

# 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

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1	Menschliche Wahrnehmung . . . . .	2
2.1.1	Visuelle 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) . . . . .	4
2.2.2	LED Matrix . . . . .	4
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 . . . . .	5
2.3.1	Fahrzeugentwicklung . . . . .	5
2.3.2	Karosserie . . . . .	5
2.3.3	Elektrik/Elektronik Architektur (E/E Architektur) . . . . .	5
2.3.4	Rechtliche Rahmenbedingungen . . . . .	5
2.3.5	Sicherheitsanforderungen . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Fahrzeugprototyp</b>	<b>6</b>
3.1	Vision . . . . .	6
3.2	Gesamtkonzept . . . . .	6

3.3	Beschreibung . . . . .	7
3.4	Komponenten . . . . .	7
3.4.1	E-Ink Display im Frontkühlergrill . . . . .	8
3.4.2	RGB-Leuchtband in der Frontschürze . . . . .	8
3.4.3	E-Ink Embleme über den vorderen Radkästen . . . . .	8
3.4.4	Leuchtstreifen in den Radkästen . . . . .	9
3.4.5	Beamer in den Außenspiegeln . . . . .	9
3.4.6	Displays in den Fontttürenstern . . . . .	9
3.4.7	Leuchtband in der Heckleuchte . . . . .	9
3.4.8	E-Ink Displays in der Heckleuchte . . . . .	10
3.4.9	Interieur Leuchtband . . . . .	10
3.4.10	Matrix LED Türtafeln . . . . .	10
3.4.11	Displays in der Einstiegsleiste . . . . .	10
3.4.12	Beamer im Fußraum . . . . .	11
3.4.13	Morphende Oberfläche in der Mittelkonsole . . . . .	11
3.4.14	Durchsichtiges LCD Display im Dachfenster . . . . .	11
3.4.15	LED Matrix im Dachhimmel . . . . .	11
3.5	Ansteuerung . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Analyse der Komponenten des Prototypen</b>	<b>13</b>
4.1	Kriterien für den Einbau der Komponenten in Serienfahrzeuge . . . . .	14
4.1.1	Rechtliche Kriterien . . . . .	14
4.1.2	Technische Kriterien . . . . .	14
4.1.2.1	Verbau . . . . .	14
4.1.2.2	Versorgung . . . . .	14
4.1.2.3	Anpassungen . . . . .	14
4.1.3	Wirtschaftliche Kriterien . . . . .	14
4.1.4	Optische Kriterien . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Anforderungen an die Komponenten für eine Serieneinführung auf Basis der Analyse</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Verifikation und Diskussion</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>17</b>

<b>Literatur</b>	<b>18</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>18</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>20</b>
<b>Anhang A</b>	<b>21</b>
A.1 Details zu bestimmten theoretischen Grundlagen . . . . .	21
A.2 Weitere Details, welche im Hauptteil den Lesefluss behindern . . . . .	21
<b>Anhang B</b>	<b>22</b>
B.1 Versuchsanordnung . . . . .	22
B.2 Liste der verwendeten Messgeräte . . . . .	22
B.3 Übersicht der Messergebnisse . . . . .	22
B.4 Schaltplan und Bild der Prototypenplatine . . . . .	22
<b>Anhang C</b>	<b>24</b>
C.1 Struktogramm des Programmentwurfs . . . . .	24
C.2 Wichtige Teile des Quellcodes . . . . .	24
<b>Anhang D</b>	<b>25</b>
D.1 Einbinden von PDF-Seiten aus anderen Dokumenten . . . . .	25
<b>Anhang E</b>	<b>29</b>
E.1 Wichtige L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X-Befehle . . . . .	29
E.2 Vorlagen für L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> XUmgebungen . . . . .	30
E.2.1 Listen und Aufzählungen . . . . .	30
E.2.2 Bilder und Grafiken . . . . .	31
E.2.3 Tabellen . . . . .	36
E.2.4 Formeln . . . . .	37



# 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 Menschliche Wahrnehmung

Menschliche Wahrnehmung ist die "Tätigkeit oder Vorgang der Informationsaufnahme durch unsere Sinne"[BSS17, Seite 12]. Dieser Prozess beschränkt sich dabei nicht nur auf die Aufnahme von Informationen, sondern auch auf die Auswahl und Bewertung der Informationsdaten nach Relevanz. [BSS17, Vgl. Seite 12]

Mit 70 % wahrgenommenen Umweltreize durch das Auge, ist es das bedeutendste Sinnesorgan des Menschen vor der Haut, Nase, Ohr oder Zunge. Unsere Wahrnehmung ist dabei immer eine Interpretation der erhaltenen Sinnesreize aller Sinnesorgane. Unsere visuelle Wahrnehmung ist daher nicht nur durch die Augen bestimmt, sondern auch durch die Ohren, der Nase, der Zunge und der Haut. Daneben spielen unsere Erfahrungen und emotionale Lage einen Einfluss auf die Wahrnehmung. [BSS17, Vgl. Seite 13 f.]

Mit digitalen Medien können visuelle, auditive, haptische, motorische und olfaktorische Sinneskanäle angesprochen werden. Das Ziel der Medien ist dabei die Aufmerksamkeit des Menschen auf das Objekt zu richten. Visuelle Inhalte können Schriften, Grafiken, Animationen oder Farben sein. Auditive sind Musik oder Geräusche. Haptische Inhalte

sind fühlbare Strukturen und Oberflächen, während motorische Inhalte bewegliche Teile sind. Olfaktorische Inhalte sind Düfte und Gerüche. [BSS17, Vgl. Seite 3]

In den nächsten Unterkapiteln werden die unterschiedlichen menschlichen Wahrnehmungsarten erläutert, wobei der Fokus auf die visuelle Wahrnehmung gerichtet ist.

### 2.1.1 Visuelle Wahrnehmung

Die visuelle Wahrnehmung basiert hauptsächlich auf den Sinneseindrücken durch unser Auge, das lichtempfindliche Zellen besitzt und daneben wie oben erwähnt, auch aus dem Zusammenspiel der anderen Sinnesorgane.

Die Zellen werden dabei zwischen Stäbchen und Zapfen unterschieden. Die Mehrzahl an Zellen bilden die spektral unempfindlichen Stäbchen, während nur eine geringe Anzahl farbempfindliche Zapfen sind. Dabei ist ein Zapfen immer nur für eine der drei Grundfarben rot, grün und blau lichtempfindlich. Die Farben in der menschlichen Wahrnehmung sind daher ein Ergebnis der Signalverarbeitung der drei unterschiedlichen Zapfen. [BSS17, Vgl. Seite 14]

### 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 (E/E Architektur)**

Die

### **2.3.4 Rechtliche Rahmenbedingungen**

### **2.3.5 Sicherheitsanforderungen**

## 3 Fahrzeugprototyp

### 3.1 Vision

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 visuelle Wahrnehmung ist hier im Vordergrund der Vision, aber diese bleibt nicht singulär, sondern die anderen Wahrnehmungsarten sollen die visuelle Wahrnehmung unterstützen.

Unter der übergeordneten Vision das Fahrzeug als Leinwand zu betrachten, bildet das Gesamtkonzept des Prototypen einen möglichen ersten Schritt in Richtung der Vision.

### 3.2 Gesamtkonzept

Das Gesamtkonzept besteht im Kern um digitale Kunst im Fahrzeug. Kunden können unterschiedliche digitale Kunstinhalte, sogenannte Kollektionen, erwerben und diese Kollektionen in ihrem Fahrzeug aktivieren. Die Kollektionen bestehen aus mehreren inhaltlichen Bestandteilen, welche auf neuartigen und bestehenden Fahrzeugkomponenten im Fahrzeug dargestellt werden. Neben optischen Komponenten unterstützen haptische, olfaktorische und akustische Komponenten die Kollektionen. Dazu bilden Augmented Reality (AR) Anwendungen weitere Darstellungen der Kollektion mit Hilfe von Drittgeräten wie Mobiltelefone.

Im Gegensatz zu bisherigen Individualisierungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Ambientebeleuchtung, können die Komponenten zum Einen dynamisch ihre Inhalte verändern und zum Anderen das gesamte Erscheinungsbild des Fahrzeuges durch ganzheitliche Kollektionen verändern.

## 3.3 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.

## 3.4 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 Fahrzeuges der Komponenten. Exterieur Komponenten werden von Beobachtern außerhalb des Fahrzeuges 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 Fondtürfenster, 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.

#### 3.4.1 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.

#### 3.4.2 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.

#### 3.4.3 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.



#### **3.4.4 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.

#### **3.4.5 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.

#### **3.4.6 Displays in den Fonttfürfenstern**

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.

#### **3.4.7 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.

### 3.4.8 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.

### 3.4.9 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.

### 3.4.10 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.

### 3.4.11 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.

#### **3.4.12 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.

#### **3.4.13 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.

#### **3.4.14 Durchsichtiges LCD Display im Dachfenster**

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

#### **3.4.15 LED Matrix im Dachhimmel**

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

### **3.5 Ansteuerung**

Die Ansteuerung der Komponenten erfolgt über einen zentralen Rechner mit Windows Betriebssystem, der sich im Kofferraum des Fahrzeuges befindet und die Informatio-

nen für die Komponenten in einem Verzeichnis gespeichert hat. Die Komponenten sind entweder direkt über Leitungen oder über eine Wireless Local Area Network (WLAN) Schnittstelle mit dem Rechner verbunden.

An dem Computer ist ein Mobiltelefon über WLAN angeschlossen, das mit Hilfe einer App unterschiedliche Inhalte für die Komponenten auswählen kann.

Der Computer hat einen Zugriff auf das Bordnetz des Fahrzeug, um einzelne Signale herauslesen zu können. Durch bestimmte Signaländerungen löst der Computer Sequenzen von Inhalten in den Komponenten aus.

Die Komponenten des Prototypen sind damit nicht über das Serienbordnetz des Fahrzeug angeschlossen, sondern sind gesamt von diesem abgekoppelt.

## 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

- [BSS17] Peter Bühler, Patrick Schlaich und Dominik Sinner. *Visuelle Kommunikation: Wahrnehmung - Perspektive - Gestaltung*. Bibliothek der Mediengestaltung / Peter Bühler, Patrick Schlaich, Dominik Sinner. Berlin: Springer Vieweg, 2017. ISBN: 978-3-662-53770-1.

# Abbildungsverzeichnis

E.1	Beispiel für die Einbindung eines Bildes. . . . .	31
E.2	Mit Tikz programmierte Grafik. . . . .	32
E.3	Mit Tikz programmierte Grafik, welche bereits vorgefertigte Bibliotheken für Symbole aus der Digitaltechnik nutzt. . . . .	32
E.4	Diagramm, erstellt mit dem <i>pgfplot</i> -Befehlssatz. . . . .	33
E.5	Diagramm mit zwei unterschiedlichen y-Achsen. . . . .	35

# Tabellenverzeichnis

E.1	Liste der verwendeten Messgeräte . . . . .	36
-----	--------------------------------------------	----

# 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 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<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.

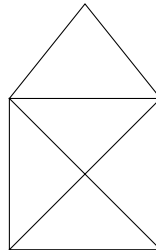
**Listing E.1:** Quellcode der Abbildung E.1.

```

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.

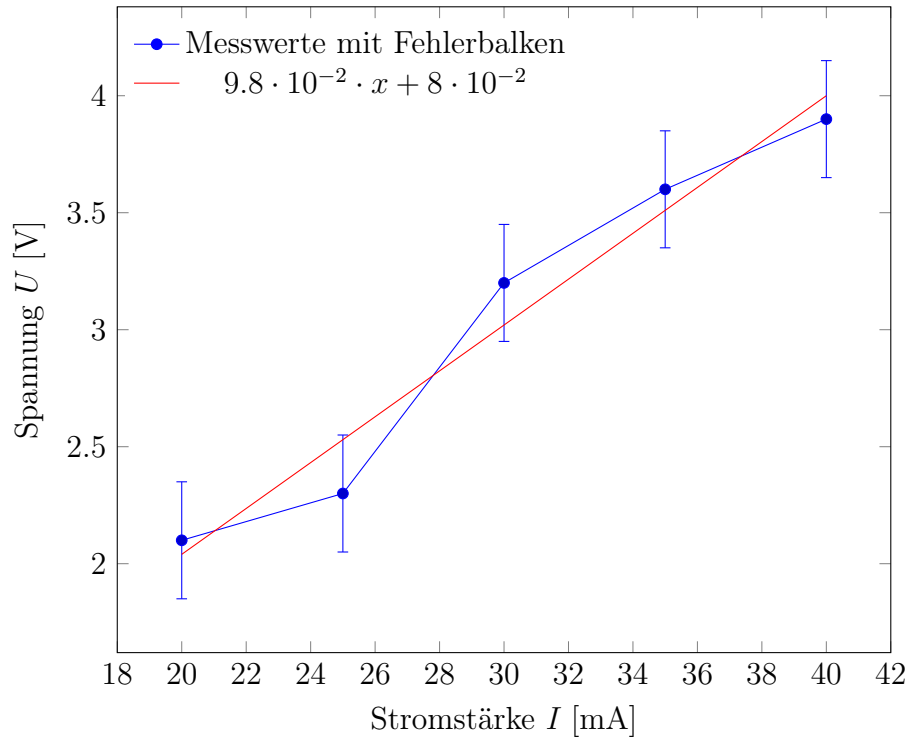
Ein etwas umfangreicheres Beispiel zur Digitaltechnik ist in Abbildung E.3 dargestellt:



**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.

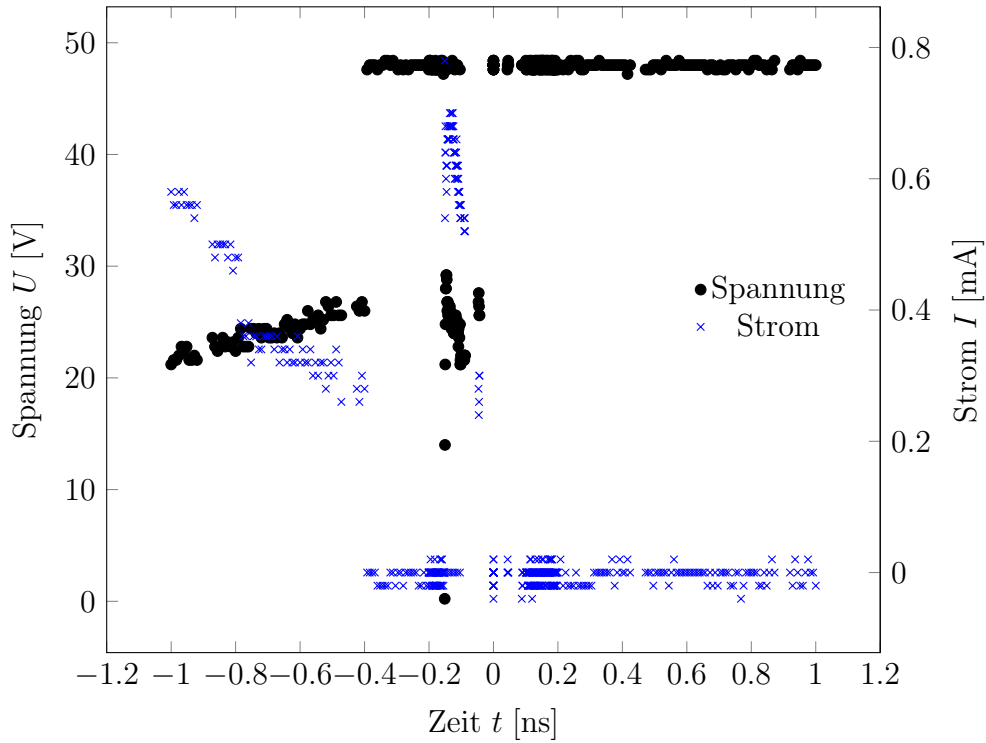
**Listing E.3:** Quellcode der Datei *mess\_fehlerbalken.tex*.

```

1 \begin{tikzpicture}
2 \begin{axis}[scale=1.3,legend entries={Messwerte mit Fehlerbalken ,
3 $\pgfmathprintnumber{\pgfplotstableregessiona}$ \cdot x
4 \pgfmathprintnumber[print sign]{\pgfplotstableregessionb}$}, 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 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<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:

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