Ausblick auf mögliche zukünftige Szenarien gestellt. Abschließend wird in Kapitel 7 die Arbeit auf die wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst.

2 Grundlagen

Im folgenden werden für diese Arbeit notwendige Grundlagen zu unterschiedlichen Technologien und Wissensbereiche erarbeitet. Zuerst werden die unterschiedlichen menschlichen Sinneswahrnehmungen erläutert. Anschließend werden die Technologien der Komponenten des Prototypen vorgestellt. Abschließend erfolgt eine Betrachtung der wesentlichen Wissensbereiche der Fahrzeugtechnik für die spätere Analyse.

2.1 Wahrnehmung des Menschen

2.1.1 Optische Wahrnehmung

2.1.2 Haptische Wahrnehmung

2.1.3 Akustische Wahrnehmung

2.1.4 Olfaktorische Wahrnehmung

2.2 Technologien

In den folgenden Unterbereichen werden jeweils die einzelnen Technologien auf Funktionsweise, Beschaffenheit und Aufbau vorgestellt, um diese Technologien auf ihre Anforderungen einordnen zu können.

2.2.1 Light-emitting diode (LED)

Halbleiter, Spannungsversorgung, Lichtstärke, Farben, Einbauvarianten, Streifen

2.2.2 LED Matrix

Leuchtstärke, Pixeldichte, Dynamik, Eibau

2.2.3 Bildschirmtechnologien

unterschiedliche Technologien, Farbe, durchsichtig, Temperaturentwicklung

2.2.4 Videoprojektoren

Größe, Temperatur, Bildqualität, Pixel, Farbe, Reichweite, Randbedingungen Empfindlichkeit.

2.2.5 Elektronisches Papier

Besonderheit, Stromverbrauch, Dynamik,

2.2.6 Morphende Oberflächen

Konzepte, Einbau, Haptik, Dynamik, Komplexität

2.3 Fahrzeugtechnik

Für die spätere Analyse der Komponenten sind neben den oben erläuterten Technologien das Gesamtkontext der Fahrzeugtechnik wichtig, um ein Verständnis für die Herausforderungen zu entwickeln.

Deswegen wird im folgenden auf die allgemeinen Prozessschritte der Fahrzeugentwicklung, die Fahrzeugkarosserie, die Elektrik/ Elektronik Architektur, die rechtlichen Rahmenbedingungen und die sicherheitsrelevanten Vorkehrungen eingegangen

2.3.1 Fahrzeugentwicklung

2.3.2 Karosserie

2.3.3 Elektrik/Elektronik Architektur

2.3.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

2.3.5 Sicherheitsanforderungen

3 Fahrzeugprototyp

3.1 Gesamtkonzept

Das Gesamtkonzept für den Fahrzeugprototypen basiert auf der Vision eines Fahrzeuges als Leinwand (englisch: car as a canvas). Das Zielbild dieser Vision ist ein Fahrzeug, das auf vollständiger Weise seine Wahrnehmung auf den Menschen verändern kann. Besonders die optische Wahrnehmung ist hier im Vordergrund der Vision, aber diese bleibt nicht singulär, sondern die anderen Wahrnehmungsarten sind genauso veränderbar.

Unter der übergeordneten Vision das Fahrzeug als Leinwand zu betrachten, bildet das Gesamtkonzept eine mögliche Variante der Vision. Durch unterschiedliche Komponenten werden die optischen, haptischen, olfaktorischen und akustischen Individualisierungsmöglichkeiten vergrößert. Diese Komponenten können im Gegensatz zu vielen bisherigen Techniken dynamisch ihre Inhalte verändern und somit das Erscheinungsbild des Fahrzeuges über die Zeit verändern. Die Inhalte aller Kollektion sind abgestimmt unter einer Kollektion für den Besitzer auswählbar und mit anderen Kollektionen austauschbar.

3.2 Beschreibung

Zugrundeliegend für das Gesamtkonzept, was unten näher beschrieben wird, die Vision eines Fahrzeuges als Leinwand. Es soll für den Kunden möglich gemacht werden ihr

Fahrzeug in einer neuen Art individualisieren zu können. Die Individualisierungen sollen durch neuartige eingebaute Komponenten und durch Augmented Reality Inhalte implementiert werden. Auf die Augmented Reality Inhalte wird in der folgenden Arbeit nicht näher eingegangen.

Der Prototyp basiert auf einem elektrischen Mittelklasse Serienfahrzeug gebaut im Jahr 2020. Aufbauend auf diesem Fahrzeug wurden im Exterieur und Interieur Teile ergänzt und teilweise mit anderen Komponenten ausgetauscht.

3.3 Komponenten

Das Fahrzeug hat sowohl im Exterieur als auch im Interieur Komponenten verbaut. Die Komponenten wurden nach der verwendeten Technik und dem Ort benannt. Die Einteilung erfolgt nach der Betrachtungsweise innerhalb oder außerhalb des Fahrzeugs der Komponenten. Exterieur Komponenten werden 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.

3.3.1 E-Ink Display im Frontkühlergrill

Das E-Ink Display befindet sich hinter einer Scheibe mit einem Markenlogo in der Mitte der Fahrzeugfront und schließt an den Seiten auf die beiden Frontlichter an. Das Display kann statische Bilder zeigen und soll mit einem großen Betrachtungswinkel von vorne gesehen werden.

3.3.2 RGB-Leuchtband in der Frontschürze

Das RGB-Leuchtband ist dreiteilig aufgeteilt. Zwei Teile befinden sich in der Frontleuchten und schließen auf gleicher Höhe mit dem Mittelstück an. Das Mittelstück befindet sich oberhalb des E-Ink Displays im Frontkühlergrill. Das Leuchtband kann dynamische Lichtinszenierungen erzeugen.

3.3.3 E-Ink Embleme über den vorderen Radkästen

Oberhalb der Radkästen befinden sich ca 20 cm Breite und 8 cm hohe E-Ink Displays. Diese können statisch Bilder darstellen und werden zum Anzeigen des Namens der verwendeten Kollektion genutzt.

3.3.4 Leuchtstreifen in den Radkästen

In allen vier Radkästen befinden sich RGB LED-Streifen am äußeren Rand und strahlen im Radkasten Innenraum auf den oberen Halbkreis des Reifenprofils. Die Beleuchtung ist dynamisch ansteuerbar.

3.3.5 Beamer in den Außenspiegeln

In den Außenspiegeln wurde der Innenraum mit der Spiegelmechanik ausgebaut und Beamer eingebaut. Der nach unten ausgerichtete Beamer bestrahlt die Flächen vor den vorderen Türen mit farbigen Videos.

3.3.6 Displays in den Fonttürfenstern

In den hinteren Türen befinden sich hinter der Nebenscheiben, die mit einer Leiste von den beweglichen Hauptglasscheiben getrennt sind, farbige LCD Displays. Diese können von außen betrachtet werden. Die Rückseite der Displays ist von innen mit einer schwarzen Kunststoffverkleidung für die Passagiere abgedeckt.

3.3.7 Leuchtband in der Heckleuchte

In der Serienheckleuchte wurde das rote Leuchtband mit einem RGB LED-Streifen getauscht, um alle Farben darzustellen. Der Streifen ist dynamisch ansteuerbar.

3.3.8 E-Ink Displays in der Heckleuchte

Direkt unterhalb der Heckleuchten sind zwei E-Ink Displays eingebaut, um den Namen der Designs wie beim Display oberhalb des Radkastens für Betrachter von hinten zu zeigen.

3.3.9 Interieur Leuchtband

Der RGB LED-Streifen ist fünfgeteilt und erstreckt sich im oberen Bereich der Türverkleidung und schließt über das Cockpit zu einem einheitlichen Band ab. Der Streifen ist mit einer Streulichtabdeckung versehen, damit der Betrachter nicht die einzelnen LED erkennen kann. Der Streifen kann dynamisch Farben und Inszenierungen abspielen.

3.3.10 Matrix LED Türtafeln

In allen vier Türverkleidungen befinden sich unterhalb des LED-Streifens ein LED Feld hinter einer Abdeckung mit durchsichtigen Sternen. Die Sterne können somit mit unterschiedlichen Farben angestrahlt werden.

3.3.11 Displays in der Einstiegsleiste

Anstelle einer Edelstahl Abdeckung mit einem Schriftzug befinden sich in den vorderen Türen Displays in der Einstiegsleiste. Die LCD Displays können bei geöffneter Türe Inhalte dem Betrachter darstellen.

3.3.12 Beamer im Fußraum

Für die vorderen Fußräume wurden zwei Beamer verbaut. Der eine Beamer befindet sich unterhalb der Lenkersäule, der Andere unterhalb des Handschuhfachs. Beide Beamer strahlen den Fußraum an und können dynamisch Inhalte abspielen.

3.3.13 Morphende Oberfläche in der Mittelkonsole

In der Mittelkonsole wurde das Ablagefach und die abgelederte Abdeckung durch eine neuartige Vorrichtung ersetzt, die von innen mit Hilfe von kleinen Stiften auf die Abdeckung drückt, um ein bestimmtes Muster zu erzeugen.

3.3.14 Durchsichtiges LCD Display im Dachfenster

An das Dachfenster wurde ein durchsichtiges LCD Display geklebt, das in schwarz weiß Bilder darstellen kann.

3.3.15 LED Matrix im Dachhimmel

Im Dachhimmel unter der Bestoffung befindet sich ein Matrix RGB LED Feld. Das Feld kann dynamische Farbeffekte für die Fahrzeugpassagiere erzeugen.

3.4 Ansteuerung

4 Analyse der Komponenten des Prototypen

Nachfolgend werden alle Komponenten unter den von 4.1 genannten Kriterien analysiert. Im Zuge der Analyse werden im nächsten Kapitel Entwürfe für die Implementierung der Komponenten dargestellt.

4.1 Kriterien für den Einbau der Komponenten in Serienfahrzeuge

4.1.1 Rechtliche Kriterien

4.1.2 Technische Kriterien

4.1.2.1 Verbau

4.1.2.2 Versorgung

4.1.2.3 Anpassungen

4.1.3 Wirtschaftliche Kriterien

4.1.4 Optische Kriterien

5 Anforderungen an die Komponenten für eine Serieneinführung auf Basis der Analyse

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

6 Verifikation und Diskussion

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

7 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.	30
E.2	Mit Tikz programmierte Grafik.	31
E.3	Mit Tikz programmierte Grafik, welche bereits vorgefertigte Bibliotheken für Symbole aus der Digitaltechnik nutzt.	31
E.4	Diagramm, erstellt mit dem <i>pgfplot</i> -Befehlssatz.	32
E.5	Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen.	34

Tabellenverzeichnis

E.1	Liste der verwendeten Messgeräte	35
-----	--	----

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^AT_EX-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^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
<code>\pageref{}</code>	Gibt die Seitenzahl zu einer Referenz zurück 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^AT_EX 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 \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.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 \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.

¹Mit 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:

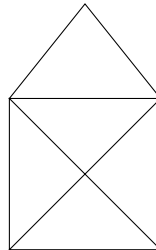


Abbildung E.2: Mit Tikz programmierte Grafik.

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.

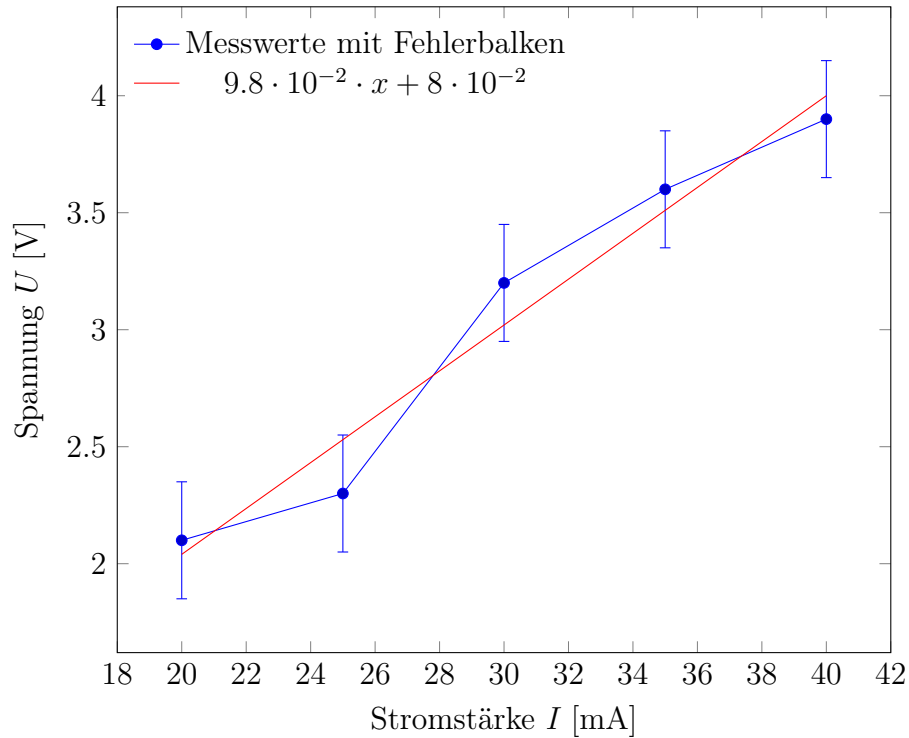


Abbildung E.4: Ein Diagramm, erstellt in der *tikzpicture*-Umgebung mit dem *pgfplot*-Befehlssatz. Das Diagramm stellt Messdaten, deren Fehlerbalken und eine Regressionskurve dar. Die Messdaten werden von einer separaten Datei eingelesen und die Regressionskurve wurde mit *pgfplot* berechnet und erstellt.

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.

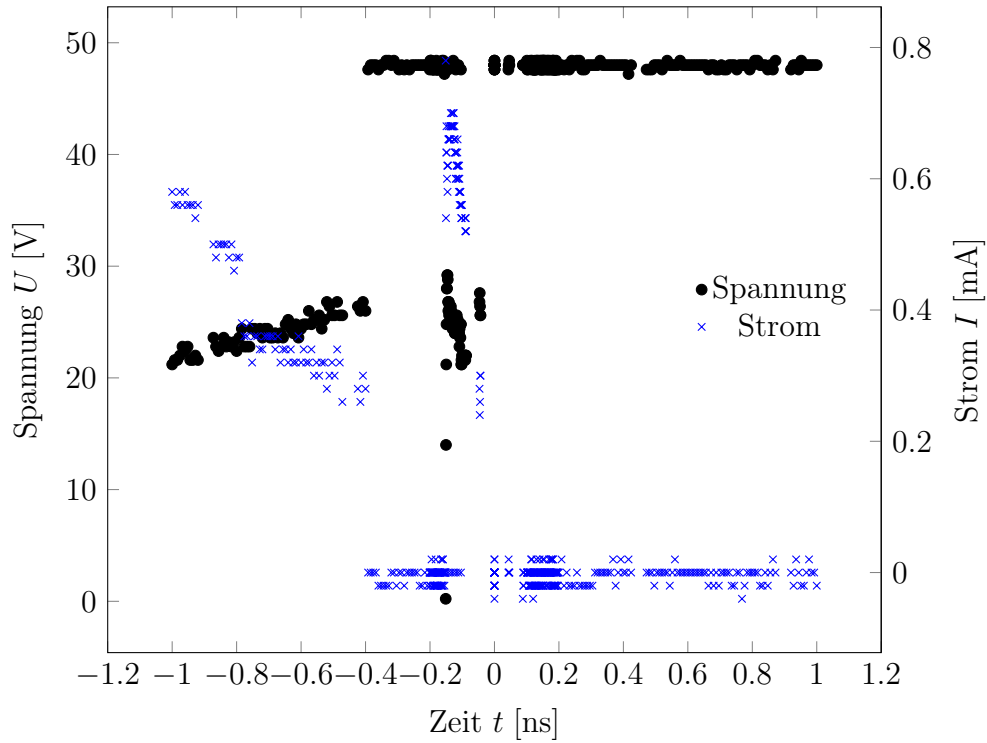


Abbildung E.5: Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen.

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 μC	$\Delta I = \pm 0.1 \text{ A}$

Der Quellcode der Beispieldabelle 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^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

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

Mit einem Label in Formel E.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 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:

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